

Pinnasuða



Formáli

Fræðslumiðstöð málmíðnaðarins stóð að útgáfu fjögurra kennslubóka í málmsuðu; Pinnasuða, MIG/MAG-suða, TIG-suða og Logsuða. Bækurnar voru þýddar úr sænsku með samningi við Lernia AB. IÐAN fræðslusetur tók við starfsemi Fræðslumiðstöðvar málmíðnaðarins á miðju ári 2006 og þar með útgáfurétti málmsuðubókanna.

Námsefnið er sniðið að kröfum European Welding Federation (EWF) sem eru Evrópusamtök um fagleg málefni málmsuðu, málmsturð og plastsuðu. Árið 2004 rann EWF saman við International Institute for Welding (IIW) sem sameiginlega mynda alþjóðleg samtök.

Fræðslumiðstöð málmíðnaðarins kostaði þýðingu og umbrot bókanna með styrk Starfsmenntaráðs.

Gylfi Einarsson

IÐAN Málm- og véltækni svið.

© Lernia

© IÐAN fræðslusetur 2007

Afritun, dreifing og notkun þessarar bókar er óheimil án skriflegs leyfis

IÐUNNAR fræðsluseturs ehf.



Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	Bls. 3
Til nemans	5
EWF-kerfið	7
Talnalykill að EWF-efninu	8
Til leiðbeinandans	9
E 1.1 Verklegar æfingar.....	11
E 1.2.1 Undirstöðuatriði rafmagns.....	27
E 1.2.2 Notkun rafmagns við málmsuðu	30
E 1.2.3 Suðubúnaður.....	36
E 1.2.4 Heilsa og öryggi	40
E 2.1 Verklegar æfingar.....	45
E 2.2.1 Rafsuðupinnar.....	54
E 2.2.2 Framkvæmd suðunnar	59
E 2.2.3 Meðhöndlun og undirbúningur stálplatna fyrir suðu	64
E 2.2.4 Örugg vinnubrögð á verkstæðinu	71
E 3.1 Verklegar æfingar.....	77
E 3.2.1 Suðupróf	88
E 3.2.2 Framleiðslutækni: plötur og stangaefni úr stáli.....	100
E 3.2.3 Suðuskeyti á plötum	106
E 3.2.4 Grunnur að málmfræði stáls.....	119
E 4.1 Verklegar æfingar.....	127
E 4.2.1 Samdráttur, spennu og formbreytingar	136
E 4.2.2 Suðugallar	139
E 4.2.3 Búnaður til pinnasuðu. Uppbygging og viðhald.....	146
E 4.2.4 Yfirlit yfir málmsuðuaðferðir.....	152
E 5.1 Verklegar æfingar.....	157
E 5.2.1 Suðuhæfni stáls	166
E 5.2.2 Stjórnun formbreytinga	173
E 5.2.3 Örugg vinnubrögð á byggingarstað.....	181
E 5.2.4 Heilsuskaði vegna mengunar	185
E 6.1 Verklegar æfingar.....	193
E 6.2.1 Framleiðsla stálröra.....	201
E 6.2.2 Suðuskeyti röra.....	209
E 6.2.3 Yfirlit yfir suðuaðferðir	216
E 6.2.4 Einkenni straumgjafa.....	220
E 7.1 Verklegar æfingar.....	225
E 7.2.1 Gerð suðuferilslýsinga	234
E 7.2.2 Efni, önnur en kolefnisblandað stál (CMn)	243
E 7.2.3 Eftirlit og prófun.....	260
E 7.2.4 Stálvirki	268

E 8. 1	Verklegar æfingar.....	273
E 8.2.1	Upprifjun: Suðugallar	279
E 8.2.2	Evrópustaðlar fyrir pinnasuðu.....	282
E 8.2.3	Fræðslukefi EWF.....	286
E 8.2.4	Gæðastýring við í suðu	291
MMA	Verklegt próf fyrir E 1.3 til E 8.3	295

Til nemans

Hvers vegna að læra nýtt?

Tækniþróun nútímans krefst þess að fólk sé stöðugt að læra eitthvað nýtt. Fyrir bara 50 árum síðan gat fagnám, og atvinna tengd því, dugað ævina á enda. En svo er það ekki lengur. Í dag talar maður um ævilanga menntun.

Margar ástæður geta verið til að læra eitthvað. Sumt lærum við af áhuga; Hvernig nýi geislaspilarinn eða videotækið virka, hvaða skoðanir nýja/nýi kærastan/kærastinn hafa o s. frv. Slíkar þælingar eru hreinlega ánægjulegar og krefjast engrar námstækni.

Annað lærum við af illri nauðsyn. Bóklegt nám til bílprófs er dæmi um slíkt. Býsna strembið, en flest viljum við hafa bílpróf og þá hefur maður hvatninguna.

Suðuvinnan breytist stöðugt. Nýjar aðferðir, ný efni, nýjar vélar og nýir staðlar. Fagið er í stöðugri þróun.

Áður en maður kemst inn í hinn fjölbreytta heim suðuvinnunar verður maður að læra grunnþættina. Án grunnsins verður erfiðara að fínþússa kunnáttuna.

Kannski lest þú þetta sem byrjandi sem ætlar að læra nýtt fag alveg frá grunni. Eða að þú ert suðumaður sem vilt taka eitt eða fleiri skref uppávið í suðukunnáttunni.

Verklegt og bóklegt

Til að mæta hinum miklu gæðakröfum nútímans er mikilvægt að hafa yfir að ráða bæði verklegri og bóklegri kunnáttu.

Námsefni þetta gerir ráð fyrir að þú framkvæmir vissan fjölda verklegra suðuæfinga. Inn á milli tekur þú bókleg fræði. Þegar þú ert tilbúinn, færð þú að taka bæði verkleg og fræðileg próf undir eftirliti kennara þíns. Saman metið þið síðan niðurstöðurnar.

Þegar um er að ræða að ná gráðunum „kverksuðumaður“, „plötusuðumaður“ eða „rörasuðumaður“ á óháður eftirlitsmaður að vera viðstaddur próftökuna.

Námstækni

Að LÆRA er að hamra á einhverju þar til það situr fast þ.e.a.s. þar til kunnáttan situr í höndunum án þess að

maður þurfi að hugsa um hverja hreyfingu. Það krefst æfingar.

Æfingin þarf að gerast með forvitni og opnum hug, annars verður það bara leiðigjörn endurtekning. Leiðbeinandinn/kennarinn gegnir mikilvægu hlutverki við að sýna hvernig á að framkvæma æfingar og hvetja þig áfram, en stærsta ábyrgðin hvílir á þér sjálfum! Hér þarf áhuga, þolinmæði og hæfileiki til sjálfsmats.

Að læra að sjóða og ná góðum árangri þarf æfingu, æfingu og aftur æfingu.

Ein leið til sjálfsmats er að skipta suðuæfingunum í stig. Að gera hverja æfingu aftur og aftur. Að sjóða á ólíkan hátt og bera saman árangurinn. Fljótlega finnur þú réttu aðferðina og getur gert næstu æfingu. Biddu leiðbeinandann að staðfesta niðurstöðuna svo hún verði rétt.



Suða er nákvæmnisvinna.

Hugsaðu hvernig þú vinnur

Því getur verið erfitt að trúa að suða sé nákvæmnisvinna þegar komið er inn á verkstæði þar sem er gróft stangaefni og stórar plötur, sleggjur og hlaupakettir.

Hver suðustrengur er nákvæmnisverk þar sem minnstu mistök geta valdið miklum kostnaði og jafnvel stórslysi. Ólíkt t.d. fræsivinnu eða stjórnun suðuvélmenna framkvæmir suðumaðurinn nákvæmnisvinnu sína með höndunum og oft við erfiðar aðstæður.

Því er það einnig mikilvægt að læra að vinna líkamlega rétt. Suðuvinna er oftast kyrrstöðuvinna. Það tekur sinn tíma að framkvæma suðu, og allan tímann verður suðumaðurinn að einbeita sér algjörlega.

Blóðstreymið

Við notum vöðva okkar þegar við vinnum, og eigi vöðvarnir að starfa fullkomlega þurfa þeir súrefni. Súrefnið fá þeir með blóðinu. Því meir sem við reynum á vöðvana því meira súrefni þurfa þeir. Þegar blóðstreymið dugir ekki lengur til finnum við það með því að við þreytumst og smám saman fáum við krampa ef við hvílum okkur ekki. Þetta er varúðarmerki.

Ef við vinnum, með því að hreyfa okkur (dynamískt) eykst blóðþörfin og líka blóðstreymið. Púlsinn herðir á sér og hjartað slær hraðar. Þegar við hvílumst þurfa vöðvarnir ekki svo mikið súrefni. Blóðþörfin er lítil og púlsinn slakar á.

En ef við vinnum í kyrrstöðu (statískt) þá starfar ekki merkjakerfi líkamans á réttan hátt. Þörfin fyrir súrefnisríkt blóð er kannski jafn mikil og við dynamiska vinnu, en púlsinn herðir ekki á sér. Þegar vöðvarnir vinna myndast mjólkursýra. Blóðstreymið flytur burt mjólkursýruna svo lengi sem erfiðið er í hófi en ef vinnan er kyrrstöðuvinna (statísk) verður mjólkursýran kyrr og við verðum þreytt, finnum jafnvel til sársauka, og getum fengið krampa.

Rétt líkamsbeiting

Það er mikilvægt að vinna í réttri stellingu og fá sér

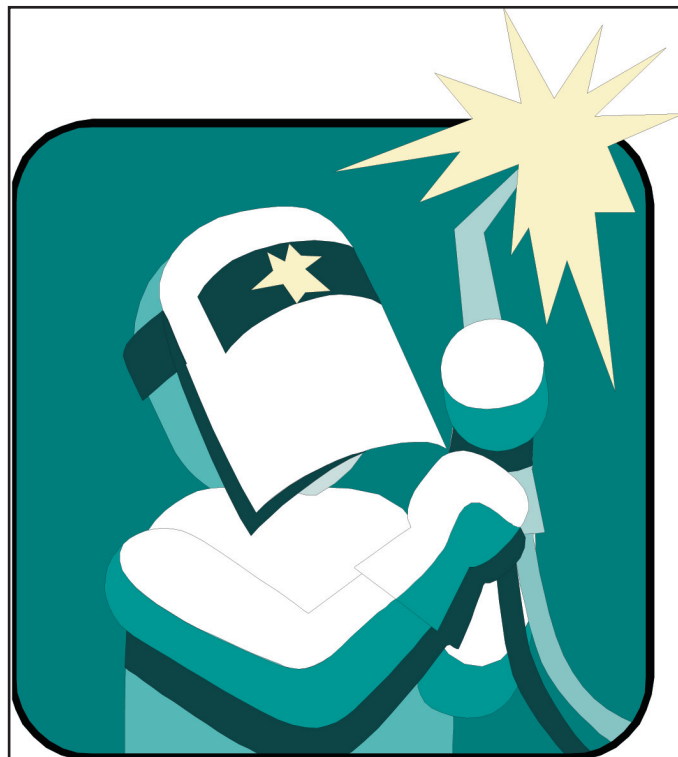


Gerðu smá hlé á vinnu þinni þegar þú þreytist.

pásu og hreyfa sig reglulega. Hér eru nokkrar ábendingar:

- Sittu, stattu eða liggðu í eins afslappaðri stellingu og mögulegt er.
- Forðastu að vinna með handleggina yfir axlarhæð.
- Hafðu handleggina sem næst líkamanum þegar það er mögulegt.
- Stattu með hnén lítillega beygð ef þú stendur við suðuvinnu.
- Forðastu að vinna í aðþrengdum stellingum eins og standandi á tánum, sitjandi á hækjum eða boginn og snúinn samtímis.

Þar sem suðuvinna verður stundum að framkvæmast í ofanefndum stellingum, mundu að taka pásur. Teygðu þig og hreyfðu og reyndu að slappa af. Notaðu öll þau hjálpartæki sem þú kemur höndum yfir. Til suðuvinnunnar heyrja einnig önnur störf, eins og að setja saman, punkta, slípa o.fl. Vertu ekki móður þegar þú byrjar að sjóða, taktu þér pásu og láttu púlsinn hægja á sér, þá verður árangurinn betri.



Vel þjálfaður og hvíldur
suðumaður gerir bestu verkin

EWF-kerfið

EWF-kennsluefnið lítur út eins og myndin sýnir hér að neðan. Allir hlutar þess eru aðgengilegir í PDF-formi nema sjálf EWF-prófin. Allir hlutar kennsluefnisins fylgja námskrá EWF.

Bóklegt MMA 1-8	Bóklegt MAG 1-6	Bóklegt TIG 1-6	Bóklegt GAS 1-4
Æfingar 1-8 MMA Lausnir	Æfingar 1-6 MAG Lausnir	Æfingar 1-6 TIG Lausnir	Æfingar 1-4 GAS Lausnir
Spurningar 1-8 MMA Lausnir	Spurningar 1-6 MAG lausnir	Spurningar 1-6 TIG lausnir	Spurningar 1-4 GAS lausnir
Vinnu- lýsing MMA 1-8	Vinnu- lýsing MAG 1-6	Vinnu- lýsing TIG 1-6	Vinnu- lýsing GAS 1-4
Verklegr próf MMA 1-8	Verklegr próf MAG 1-6	Verklegr próf TIG 1-6	Verklegr próf GAS 1-4
EWF- próftaka	EWF- próftaka	EWF- próftaka	EWF- próftaka
Skyggjur MMA	Skyggjur MAG	Skyggjur TIG	Skyggjur GAS

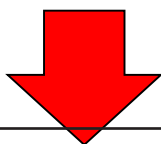
Talnalykill að EWF-efninu

EFW-námsefnið er til fyrir MMA (pinnasuða), MIG/MAG-suðu, TIG-suðu ásamt logsuðu. Margir kaflanna eru sameiginlegir fyrir fleiri en eina suðuaðferð.

Hafir þú þegar lesið bóklega efnið fyrir eina suðu-aðferð þarft þú aðeins að bæta við þeim köflum sem eru sérstakir fyrir þá næstu. Hvaða kaflar það eru sést í töflunni fyrir neðan.

Þeir kaflar sem eru sérstakir fyrir hverja aðferð eru merktir með dökkum bakgrunni í töflunni.

Taflan er flokkuð eftir röðinni á köflunum í MMA-hlutanum.



MMA		MIG/MAG		TIG		GAS	
E 1.2.1	Grunnur raffræðinnar	M 1.2.1	Grunnur raffræðinnar	T 1.2.1	Grunnur raffræðinnar		
E 1.2.2	Notkun rafm. við suðu	M 1.2.2	Notkun rafm. við suðu	T 1.2.2	Notkun rafm. við suðu	G 1.2.2	Búnaður til gassuðu
E 1.2.3	Suðubúnaður	M 1.2.3	Suðubúnaður	T 1.2.3	Suðubúnaður	G 1.2.3	Skurður með hita
E 1.2.4	Heilsa og öryggi	M 1.2.4	Heilsa og öryggi	T 1.2.4	Heilsa og öryggi	G 1.2.4	Heilsa og öryggi
E 2.2.1	Suðupinnar	M 2.2.1	Suðupráður	T 2.2.1	Suðuvír	G 2.2.1	Suðuvír
E 2.2.2	Framkvæmd suðunnar	M 2.2.2	Framkvæmd suðunnar	T 2.2.2	Framkvæmd suðunnar	G 2.2.2	Framkvæmd suðunnar
E 2.2.3	Aðferðir við að undirbúa stálplötur fyrir suðu	M 2.2.3	Aðferðir við að undirbúa stálplötur fyrir suðu	T 2.2.3	Aðferðir við að undirbúa stálplötur fyrir suðu		
E 2.2.4	Örugg vinna á verkst.	M 2.2.4	Örugg vinna á verkst.	T 2.2.4	Örugg vinna á verkst.		
E 3.2.1	Suðupróf	M 3.2.1	Suðupróf	T 3.2.1	Suðupróf	G 2.2.3	Suðupróf
E 3.2.2	Framl.tækn: plötu & stan	M 3.2.2	Framl.tækn: plötu & stan	T 3.2.2	Framl.tækn: plötu & stan	G 3.2.2	Framl.tækn: plötu & stan
E 3.2.3	Suðuskeyti í plötuefni	M 3.2.3	Suðuskeyti í plötuefni	T 3.2.3	Suðuskeyti í plötuefni		
E 3.2.4	Grunnur að málmfræði	M 3.2.4	Grunnur að málmfræði	T 3.2.4	Grunnur að málmfræði	G 2.2.4	Grunnur að málmfræði
E 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.	M 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.	T 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.	G 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.
E 4.2.2	Suðugallar	M 4.2.3	Suðugallar	T 4.2.3	Suðugallar	G 3.2.5	Suðugallar
E 4.2.3	Búnaður til pinnasuðu	M 4.2.4	Búnaður til práðsuðu	T 4.2.4	Búnaður til TIG-suðu	G 1.2.1	Suðubúnaður og gas
E 4.2.4	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. I	M 4.2.5	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. I	T 4.2.5	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. I	G 4.2.5	Yfirlit yfir suðuaðferðir I
E 5.2.1	Suðuhæfni stáls	M 3.2.5	Suðuhæfni stáls	T 3.2.5	Suðuhæfni stáls	G 3.2.4	Suðuhæfni stáls
E 5.2.2	Stjórnun formbreytinga	M 4.2.2	Stjórnun formbreytinga	T 4.2.2	Stjórnun formbreytinga	G 4.2.2	Stjórnun formbreytinga
E 5.2.3	Örugg vinna á bygg.sv.	M 4.2.6	Örugg vinna á bygg.sv.	T 4.2.6	Örugg vinna á bygg.sv.	G 4.2.6	Örugg vinna á bygg.sv.
E 5.2.4	Heilsuskaði v mengunar						
E 6.2.1	Framl.tækni stálrör	M 5.2.1	Framl.tækni stálrör	T 5.2.1	Framl.tækni stálrör		
E 6.2.2	Suðuskeyti í rör	M 5.2.2	Suðuskeyti í rör	T 5.2.2	Suðuskeyti í rör	G 3.2.3	Suðuskeyti í rör
E 6.2.3	Yfirlityfir rafsuðuaðf. II	M 5.2.3	Yfirlityfir rafsuðuaðf. II	T 5.2.3	Yfirlityfir rafsuðuaðf. II		
E 6.2.4	Einkenni straumgjafa						
E 7.2.1	Suðuferilslýsingar	M 5.2.4	Suðuferilslýsingar	T 5.2.4	Suðuferilslýsingar		
E 7.2.2	Önnur efni en kolstál	M 6.2.3	Önnur efni en kolstál	T 6.2.3	Önnur efni en kolstál		
E 7.2.3	Eftirlit og prófun	M 5.2.5	Eftirlit og prófun	T 5.2.5	Eftirlit og prófun	G 3.2.1	Eftirlit og prófun
E 7.2.4	Yfirlit yfir soðna hluti						
E 8.2.1	Upprifjun; Suðugallar	M 6.2.4	Upprifjun; Suðugallar	T 6.2.4	Upprifjun; Suðugallar		
E 8.2.2	Evró. Staðl. MMA-suða	M 6.2.1	Evró. Staðl. MAG-suða	T 6.2.1	Evró. Staðl. TIG-suða		
E 8.2.3	Menntunarkerfi EWF	M 6.2.5	Menntunarkerfi EWF	T 6.2.5	Menntunarkerfi EWF	G 4.2.4	Menntunarkerfi EWF
E 8.2.4	Gæðastýring við suðu	M 6.2.2	Gæðastýring við suðu	T 6.2.2	Gæðastýring við suðu	G 4.2.3	Gæðastýring við suðu

Til leiðbeinandans

Bóklegur hluti EWF-kennsluefnisins

Í þessu kennsluefni hefur verið gerð tilraun til að safna saman á einn stað öllu bóklegu efni fyrir nám Evrópskra suðumanna.

Kennsluefnið fylgir námskrá EWF (EWF Guidelines for European Welders), lið fyrir lið og markmiðið okkar hefur verið að gera það eins heilsteypt og kostur er.

Markmið þetta nær einnig til útlits kennsluefnisins. Við vorum frá byrjun sammála um að efnið skyldi vera aðgengilegt og að myndir og teikningar skyldu vera í lit þar sem þess var þörf.

Hver kafli á að veita þá grunnþekkingu sem námskráin segir til um, en með hliðsjón af umfangi efnisins er ekki hægt að taka allt með. Því verður hver notandi efnisins sjálfur að bæta við þar sem hann finnur þörf.

Síbreytileiki

Við lifum í hverfulum heimi, sem sést ekki síst á þeirri vinnu sem hinar ólíku nefndir innan EB starfa að, og því var það snemma ákveðið að kennsluefni þetta skyldi fyrst og fremst vera í tölvutæku formi. Hver notandi á að geta skrifað út þann eða þá kafla sem hann þarfnast úr hinni sameiginlegu Möppu okkar, sem vonandi verður til þess að kennsluefni þetta safnar ekki ryki uppi í hillu.

Kosturinn við kennsluefni á tölvutæku formi er sá að breytingar og viðbætur er hægt að gera án allt of mikils tilkostnaðar. Meðan á vinnunni hefur staðið höfum við þurft að gera breytingar vegna þess að nýir eða breyttir staðlar hafa litið dagsins ljós.

Verklegu æfingarnar fylgja einnig námskrá EWF. Hver æfing á að fara fram eftir suðuferilslýsingu (WPS), og því eru þær með í námsefninu.

Með hverri æfingu fylgja stuttar leiðbeiningar. Þessar leiðbeiningar eiga að gefa nemanum ábendingar og ráð um það helsta sem þarf að hafa í huga við hverja æfingu. Ábyrgðin á náminu hvílir þó sem fyrr á leiðbeinanda og færni hans við að miðla af þekkingu sinni.

Framhaldið

Þegar þú lest þetta eru allir hlutar EWF kennsluefnisins tilbúnir, og við vonum að vinna okkar nýtist þér.

Okkur til gleði er mikill áhugi á kennsluefninu á alþjóðavettvangi. Það er eftirspurn bæði frá norrænum grannlöndum okkar og frá Lernia International.

Stockholmi 01-01-01

Adrian Bailey Ulf Bergström

Jan Jönsson Bengt Westin

Þýðandi: Daníel Ingbórsson

Uppruni mynda:

© Tölvumyndir Bengt Westin

© Táknmyndir birtar með leyfi

Microsoft Corporation

© CorelDraw clipart með leyfi Corel

MMA
Áfangi E 1
E 1.1 verklegar æfingar
E 1.2 bóklegt nám



E 1.1 Kynning

Tími ca. 2 tímar

Áfangi EWF-E 1 Kverksuða

Þessi áfangi á að veita grunnkunnáttu í pinnasuðu, ásamt þjálfun í kverksuðu í öllum suðustöðum.

Suðuaðferðin er í daglegu tali kölluð pinnasuða. Hér verður jöfnum höndum notast við það heiti og ensku skammstöfunina MMA (Manual Metal Arc-Welding).

Kverksuða er það kallað þegar hlutar vinnslu-stykkisins mynda horn hver á annan og suðan lend-ir í kverkinni.

Þó byrjar þessi áfangi á ákveðnum grunnatriðum, þ.e. að byrja suðu og stoppa og byrja aftur, ásamt æfingu í því að fylgja suðuskeyti og að sjóða með jöfnum hraða.

Það sem skilur þetta námsefni frá eldra efni, er að hér eru allar æfingar gerðar eftir suðuferilslýsingum, WPS. Að sjóða eftir suðuferilslýsingu (WPS) þýðir að suðumaðurinn verður að vinna skipulega og agað. Eigin skoðanir á því hvernig framkvæma á suðu eiga vissulega rétt á sér, en þær taka ekki alltaf mið af efnasamsetningu eða álagseiginleikum grunnefnisins.

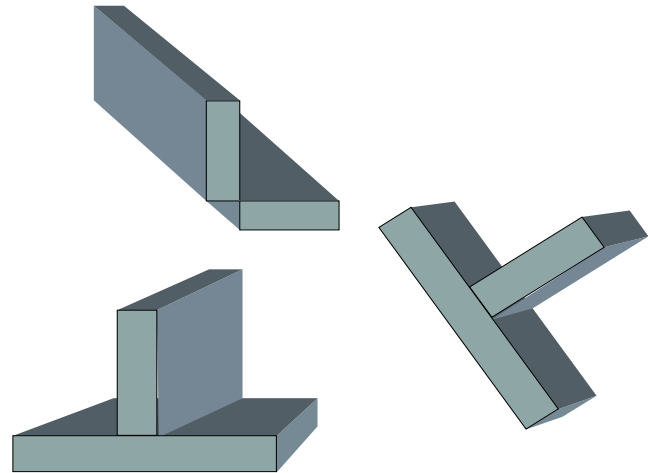
Við lok áfangans er tekið próf í kverksuðu, í suðustöðum sem æfðar hafa verið. Þetta próf skal metið af kennara/leiðbeinanda þínum og *prófstykkinn á að geyma*. Þessi prófstykki er einnig hægt að nota til útgáfu skírteinis samkvæmt ÍST-EN 287.

Gildissvið skírteinis veltur á vali efnis og efnis-þykkt.

Samkvæmt gildandi kröfum á suðuprófið að fara fram undir eftirliti löggilts þriðja aðila.

Þessum áfanga tilheyra einnig bóklegu kaflarnir:

E 1.2.1 Grunnur raffræðinnar



Kverkskeyti.

E 1.2.2 Notkun rafmagns við málmsuðu

E 1.2.3 Suðubúnaður

E 1.2.4 Heilsa og öryggi

Í bóklegum köflum þessa áfanga eru þeir hlutar sem samkvæmt námsskrá tilheyra MMA suðu.

Almennar vinnuleiðbeiningar fyrir suðumenn

Fyrir suðu:

Áður en byrjað er á suðuvinnu á að ganga úr skugga um eftirfarandi:

1. Að rétt suðuferilslýsing (WPS) sé notuð.
2. Það suðuefni sem á að nota við suðu á að sækja á sinn geymslustað rétt áður en hafist er handa við suðuvinnu.
3. Það suðuefni sem verður afgang á að skila á geymslustaðinn.
4. Suðuefni sem grunur leikur á að hafi orðið fyrir áhrifum raka eða hefur fengið á sig olíu eða feiti á að kasta.
5. Nauðsynlegur búnaður til hitamælinga skal vera til staðar. Ef hitakrítar eru notaðar verður að vera a.m.k. ein fyrir forhitastigið og ein fyrir millistrengjahitastigið. Ef rafeindahitamælir er notaður verður hann að vera kvarðaður.
6. Suðubíl og kantar verða að uppfylla þær kröfur sem gerðar eru í WPS. Að suðubíl hafi verið rangt afsakar ekki lélega suðu.
7. Hreinsa skal svæðið umhverfis suðustaðinn svo það sé laust við allt eldfimt efni.
8. Leyfi fyrir „Heitri vinnu“ á að gefa út þar sem það á við áður en hafist er handa við suðuvinnu.

Meðan á suðu stendur:

1. Ef krafist er forhitunar á að halda því hitastigi allan tímann meðan á suðuvinnunni stendur. Mæla skal hitastigið 75 mm frá suðufúgunni.
2. Fylgist reglulega með því að millistrengjahitinn verði ekki of mikill. Hitastigið er mælt í fúgunni á síðasta streng.
3. Ef gera verður hlé á suðunni verður a.m.k. 1/3 hluti fúgunnar að vera fylltur.

Eftir suðu:

1. Suðan er fyrst tilbúin þegar hreinsaðar hafa verið af vinnslustykkinu allar hugsanlegar leifar suðureyks, gjalls og suðusprauts.
2. Suðustaðinn á að þrifa og ganga skal frá verkfærum og vélum. Suðuefni sem er afgang og telst nothæft á að fara til baka í hitaskápinn.

Almennt:

Suða er handverk, eitt af fáum sem eftir lifa í nútíma iðnaði. Fáir starfshópar eru undir jafn stöðugu eftir-liti og starfa eftir jafn ströngum reglum og suðu-menn. Þessar vinnuáætlaðar gera miklar kröfur til þeirra sem starfa í greininni.

Sá suðumaður sem ekki heldur vinnustað sínum snyrtilegum og meðhöndlar ekki suðupinnana á réttan hátt eða að öðru leyti skortir ábyrgð og aga, er ekki á réttri hillu í lífinu og ætti því að skipta um starf.

Árangurinn í starfi veltur nær eingöngu á þeim sem sýður. Hann verður að geta staðið undir þeim væntingum sem til hans eru gerðar - á allan hátt.

Námsáfangar

Úr námsskrá:

Áfanginn E1 veitir grunnkunnáttu í pinnasuðu og er sérstaklega mælt með honum fyrir byrjendur.

Þeir hlutir sem á að sjóða í þessum áfanga eru sýndir í töflu E 1.1. Áhersla er lögð á æfingar í kverksuðu.

Samhliða verklegu æfingunum fer fram bóklegt nám. Innihald þess ásamt tímaáætlunum er að finna í töflu E 1.2.

Í lok áfangans á að sjóða prófstykkin, samkvæmt töflu E 1.3. Suðurnar skulu metnar af kennara/leiðbeinanda. Þessi prófstykki er einnig hægt að nota við skírteinisútgáfu samkvæmt EN 287. Gildis-svið skírteinis veltur á efnisvali og efnisþykkt.

Verkleg æfing 2a

Tími ca. 2 tímar (8 tímar)

Suða strengja á plötu (WPS E1P-2-A)

Fyrsta æfing er „Suða strengja á plötu“. Þessa æfingu á að gera í stöðu PA. Annað, notið rétta suðuferilslysingu WPS nr. E1P-2-A. Æfingarnar á að sjóða með pinnagerðunum RB, RR eða RC.

GRUNNEFNI:
Stálplata 8 x 200 x
300 mm

SUÐUEFNI:
E 42 3 RB 73 H10
E 38 0 RR 12
E 42 0 RC 11

Framkvæmd:

Notið rissnál og reglustiku og rissið nokkrar línur á plötuna með 30 mm millibili.

Staðsetjið enda suðupinnans eins nærri byrjunarstað og mögulegt er, án þess að kveikja ljósbogann. Setjið suðuskerminn fyrir andlitið og dragið pinnann eftir plötunni. Þegar ljósboginn kviknar - lyftið pinnanum nokkra millimetra og byrjið að sjóða eftir línunni.

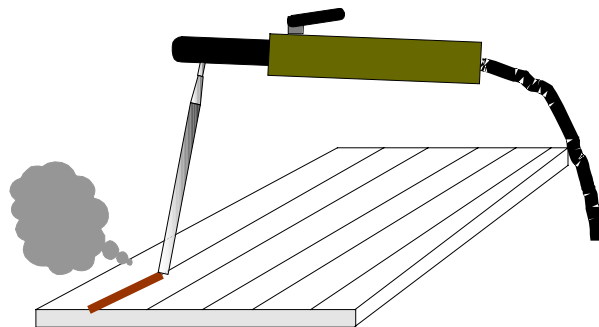
Sjóðið ca. 50 mm og stoppið þar. Við stoppið á að færa pinnann lítið eitt afturábak upp á suðustrenginn og slökkva ljósbogann þar. Byrjið aftur í aftari hluta „pollsins“ sem myndaðist. Haldið áfram á sama hátt alla línuna.

Sjóðið á þennan hátt á allar línurnar. Byrjið með þykkhúðuðum pinnum (RR) og sjóðið tvo síðustu strengina með rútíl/basískum pinnum (RB). Á þann hátt fæst æfing í suðu með rútílpinnum sem auðvelt er að kveikja á og eins rútíl/basískum pinnum sem eru ekki eins auðveldir í notkun.

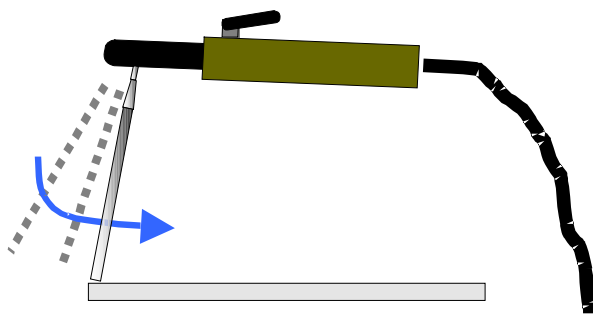
Ljósboganum á að halda stuttum, þ.e. 0,5 x þvermál kjarnavírsins fyrir basíska pinna og 1 x þvermál kjarnavírsins fyrir rútíl pinna.

Við suðu með basískum pinnum er hætt á að pinninn festist á vinnslustykkinu eða í bráðinni. Reyndið ekki að slíta pinnann lausan ef þetta gerist! Yfirleitt skemmist hulan þá og endurkveikingin verður afar erfið. Þar að auki er hætt á að óhreinindi lendi í bráðinni.

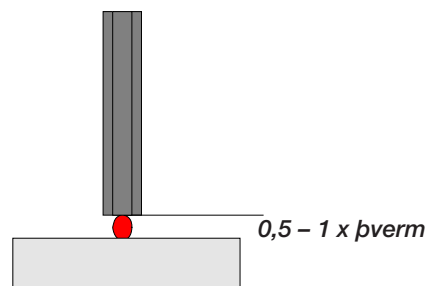
Ef pinninn losnar ekki með smá sveifluhreyfingum, slökkvið þá á vélinni og brjótið pinnann lausan. Losið ekki pinnann úr tónginni með kveikt á vélinni. Það veldur skemmdum á „kjafti“ tangarinnar, sem gerir hana smám saman ónothæfa. Gjallhreinsið og skoðið árangurinn að aflokinni suðunni.



Sjóðið eftir línunum.



Kveikið á pinnanum eins og á eldspýtu. Bankið ekki, það skemmir bara huluna.



Við alla gjallhreinsun á að nota hlífðargleraugu eða suðuhjál!

Verkleg æfing 2b

Tími ca. 2 tímar (8 tímar)

Suða strengja á plötu (WPS E1P-2-B)

Önnur æfing er líka „suða strengja á plötu“. Í þetta skiptið á að gera æfinguna í suðustöðu PG, og nota skal WPS nr. E1P-2-B.

Þessa æfingu á að sjóða með pinna af gerðinni RC eða B.

GRUNNEFNI:
Stálplata 8 x 200 x
300 mm

SUÐUEFNI:
E 42 0 RC 11
E 42 4 B 35 H5

Staða: PG


Framkvæmið:

Notið rissnál og reglustiku og rissið nokkrar línur á plötuna með ca. 30 mm millibili.

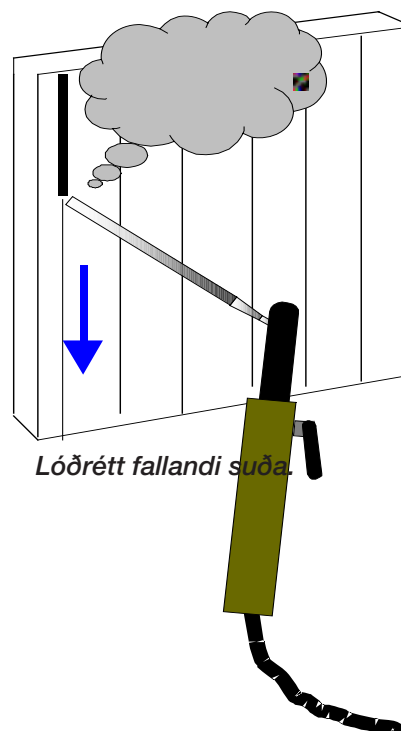
Festið plötuna í stöðustillinn og byrjið að sjóða efst uppi.

Staðsetjið enda suðupinnans eins nærri byrjunarstað og mögulegt er, án þess að kveikja ljósbogann. Setjið suðuskerminn fyrir andlitið og dragið pinnann eftir plötunni. Þegar ljósboginn kviknar - lyftið pinnanum nokkra millimetra og byrjið að sjóða eftir línunni.

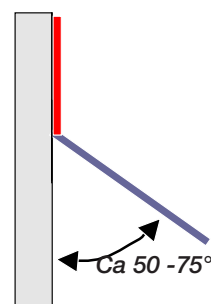
Hallið pinnanum eins og myndin hér til hliðar sýnir þ.e. 50 - 75°. Ljósboginn á að vera stuttur, þ.e. 0,5 til 1 sinnum þvermál kjarnavírsins. Þetta er enn mikilvægara nú en í fyrri æfingunni. Látið ekki suðu-pollinn renna niður fyrir pinnann! Til að það takist þarf ljósbogi og halli pinnans að vera réttur.

Sjóðið á þennan hátt á allar línurnar.

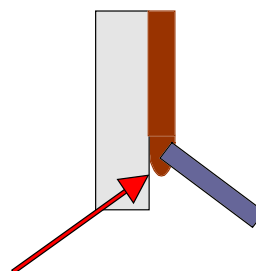
Gjallhreinsið og skoðið árangurinn. Suðan á að vera slétt, bein og án gjallpolla.



Lóðrétt fallandi suða.



Halli suðupinnans.



Hafið auga á suðupollinum svo hann renni ekki fram fyrir pinnann.

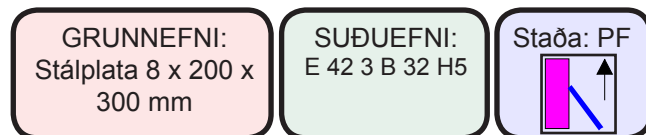
Verkleg æfing 2c

Tími ca. 3 tímar (8 tímar)

Suða strengja á plötu (WPS E1P-2-C)

Þriðja æfing er líka suða strengja á plötu. Í þetta skipti á að gera æfinguna í suðustöðu PF, „lóðrétt stígandi“. Nota skal WPS nr. E1P-2-C.

Þessa æfingu á að sjóða með basískum pinna.



Framkvæmið:

Notið rissnál og reglustiku og rissið nokkrar línur á plötuna með ca. 30 mm millibili.

Festið plötuna, í þetta skipti á að sjóða lóðrétt stígandi.

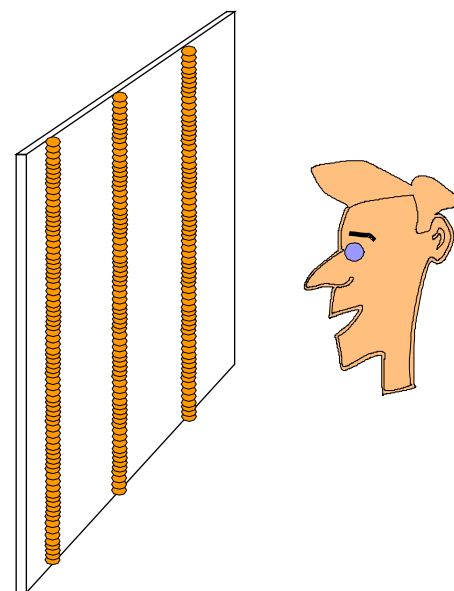
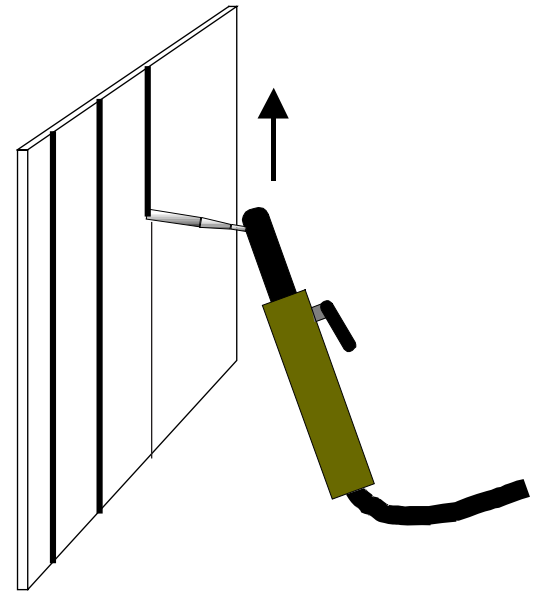
Staðsetjið enda suðupinnans eins nærri byrjunarstað og mögulegt er, án þess að kveikja ljósbogann. Setjið suðuskerminn fyrir andlitið og dragið pinnann eftir plötunni. Þegar ljósboginn kviknar - lyftið pinnanum nokkra millimetra og byrjið að sjóða eftir línunni.

Hallið pinnanum uppávið, ca. 80-85°, haldið ljósboganum stuttum. Sjóðið á allar línurnar.

Gjallhreinsið og skoðið árangurinn. Suðan á að vera slétt og jöfn, án kantsára eða stórra hryggja.

Munið

- að sjóða með stuttum ljósboga
- að það er mun seinlegra að sjóða stígandi en fallandi
- að hafa réttan halla á suðupinnanum.



Skoðið árangurinn. Suðan á að vera slétt og jöfn, án kantsára eða stórra hryggja.

Verkleg æfing 3

Tími ca. 12 tímar

Kverksuða T-skeyti (WPS E1P-3-1)

Hingað til hefur suðan verið á einni plötu, nú er komið að því að sjóða saman tvær plötur í suðustöð-unni PA.

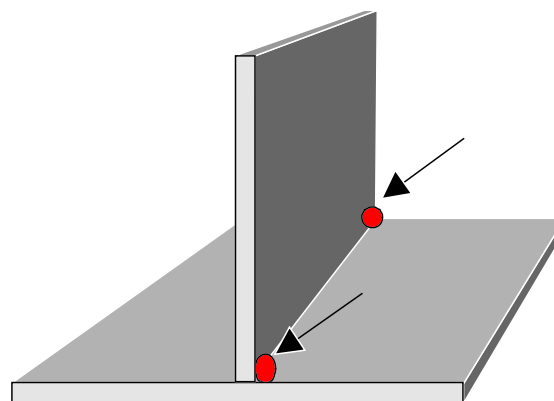
Kverksuða er kallað að sjóða í kverk sem myndast þegar plötum er stillt upp hornrétt hvor á aðra. Nota skal WPS nr. E1P-3-1.

Þessa æfingu á að sjóða með pinna af gerðinni RR, RB eða B.

GRUNNEFNI:
2 stálplötur 4 x
200 x 300 mm

SUÐUEFNI:
E 42 3 RB 73 H10
E 42 4 B 73 H5
E 42 0 RR 73

Staða: PA

Punktið plöturnar saman.

Framkvæmið:

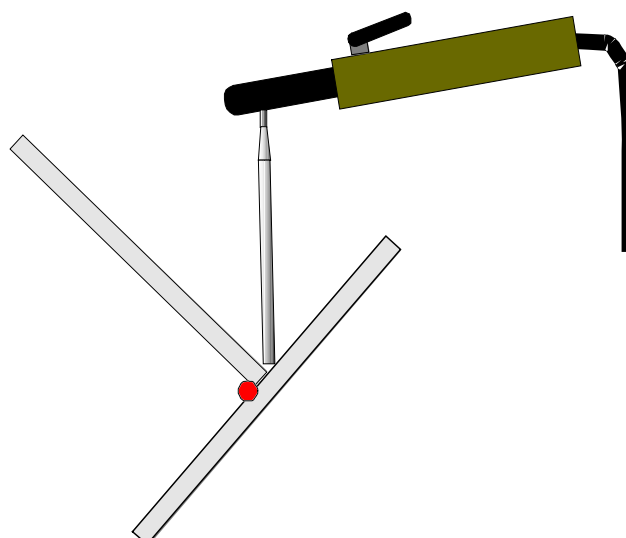
Staðsetjið aðra plötuna hornrétt á hina eins og myndin hér til hliðar sýnir. Punktið saman í endana og í miðju. Hallið síðan stykkinu til hliðar um 45°.

Staðsetjið enda suðupinnans eins nærri byrjunarstað og mögulegt er, án þess að kveikja ljósbogann. Setjið suðuskerminn fyrir andlitið og dragið pinnann eftir plötunni. Þegar ljósboginn kviknar - lyftið pinnanum nokkra millimetra og byrjið að sjóða í kverkina.

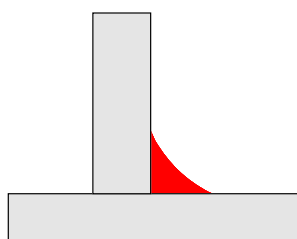
Hallið pinnanum eins og neðsta myndin sýnir. ATH! hallið aðeins í færsluáttina! Afturhalli veldur rangri lögun suðunnar og eykur hættuna á göllum.

Sjóðið beggja megin. Byrjið þeim megin sem ekki er punktað. Það er til að minnka formbreytingar.

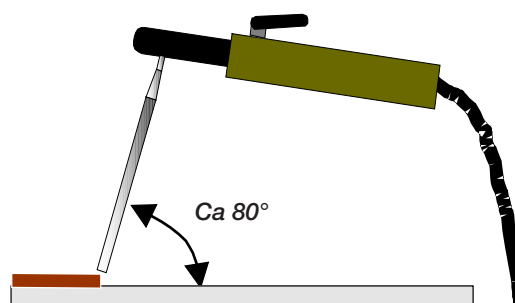
Gjallhreinsið og skoðið árangurinn. Suðurnar eiga að vera sléttar eða lítilsháttar íhvolfar.



Réttur halli vinnslustykkisins.



Sléttar eða íhvolfar suður eru samþykktar. Athugið a-málið!



Halli suðupinnans í skeytinu.

Verkleg æfing 4

Tími ca. 8 tímar

Kverksuða T-skeyti (WPS E1P-4-1)

Punktun plattanna í þessari æfingu er eins og í þeirri síðustu. Munurinn er sá að nú á að sjóða í suðustöðu PB. Nota skal WPS E1P-4-1. Þessa æfingu á að sjóða með pinna af basískri gerð.

GRUNNEFNI:
2 stálplötur 10 x
200 x 300 mm

Suðuefni:
E 42 3 B 32 H5

Staða: PB



Framkvæmið:

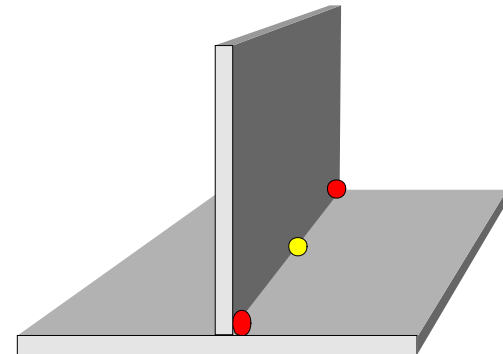
Punktið plöturnar saman eins og sést á myndinni. Punktið í báða enda og á miðju.

Nú er notaður basískur pinni, en hann er nokkuð erfiðari í kveikingu en t.d. rútíl pinni.

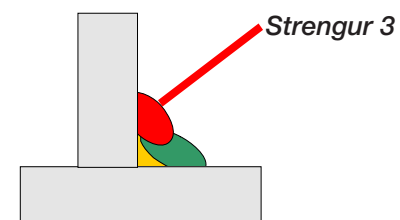
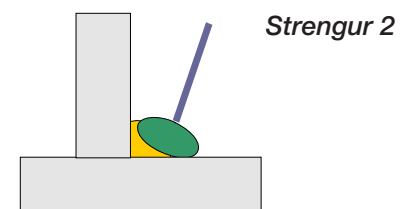
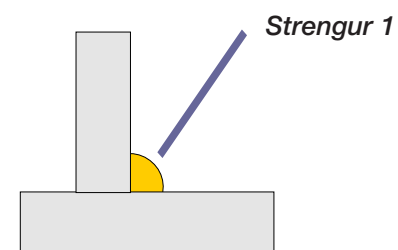
Hallið pinnanum eins og sést á myndunum hér til hliðar, þ.e. 40°- 45° við fyrsta streng, 50°- 60° við annan streng og 35°- 40° við þriðja streng. Hallinn í færsluátt er ca. 80°. Rangur halli á pinnanum getur valdið rangri lögun suðunnar. Mikilvægt er að staðsetja hvern streng á réttum stað til að heildarútlit suðunnar verði gott.

Sjóðið beggja megin. Byrjið þeim megin sem ekki er punktað. Það er til að minnka formbreytingar.

Gjallhreinsið og skoðið árangurinn. Suðurnar eiga að vera sléttar eða lítilsháttar íhvolfar og jafnarma.



Uppsetning vinnslustykkisins.



Halli pinnans við suðu.

Verkleg æfing 5

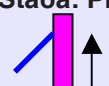
Kverksuða T-skeyti (WPS E1P-5-1)

Sama æfing og síðasta nema að nú er soðið í suðustöðu PF (lóðrétt stígandi). Nota skal WPS E1P-5-1. Þessa æfingu á að sjóða með pinna af basískri gerð.

GRUNNEFNI:
2 stálplötur 10 x
200 x 300 mm

SUÐUEFNI:
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



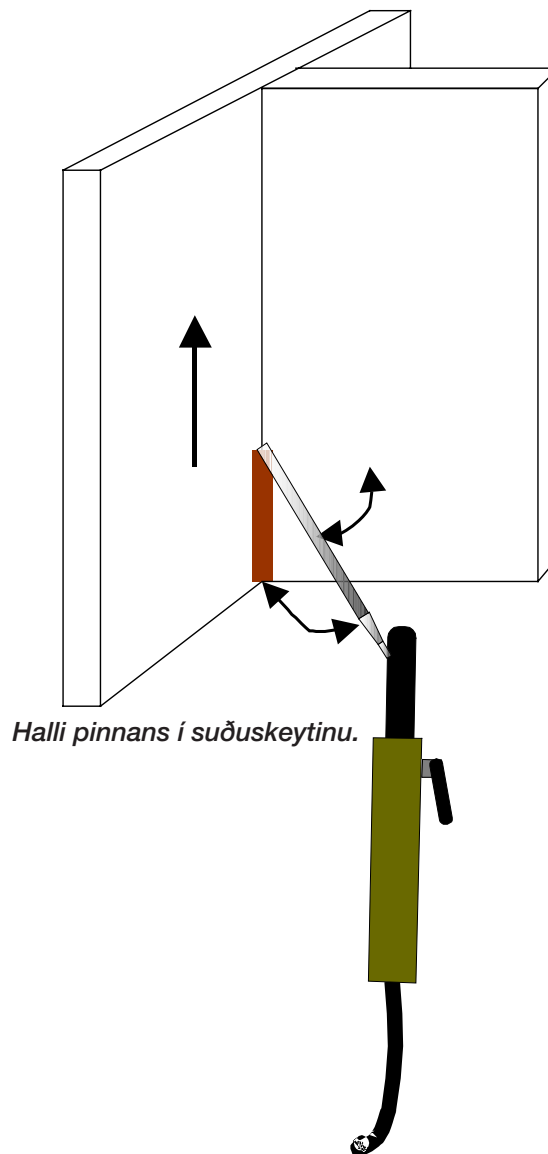
Framkvæmið:

Punktið eins og áður. Festið vinnslustykkið og sjóð-ið lóðrétt stígandi. Pinnahallinn er ca. 80° á móti færsluátt og 45° halli til hliðar. Hafið stuttan ljós-boga en ekki svo að pinninn festist í suðunni.

Sjóðið rólega og munið að suða í lóðrétt stígandi stöðu er nokkuð seinlegri en lárétt suða (PB).

Pendlið* lítillega til hliðanna með smá stoppum í köntunum, en farið allhratt yfir miðjuna. Látið pinnann fara í vægar U-hreyfingar (∩).

Munið að halda sama halla á pinnanum alla leið upp!



Pendlið ca. 2 x þvermál suðupinnans.

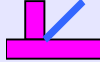
* Ég leyfi mér að nota hið sænska orð „pendl“ yfir sveifluhreyfingar þær sem notaðar eru í suðu. Það á sér skyldleika í orðinu pendúll og er því ekki svo langsótt. - Þýð.

Verkleg æfing 6

Tími: Frjáls

Kverksuða á stangaefni (WPS E1P-6-1)

Í þessari æfingu á að sjóða I-bitu (IPE) á plötu. Nota skal WPS E1P-6-1. Þessa æfingu á að sjóða með pinna af basískri gerð.

GRUNNEFNI: Stálplata 6 x 200 x 300 mm Stálbiti IPE 100	SUÐUEFNI: E 42 3 B 32 H5	Staða: PB 
--	------------------------------------	---

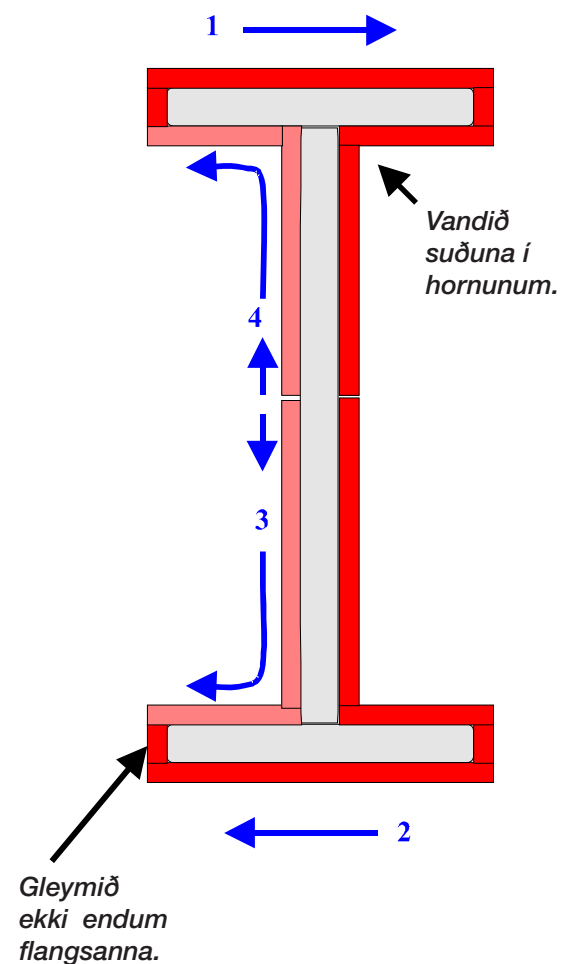
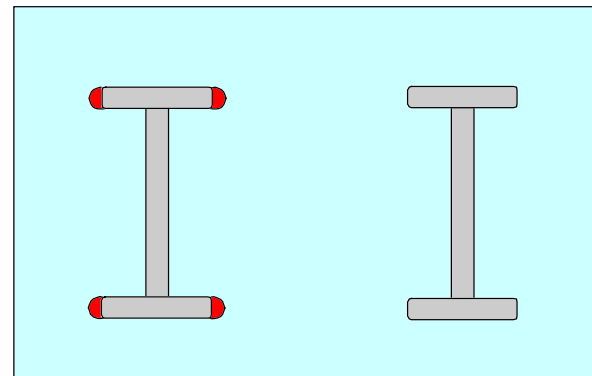
Framkvæmið:

Staðsetjið bitann og punktið hann á plötuna eins og myndin sýnir.

Byrjið á því að sjóða flangsana. Sjóðið síðan miðstykkið frá miðju og út beggja megin.

Halli pinnans getur verið mismunandi eftir því hvar í skeytinu er soðið, hafið því suðuhöndina ekki of stífa.

Fullsjóðið, gjallhreinsið og skoðið árangurinn. Suðurnar eiga að vera sléttar eða örlítið íhvolfar. Veitið innri hornunum sérstaka athygli, því þar er hættu á að segulverkan setji strik í reikninginn og ljósbog-inn verði óstöðugur. Verjist þessu með pinnahallanum.



Verkleg æfing 7

Tími ca. 4 tímar

**Kverksuða á sköruð skeyti
(WPS E1P-7-1)**

Sköruð skeyti, þá liggur önnur platan ofan á hinni. Notaðu skal WPS E1P-7-1. Þessa æfingu á að sjóða með pinna af basískri gerð.

GRUNNEFNI:

Stálplata 6 x
40 x 300 mm
Stálplata 12 x
80 x 300

SUÐUEFNI:

E 42 3 B 32 H5

Staða: PB**Framkvæmið:**

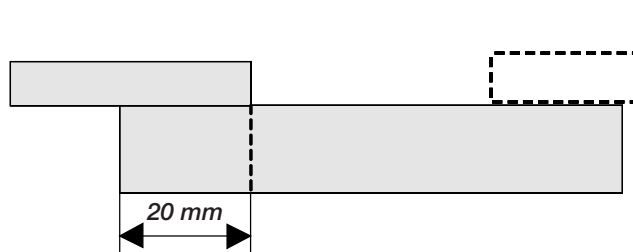
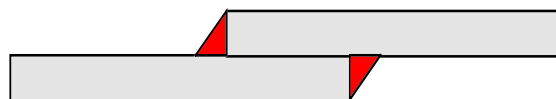
Punktið með u.þ.b. 20 mm skörun.

Sjóðið eins og í fyrri æfingum. Munurinn er sá að í þessari æfingu á að sjóða fleiri strengi ofan á hvern annan öðrum megin - á móti enda þykkri plötunnar.

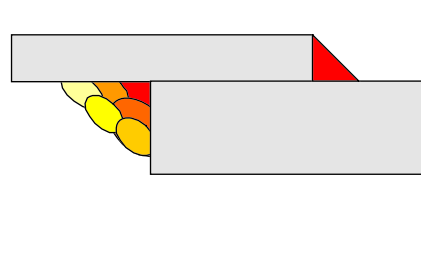
Sjóðið án þess að pendla. Munið að við fjölstrengja-suðu þarf að hafa mismunandi halla á pinnanum eftir því hvaða streng er verið að sjóða (sjá æfingu nr. 4). Rangur pinnahalli getur valdið rangri lögun suðunnar og/eða kantsárum á milli strengjanna. Haldið jöfnum hraða.

Gjallhreinsið eftir hvern streng og athugið að strengirnir séu jafnstórir alla leiðina. Reynið að kíkja á móti plötukantinum til að sjá hvort strengirnir hækki eða lækki.

Skoðið árangurinn. Strengirnir eiga að bráðna vel saman og mynda jafna og slétta suðu.



Uppstilling vinnslustykkis.



Sjóðið í þeirri röð sem gefin er upp á suðuferilslýsingu.

Verkleg æfing 8

Tími ca. 2 tímar

Gasskurður

Búnaðurinn

Við gasskurð er mest notað annað hvort acetylen- eða própangas og súrefni.

Efnin eru afhent í gasformi í hylkjum af ýmsum stærðum. Algengasta stærð súrefnishylkja er 50 lítr-ar, og acetylenhylkja 40 lítrar. Það eru til bæði stærri og minni hylki. Þeir sem nota mikið magn fá súrefnið í fljótandi formi.

Á hylkin eru settir þrýstijafnarar, og þarf sérstakan þrýstijafnara fyrir hverja gastegund. Hlutverk þeirra er að minnka þrýstinginn í hylkjunum niður í hæfi-legan vinnuþrýsting.

Á þrýstijöfnunum verða að vera s.k. bakslags-lokar. Frá þeim eru síðan sérstakar gasslöngur að handfanginu. Gasslöngurnar eru í mismunandi lit-um – **rauðar fyrir acetylen** og **bláar fyrir súrefni**. Þetta er til að hindra mistök við tengingar.

Á milli slöngu og handfangs á líka að vera einstreymisloki. Það er til að gasið og súrefnið geti ekki blandast í slöngunum. Til að koma enn betur í veg fyrir mistök eru mismunandi gengjur á tengingum fyrir gas og súrefni. Réttar gengjur fyrir súrefni og öfugar fyrir acetylen.

Á handfangið er hægt að setja annað hvort suðu/hitaspíss eða brennara, með þægilegri tengingu. Spíssarnir eru misstórir, og fer það eftir notkunar-sviði og efnisþykkt hvaða stærð er valin. Brennarinn er sá sami hvað sem á að skera, það er einungis skipt um skurðarspíssinn til að aðlaga brennarann að mismunandi þykku efni.



Gashylki og annar búnaður.



Bakslagsloki og einstreymislokar - tvö mikilvæg öryggistæki.

Að kveikja og slökkva gasloga

Athugið að réttur þrýstingur sé á tækjunum, acetylen 0,1-0,8 bar og súrefni 1,5-4,5 bar eftir efnisþykkt (ath. skurðartöflu). Opnið lítillega fyrir súrefnið fyrst og síðan fyrir gasið. Kveikið með gaskveikju. Forðist að nota sigarettukveikjara eða eldspýtur. Þetta kveikiferli á við um Jector tæki (merktir með i). Fyrir s.k. jafnþrýstítæki (merktir með II) gildir andstæðan, þ.e. að fyrst er opnað fyrir gasið.

Stillið logann og prófið með því að opna fyrir skurðarblásturinn. Fínstillið eftir þörfum.

Beinið hitunarloganum að plötukantinum, haldið loganum 3-4 mm frá plötunni og rauðhitið byrjunarpunktinn. Færið brennarann aðeins út fyrir plötukantinn, prófið hvort hitinn sé nægur með því að opna varlega fyrir skurðarblásturinn.

Skerið spölkorn og skoðið árangurinn. Haldið áfram ef það lítur vel út. Ef ekki, verður að athuga hvort loginn sé rétt stilltur, og eins að ganga úr skugga um að aftari súrefnislokinn sé fullopin. Prófið síðan á nýjan leik.

Fríhendis gasskurður í plötur

Takið fram plötu sem er 400 x 200 x 5 eða 6mm. Rissið á plötuna eins og sýnt er á myndinni til hægri.

Þegar platan er tilbúin, er byrjað á fyrstu æfingunni. Reynið að skera eins beint og unnt er. Reynið að fá stuðning frá bordkanti eða öðru.

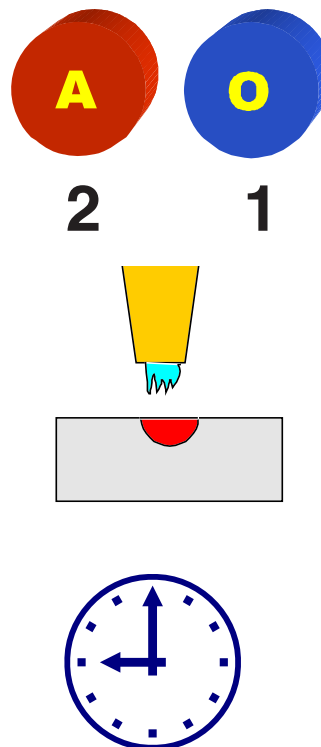
Reynið að skera með réttum færsluhraða. Ef hraðinn er of lítill myndast mikið gjall og sárið vill lokast af gjallinu. Ef hraðinn er of mikill nær loginn ekki að skera í gegn og gjallið „sýður“ upp úr sárinu fyrir aftan brennarann.

Gasskurður röra og stangaefnis

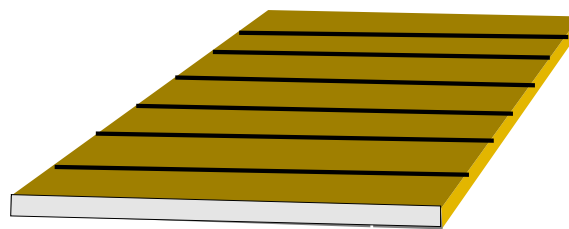
Stangaefni af ýmsu tagi er oft skorið með gasi. Það geta verið sívöl eða ferköntuð rör, sívalar, kantaðar, flatar eða vinkillaga stangir, eða s.k. bitar af mismunandi gerðum.

Merkið upp rör, vinkiljárn og bita. Merkið upp með 30 mm millibili og skerið 5-10 stykki af hverju.

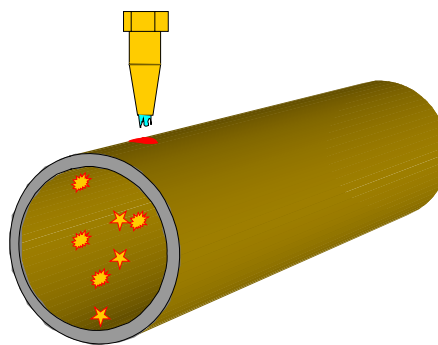
Þegar merkja á rör er best að nota slípiband eða annað sem auðvelt er að vefja um rörið og fá þannig hornréttu merkingu. Skurðurinn gengur best ef byrjað er efst (kl. 12). Skerið síðan niður að kl. 9 eða kl. 3. Snúið síðan rörinu um fjórðung hring og skerið á ný, haldið þannig áfram allan hringinn. Þegar skera á vinkla eða U-bitu er



Klukkan er notuð til þess að lýsa staðsetningu á röri.



Rissið á plötu og skerið eftir línunum.



hægt að byrja á horninu og jafnvel skera niður á við. Best er að rissa með hjálp kantvinkils.

Gjallhreinsið búkana og skoðið skurðarsárið.

Skurðurinn verður lélegur ef:

- *hitunarloginn er of lítill.* Loginn á í erfiðleikum með að bræða efnið, það veldur ójöfnum skurðarrásum og ójöfnu sári.
- *hitunarloginn er of mikill.* Efri brúnirnar bráðna. Á neðri brúnum myndast mikið gjall sem erfitt getur verið að fjarlægja.
- *skurðarhraðinn er of lítill.* Gjallið festist í neðri hluta sársins og hindrar skurðarblásturinn. Grófar skurðarrásir myndast.
- *skurðarhraðinn er of mikill.* Þetta veldur afar ójöfnum skurðarlínu-myndunum sem oft eru sveigðar aftur. Skurðarblásturinn nær oft ekki í gegn.
- *færsla brennarans er ójöfn.* Sárið verður ójafnt og „öldótt“.
- *súrefnisprýstingurinn er of lítill.* Skurðarhraðinn verður of lítill sem veldur því að efri kanturinn vill bráðna. Erfitt að skera í gegn.
- *súrefnisprýstingurinn er of hár.* Skurðarsárið verður ójafnt og efri kanturinn sundurbrunninn. Gjallið verður erfitt að hreinsa burt.
- *rangt er farið að þegar byrjað er eftir að stansað hefur verið.* Djúp sár geta myndast, oft vegna þess að opnað er óvarlega fyrir skurðar-blásturinn.

Aðvörun

Öll meðferð gasbúnaðar án nauðsynlegrar kunnáttu getur verið hættuleg. Gætið þess að nota alltaf búnað sem er í lagi og virkar á réttan hátt.

Gerið ekki lítið úr hættunum. Þrýstingur súrefnishylkis er u.þ.b. 200 bör, en hylkið er gert úr 3 mm stáli. Festið hylkin vel, bæði á vinnustað og við flutning. Ef hylki fellur um koll og höfuðlokinn brotnar af, er alvarleg hættu á ferðinni.

Skrúfið fyrir höfuðlokana umsvifalaust ef bakslagseldur verður. Opnið aldrei meira en ½ hring. Þá er fljótlega að loka.

Eftirlit og fyrirbyggjandi viðhald gasbúnaðar er mjög nauðsynlegt. Bakslagsloka og einstreymisloka ætti t.d. prófa a.m.k. annað hvert ár.

VIÐHALDSÁÆTLUN FYRIR GASBÚNAÐ ÆTLAÐAN SUÐU OG SKURÐI

Þessar leiðbeiningar sýna hvernig hægt er að uppfylla þær kröfur sem gerðar eru í dag um viðhald og eftirlit með búnaði til logsuðu og gasskurðar.

AÐGERÐ:	DAGLEGT EFTIRLIT ¹	INNRA EFTIRLIT ² Lekaprófið ³ amk. 6. hvern mánað	SKOÐUN BÚNAÐAR Viðskipti
Gashylki			Heilar gengjur
Þrýstijafnari	Réttur þrýstingur? Í lagi?	Tengingar	Lekaprófið tengingar
Bakslagsloki ⁴	Á sínum stað?	Tengingar	
Slöngutengi	Hert?	Tengingar	Lekaprófið tengingar
Slöngur	Sprungumyndun eða aðrar skemmdir?	Sprungumyndun eða aðrar skemmdir?	Er slangan staðalmerkt?
Einstreymislokar ⁵	Á sínum stað?	Athugið virkni	Lekaprófið tengingar
Suðuspissar og brennari	Skemmdir?	Tengingar og lokar	Skoðið pakkningar. Lekaprófið tengingar

1 DAGLEGT EFTIRLIT er framkvæmt af þeim sem notar búnaðinn.

2 INNRA EFTIRLIT er framkvæmt af til þess skipuðum og menntuðum starfsmanni.

Eftirlitið á að skrá.

3 LEKAPRÓFANIR er best að gera á öllu kerfinu í einu (notið lekaleitarúða eða sápuvatn). Athugið að skrúfað sé fyrir lokana á gastækjunum. Opnið lokann á hylkinu og hleypið þrýstingi á kerfið. Skrúfið fyrir hylkislokann og athugið eftir u.þ.b. 5 mín. hvort þrýstingurinn hafi minnkað.

4 BAKSLAGSLOKAR eiga að vera á öllum lausum hylkjum sem innihalda acetylen.

Virkni þeirra á að prófa af utanaðkomandi aðila á 2ja ára fresti.

5 EINSTREYMISLOKAR eiga að vera til staðar samkvæmt reglum Vinnueftirlitsins.

6 INNRA EFTIRLITS er krafist þar sem unnið er að gerð þrýstikúta og er sjálfsgöður hlutur á öllum verkstæðum.

**Nú er komið að prófi
E 1.3**

Láttu kennarann vita!

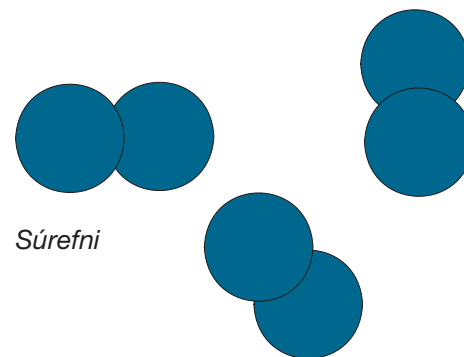
E1.2.1 Undirstöðuatriði rafmagns

(M1.2.1, T1.2.1)

Eðli rafmagns

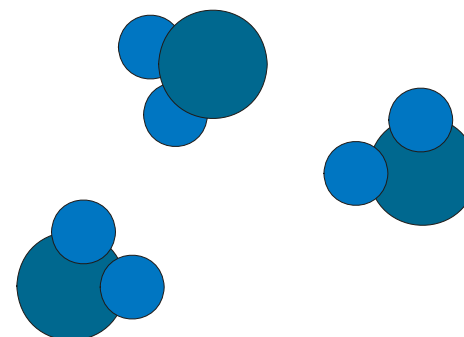
Mólekúl (Sameind)

Allt efni inniheldur rafræna orku. Efnin geta verið samansett úr föstum, fljótandi eða gas-formuðum frumefnum. Dæmi um frumefni er járn, kolefni og súrefni. Minnsti hluti frumefnis er atómið. Í sumum frumefnum eru atómin ekki stök, heldur tengjast þau hvert öðru. Slík sambönd kallast mólekúl (sam-eindir) (sjá mynd).



Atóm

Atómið er síðan uppbyggt af kjarna ásamt einni eða fleiri rafeindum sem hreyfast umhverfis kjarnann á ákveðnum brautum á miklum hraða. Í kjarna atómsins eru nifteindir með jákvæðri hleðslu (+).



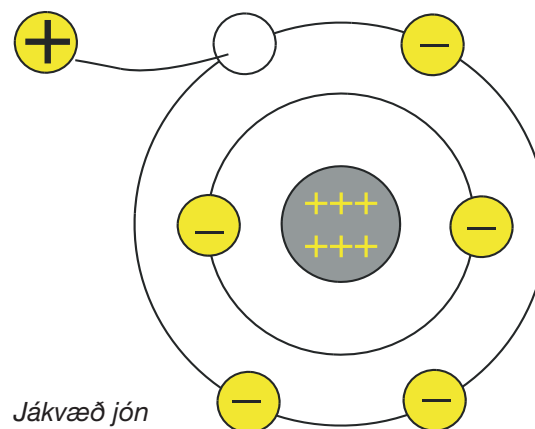
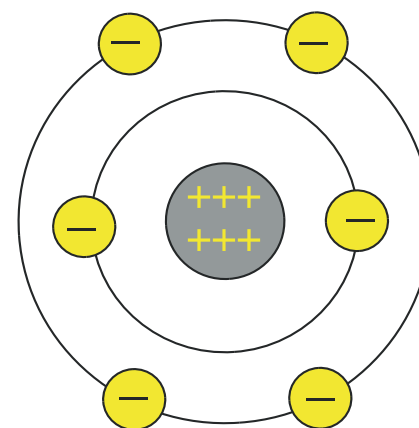
Rafeindirnar sem hringrása í ytra byrði atómsins hafa neikvæða (-) hleðslu. Venjulega ríkir jafnvægi þarna á milli og það veldur því að jákvæðar og nei-kvæðar hleðslur veða hver aðra upp (sjá mynd).

Jónir

Vegna utanaðkomandi áhrifa geta atómin neyðst til þess að láta frá sér neikvætt hlaðnar rafeindir. Þá er atómið ekki lengur hlutlaust heldur jákvætt hlaðið. Slíkt jákvætt hlaðið atóm kallast jón. Þær hleðslur sem eru ráðandi, gera upp muninn á milli jákvæðra og neikvæðra jóna (sjá mynd).

Þau efni sem leiða straum hafa rafeindir sem eru „lausar“ við atómkjarna sinn (s.k. leiðirafeindir). Hér hoppa rafeindirnar á milli atóma án nokkurrar reglu. Ef slíkur leiðari tengist spennugjafa (spenna - volt) er hægt að stýra leiðirafeindunum í ákveðna átt. Þetta er upphaf rafstraums.

Rafstraumurinn er bundinn leiðaranum, þar sem raf-eindirnar geta ekki, undir venjulegum kringumstæðum, yfirgefið hann. Rafeindirnar yfirgefa leiðarann við sérstakar aðstæður, t.d. við háan hita eða sem yfirlag/neistun við háspennu. Það kallast emitting.



Framleiðsla straums

Við framleiðslu á raforku er venjulega notaður rafall sem framleiðir strauminn. Rafal má knýja á ýmsan hátt. Í vatnsaflsveri breytist hreyfiorka vatnsins í raforku með hverfli sem knýr rafal. Í varmaorkuverum og kjarnorkuverum nýtist varmaorka frá olíu, kol-um, gasi, timbri og úran til að hita vatn og breyta því í gufu sem knýr gufuhverfla. Jarðgas er notað í gas-hverfla sem knýja rafala, t.d. á olíuborþöllum og í varaafsstöðvum.

Nýting vindorku er smám saman að breiðast út. Bein nýting sólarorkunnar með sólarcellum er ekki notuð til raforkuframleiðslu nema í sérstökum tilfellum svo sem í geimskipum, gervihnöttum og fyrir neyðarsíma á fjöllum.

Algeng hugtök

Riðstraumur

Straumurinn breytir stefnu, stærð og pólun, + og -, með jöfnu millibili.

Riðstraumur skrifast AC (Alternating Current).

Táknið fyrir riðstraum er: ~

Jafnstraumur

Straumur sem fer alltaf í sömu átt kallast jafnstraumur.

Skilyrði er að spennan miðað við núllvægi sé annaðhvort jákvæð eða neikvæð allan tímann.

Jafnstraumur skrifast DC (Direct Current).

Táknið fyrir jafnstraum er: =

Spenna

Spenna er sá kraftur sem er milli póllanna á straumgjafa og getur þar með fengið rafeindir á flakk á milli póllanna. Maður getur einnig líkt þessu við þrýstinginn í vatnstanki.

Spenna skrifast með bókstafnum U og - spenna er mæld í voltum (V). Í rafrás mælist spennan með voltmæli. Voltmælirinn hliðtengist í rásina.

Straumur

Straumur er sá fjöldi rafeinda sem fer gegnum þverskurð leiðara á einni sekúndu. Í vatnssamanburðinum er straumurinn flæði/mín.

Straumur skrifast með bókstafnum I og mælist í amperum (A). Maður mælir straum með ampermæli og hann raðtengist í rásina.

Viðnám

Með viðnámi er átt við þá mótstöðu í rás sem veldur því að rafeindirnar hægja á sér.

Viðnámið í leiðara er háð þremur þáttum:

eðlisviðnámi leiðarans = P

lengd leiðarans = I

þversk.flatarmáli leiðarans = A

Þessi jafna gildir: $R = P \times I/A$

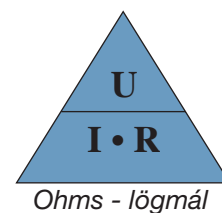
Því lengri sem leiðarinn er því meira viðnám hefur hann. Einnig hefur grannur leiðari meira viðnám en grófur. Þar sem bæði spenna, straumur og viðnám eru í rafrásum þá er samband á milli þeirra þannig: Aukist spennan þá eykst straumflæðið en viðnámið er óbreytt. Vilji maður auka spennuna án þess að auka strauminn verður viðnámið að aukast. Samband þetta er skýrt með viðnámsjöfnunni:

$$U = I \cdot R$$

U = spenna í Voltum (V)

I = straumstyrkur í Amperum (A)

R = Viðnám í Ohm (Ω)



Kraftur rafmagns

Til að hægt sé að framkvæma vinnu þarf að koma til orka. Orka er m.ö.o. sama og vinna. Svo hægt sé að framkvæma rafræna vinnu þarf rafræn orka (raf-orka, rafmagn) að koma til.

Rafmótorar, suðuvélar, raflýsingar, sjónvörp, tölvur o.s.fv. vinnur aðeins ef rafræn orka er til staðar. Orka skrifast W og er mæld ýmist sem wattsekúndur (Ws), Joule (J) eða newtonmeter (Nm). Í rafræðinni notum við eininguna 1 Ws eða stóru eininguna 1 kWh (1 kílówattstund).

Straumnotkunin er mæld í kWh í rafmælinum sem neytandinn greiðir eftir.

1 wattsekúnda (1 Ws) = 1 watt á sekúndu

1 kílówattstund (kWh) = 1000 watt á klst.

Upphitunarkraftur

Kraftur er orðalag yfir hve hratt orka getur breyst í vinnu. Vinna í þessu sambandi getur verið hiti, ljósbogi eða snúningsvægi. Kraftur má því segja að sé mælistika á vinnugetu (orkunotkun). Kraftur skrifast P og einingin er Watt (W).

1 Watt = 1 W
 kílóWatt = 1 kW=1000 W
 1 megaWatt = 1 MW=1 000 000 W

Við álag í rafrásum verður alltaf visst orkutap sem er gefið upp sem kraftur. Ljósapera getur verið t.d. 40W eða 100 W, rafmótorar 0,75kW eða 3kW. Í ljósaperunum breytist hin rafræna orka í hita og ljós og í rafmótorum breytist orkan í snúningskraft. Hvað varðar suðuvélar er krafturinn gefinn upp í amperum (I) og þar breytist orkan í ljósboga og hita.

Kraftjafna

Í suðurásinni verður krafturinn margfeldi af straumi og spennu samkvæmt jöfnunni:

P =	U	x	I
↓	↓		↓
Watt	Volt	Ampere	
↓	↓	↓	
W	V	A	

Jafnan getur skrifast $U = P / I$ eða $I = P / U$.

Þessa jöfnu má nota við mælingu á straumnotkun, t.d. suðuvéla (sjá mynd).

Reiknidæmi við suðu með 20 V og 100 A: $P = 20 \times 100 = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$.

Áhrif á líkamann

Rafstraumur sem leiðir gegnum líkamann getur valdið alvarlegum skaða svo sem:

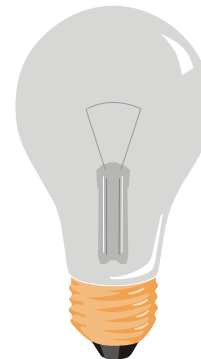
- Brunasárum
- Vöðvakrampa
- Óreglulegum hjartslætti
- Skemmdum á miðtaugakerfinu, sem leitt getur til DAUÐA

HEIMILDIR:

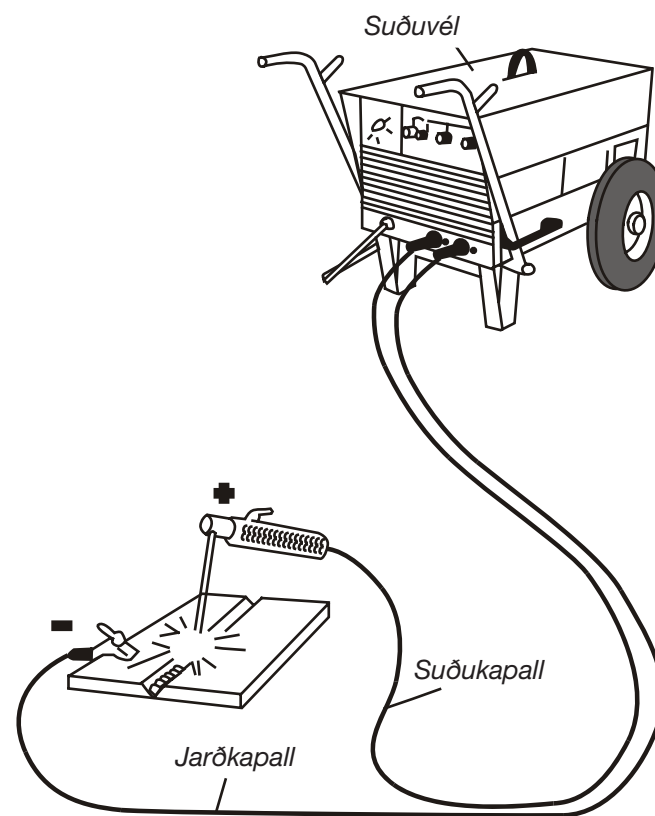
Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström

Rafsegulsvið

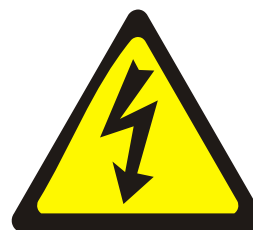
Í suðurásum myndast rafsegulsvið. Sterkir segulkraftar geta orðið vegna þess að suðukapallinn og jarðleiðarinn liggja of langt hvor frá öðrum. Með því að teipa saman kaplana er hægt að minnka segul-sviðið um allt að 90%.



Ljósáopera virkar aðeins ef hún er mötuð með raforku. Í þerunni verður raforkan að hita og ljósi.



Í rafsuðuvél breytist orkan í hita og ljósboga.

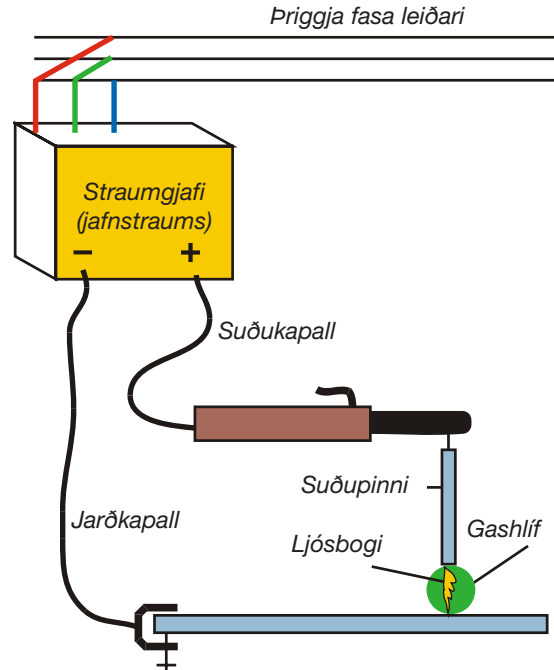


Taktu tillit til þeirrar hættu sem fylgir rafmagni!

E1.2.2 Notkun rafmagns við málmsuðu

Rafmagns-ljósboginn

Rafstraumur myndast þegar „lausar“ rafeindir hreyfast í sömu átt í leiðara. Rafeindirnar eru rafhlaðnar. Ef bil myndast í leiðaranum hættir rafeindaflæðið og straumurinn rofnar. Ef bilið jónast getur rafeindaflæðið haldið áfram og straumrásin lokast aftur. Við jónunina skipta sumar rafeindir um braut og sumar fara yfir á braut með lægra orkusviði. Orkan sem losnar myndar rafsegulbylgjur, sem hafa sýnilega geislun. Ljósgeislunin sem myndast í loft-bilinu er ljósbogi sem hefur mikla þýðingu við málmsuðu með rafmagni (sjá mynd).

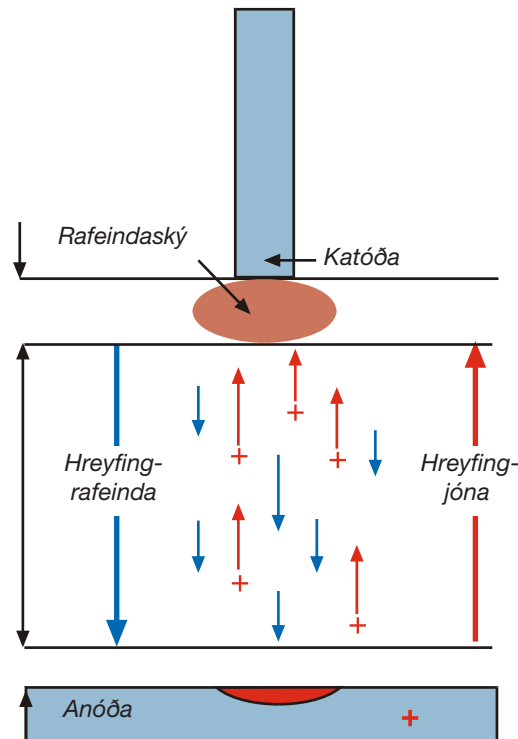


Ljósboginn sem hitagjafi

Kveikispenna suðuvélarinnar, sem er af öryggis-ástandum u.þ.b. 80 volt, er í sjálfu sér of lág til þess að kveikja ljósbogann með yfirhlaupi. Það þarf u.þ.b. 5000 V/mm kveikispennu í loftbili. En þegar endi suðupinnans (katóða) skammhleypur á móti vinnustykkinu (anóða) og það verður yfirhlaup myndast rafeindaský í kringum pinnaendann. Þar sem kveikispenna suðuvélarinnar verkar yfir loftbilið munu rafeindirnar rekast á vinnustykkið (anóðuna) af miklu afli, það mun eiga sér stað einskonar rafeindaskothríð. Í þessu sambandi er orðið rafeindaskothríð notað til þess að gefa hugmynd um þann ofsa sem þarna á sér stað.

Hreyfiorka rafeindanna verður að hitaorku þegar vinnustykkið stöðvar hreyfinguna (sjá mynd).

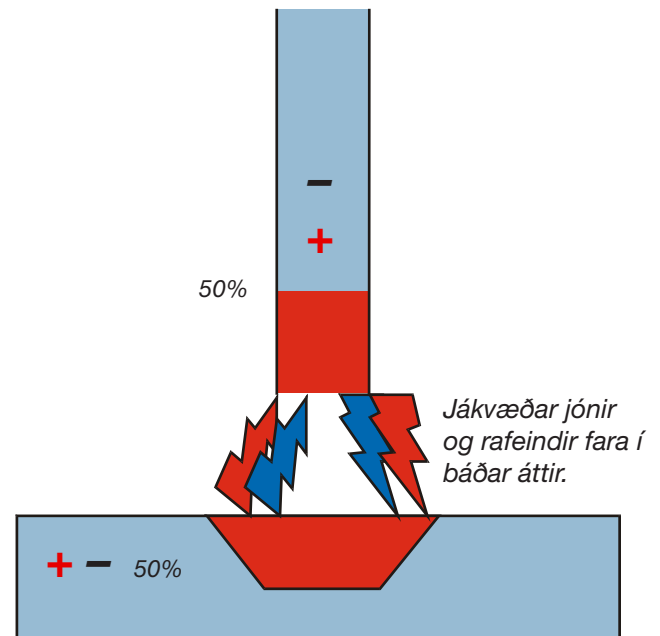
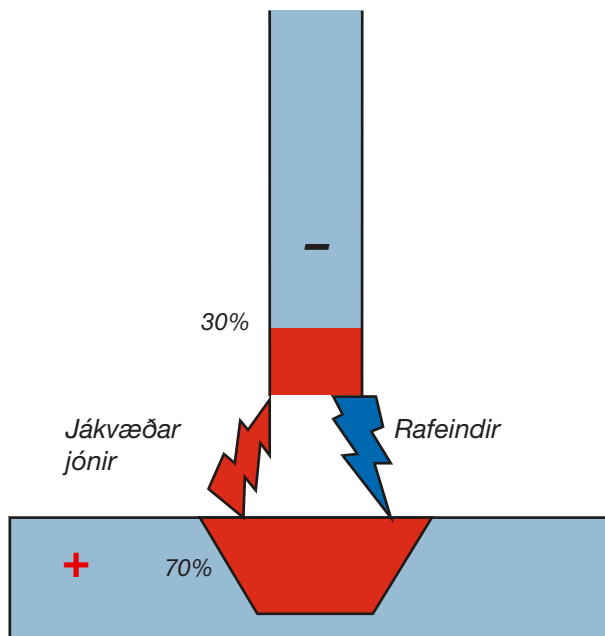
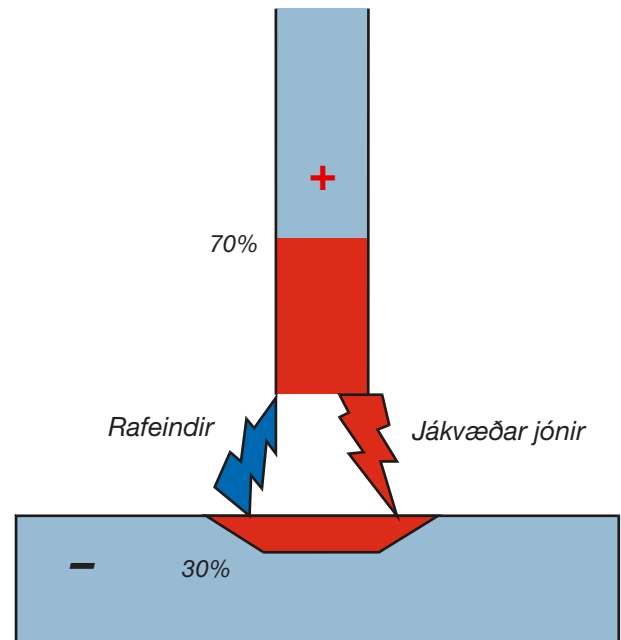
Þetta er skýringin á því að vinnustykkið hitnar á þeim punkti sem rafeindaskothríðin beinist að. Jónirnar sem losna frá vinnustykkinu auka hraðann á mótsvarandi hátt á leið sinni að enda rafsúðupinnans (katóða) og auka enn á hitann sem hjálpar til við að senda nýjar rafeindir af stað.



Hreyfiorka rafeindanna verður að hitaorku.

Þar sem rafeindaskothríðin er öflugri en jóna-skothríðin, hitnar anóðan (+) meir en katóðan (-) við suðu með jafnstraumi. Þetta skýrir hitaskiptinguna; við suðu með -pól í pinnanum hitnar vinnustykkið meira og pinninn mun minna. Sé soðið með +pól í pinnanum verður skiptingin á hinn veginn. Við suðu með riðstraum verður hitadreifingin jöfn á milli vinnustykkis og pinna, þar sem straumstefnan skiptist í sífellu (sjá mynd).

Suða með + pól í pinnanum (til hægri) veldur „heitum“ pinna og „köldu“ vinnustykki. Suðu með - pól (neðan) veldur gagnstæðum áhrifum. Við suðu með riðstraum (neðan til hægri) er hitinn jafn.



Skinið frá ljósboganum sem myndast í loftbilinu sér mannsaugað á ólíkan hátt hvað varðar lit og styrk. Það er vegna rafsegulsgeislunarinnar, sem á sinn hátt stýrist af því hvernig atóm eru í loftbilinu og sem breytist með þeim gastegundum sem eru þar.

Ljósbogaspennan breytist eftir lengd ljósbogans. Aukin lengd veldur aukinni spennu og með minnkandi lengd minnkar spennan. Af eðlifræðilegum ástæðum hefur ljósboginn ákveðna hámarkslengd, þegar henni er náð rofnar (slokknar) hann.

Kraftur ljósbogans

Hitinn í ljósboganum er venjulega 5000-7000 °C.

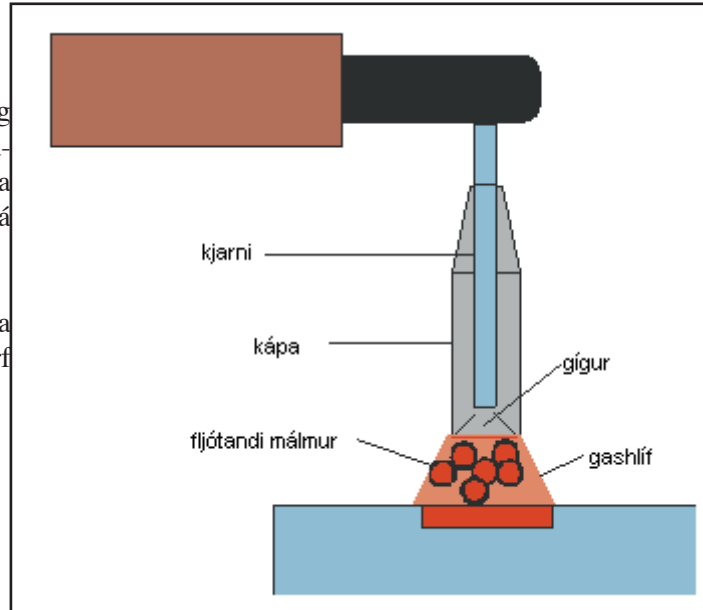
Að kveikja ljósbogann

Við kveikingu ljósbogans lækkar spennan frá u.þ.b. 80 voltum niður í 20-25 volt, allt eftir þvermáli suðupinnans og straumi. Kveikingu ljósbogans má skipta í tvo þætti. Fyrst sjálft skammhlaup pinnans á móti vinnustykkinu og síðan jónun loftbilsins þannig að ljósbogi myndast.

Ferlið og ljósboginn

Við pinnasuðu myndast ljósbogi á milli pinnans og grunnefnisins. Suðupinninn samanstendur af kjarnavír með ápressaðri hulu, sem bráðnar niður jafnhliða kjarnavírnum vegna hitans frá ljósboganum (sjá mynd).

Þar sem pinninn bráðnar niður við suðuna og vegna mikilvægis þess að halda lengd ljósbogans jafnri, þarf hann að færast að vinnustykkinu með jöfnum hraða.



Eiginleiki ljósbogans

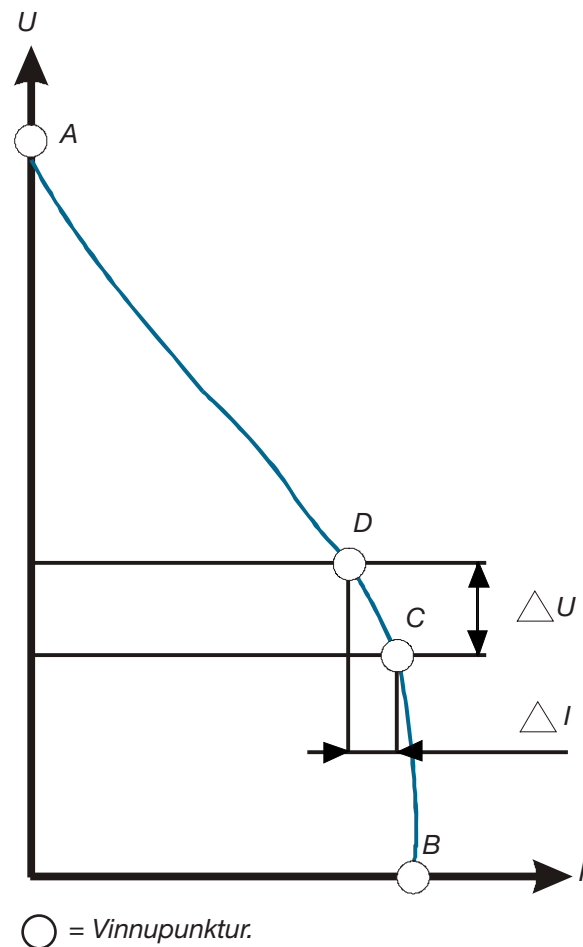
Við breytingu á lengd ljósbogans breytist bæði spennan, U , og straumurinn, I . Punktur A á grafinu sýnir kveikispennuna, þ.e.a.s. þegar straumgjafinn er án álags og engin suða á sér stað.

Punktur B sýnir skammhlaupsstrauminn, þ.e. fullt samband hefur náðst á milli pinna og vinnustykkis. Straumurinn flæðir gegnum pinnann að vinnustykkinu án þess að ljósbogi kvikni. Engin suða á sér stað hér heldur (sjá mynd).

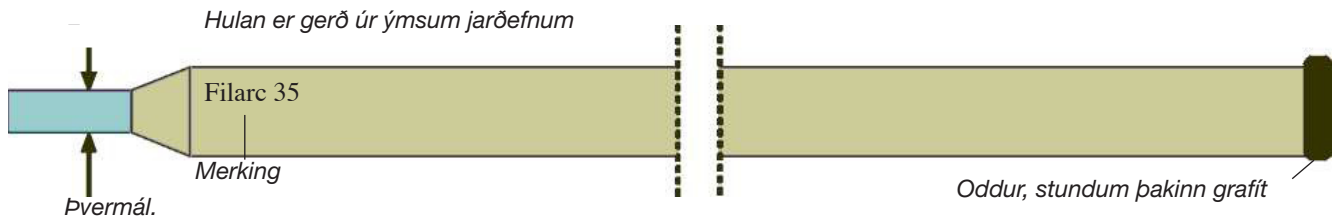
Við punkt C á suða sér stað og hægt er að mæla álagsgildi straums og spennu.

Við lengingu ljósbogans færast vinnupunkturinn frá C til D, þ.e.a.s. spennan eykst og straumurinn minnkar.

Vegna hinna fallandi spennueiginleika verður þó straumbreytingin ekki ýkja mikil við breytta lengd ljósboga með þessari gerð suðuvéla, en þær skal velja til handsuðu með pinna.



Suðupinnar



Suðupinninn samanstendur af kjarnavír og hulu. *Kjarnavírin* getur verið gerður úr ýmsum ólíkum málmmum t.d:

- óblönduðu stáli
- lítið blönduðu stáli
- ryðfríu stáli
- nikkel
- kopar
- brónsi
- áli
- steypujárni

Pinnastærðin er gefin í mm eftir þvermáli kjarnavírsins. Þekktar stærðir eru 1,6, 2,0, 2,5, 3,2, 4,0, 5,0, 6,0 og 7,0 mm. Lengd pinnans er aðlöguð straumþoli kjarnavírsins og kápunnar. Þekktar lengdir eru 300, 350 og 450 mm.

Endar pinnanna eru kallaðir tangarendi og kveikiendi. Kveikiendi sumra pinna er þakinn með grafit til að auðvelda kveikinguna.

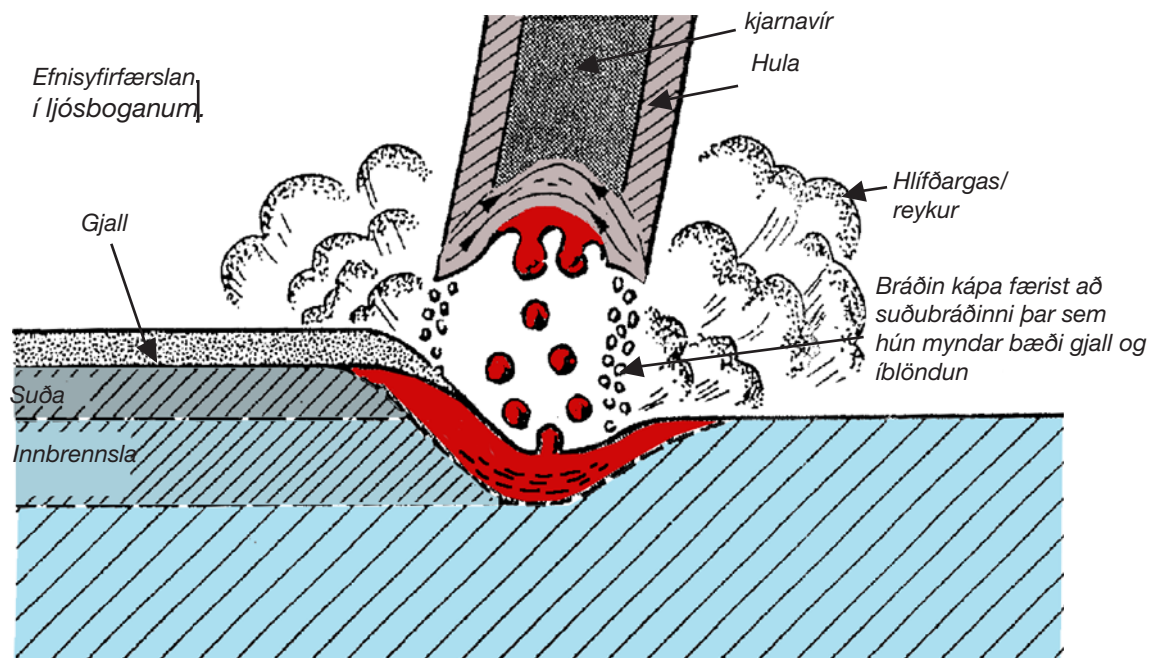
Hulan er gerð úr ýmsum jarðefnum svo sem kalki, rútilsandi, kísil o.fl. Stundun jafnvel með blöndu af jární eða öðru málmdufti.

Sem bindiefni er notað lím og glerungur.

Hlutverk hulunnar

Hulan þjónar m.a. eftirfarandi hlutverkum:

- Hjálpar til við jónun ljósbogans, þ.e. að innihalda efni sem auðveldlega gefa frá sér bæði rafeindir og jónir.
- Myndar gas sem þrýstir burt loftinu og skaðlegum áhrifum þess frá ljósboganum og deiglu.
- Færir afsúrnunarefni að suðunni.
- Færir íblöndunarefni að suðunni.
- Myndar hlífandi gjall sem þekur suðubráðina og hjálpar til við að forma suðuna.
- Eykur magn fyllingarefnis í suðunni.



Geislun frá ljósboganum, reykmyndun

Suðumaðurinn verður oft fyrir geislun, sérstaklega við TIG, MIG og plasmasuðu, þar sem mest er unnið með speglandi efni, en speglunin eykur á geislunina.

Útfjólublá geislun. UV-geislun er sú algengasta við suðuvinnu. Ef augu eru ekki varin fyrir geisluninni fá menn s.k. rafsuðublindu. Vörnin felst í því að nota suðuhjál með dökku sjóngleri. Eins er mikilvægt að hlífa húðinni við beinni geislun til að koma í veg fyrir bruna.

Innrauð geislun. IR-geislun, sem verður til við gassuðu, logskurð, lóðningu og við stórar deiglu, getur til lengri tíma framkallað breytingar í óvernduðu auga. Það er haldið að geislunin geti valdið gláku. Notkun suðugleraugna kemur í veg fyrir skaðann.

Suðureykur og flokkun reyks

Við alla suðu með pinna myndast reykur. Reykurinn er smáar efnisagnir með flókinni efnasamsetningu. Allt eftir magni og samsetningu er reykurinn meira eða minna hættulegur heilsunni.

Hjá því verður ekki komist að reykur myndist. Við hinn háa hita sem er í ljósboganum, ca 6–7000°C, taka efni úr kjarnavírnum og kápunni á sig gaskennt form. Þegar þau síðan komast í snertingu við súrefnið umhverfis myndast fastar reykagnir.

Margir þættir hafa áhrif á reykmyndunina:

- Pinnagerð og stærð, straumstyrkur og lengd ljósbogans.
- Grunnefnið og möguleg húð á því, t.d. ryð, olía eða málning.
- Stærri pinni af sömu gerð veldur meiri reyk.
- Aukinn straumstyrkur veldur meiri reyk.
- Aukin ljósbogalengd veldur meiri reyk.

Staðlar yfir reykflokka

Allir rafsuðupinnar eiga að vera flokkaðir eftir Evrópustaðli, EN-499.

Samkvæmt honum skulu pinnarnir, hver tegund og hver stærð, vera flokkaðir í reykflokka 1-7 eftir reyk-magni og samsetningu. Flokkur 1 er hættuminnstur og gefur frá sér minnstan reyk, flokkur 7 er hættulegastur heilsunni og gefur frá sér mestan reyk. (Sjá einnig kafla E5.2.4.)

Form suðunnar

Soðin samskeyti geta flokkast í 4 ólíkar gerðir; stúf-, horn-, T- og sköruð skeyti (sjá mynd).

Ólíkar gerðir suðuskeyta



Stúfskeyti



Hornskeyti



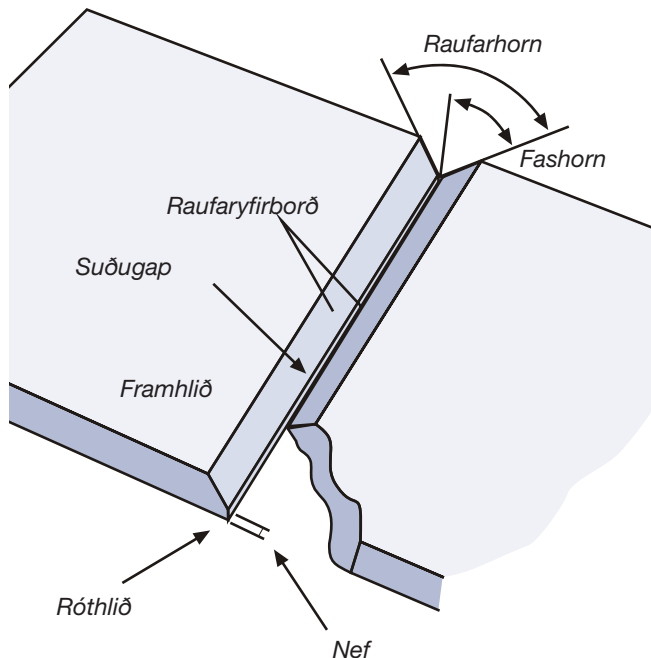
T-skeyti



Sköruð skeyti

Hlutar raufarinnar

Dæmi um orð sem hér verða höfð um ólíka hluta suðuraufa: (sjá mynd).



Raufarhorn, nef og suðugap ræðst af efni, efnisþykkt og suðuaðferð.

Suða í rauf

Til að ná sem bestum árangri við suðuvinnu er hægt að skipta henni í þrjú stig; fyrir, á meðan og eftir suðu. Eftirfarandi atriði þarf að hafa í huga:

Fyrir suðu:

- Að lögun raufarinnar uppfylli sett skilyrði.
- Að raufin og svæðið næst henni séu hrein og án galla.
- Að hlutar sem sjóða skal saman séu rétt og vel punktaðir saman.

Á meðan sodið er:

- Að sprungur séu ekki í millistrengjum við fjölstrengjasuðu
- Við fjölstrengjasuðu að fullnægjandi bráðnun náist milli grunnefnis og millistrengja
- Að uppgefin forhitun sé rétt
- Að halda réttum hita í fúgunni við fjölstrengjasuðu

HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Jan Svensson, Ulf Bergström.

Að meðferð suðuefnis sé samkvæmt kröfum framleiðanda

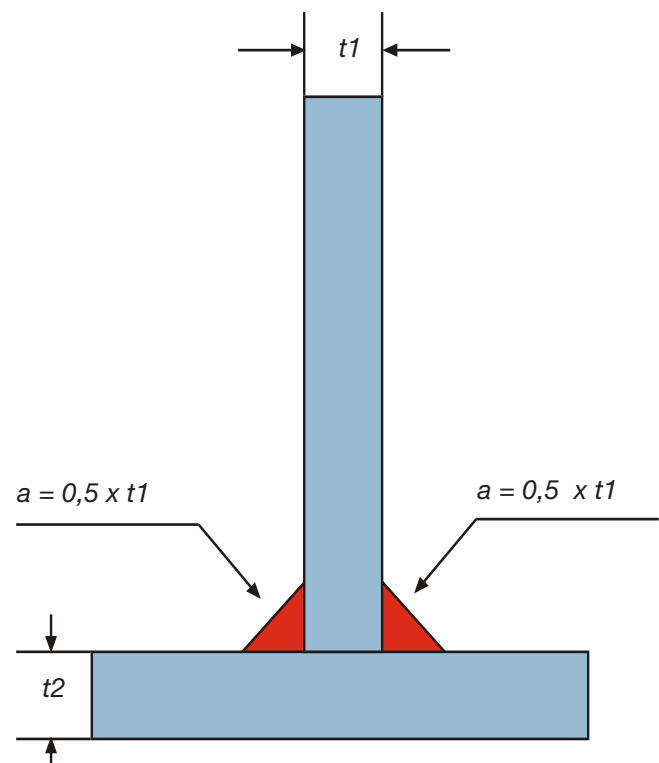
Eftir suðu:

- Að gjall, suðulús og leifar reyks séu hreinsaðar af vinnustykkinu
- Að slípun og meitlun hafi ekki valdið sárum, sprungum eða öðrum göllum sem talist geta skaðlegar fyrir vinnustykkið
- Að rétting sé framkvæmd án þess að valda skaða á vinnustykkinu
- Að höggför eftir hamra eða för eftir önnur verkfæri, sem talin geta verið til lýtis, sjáist ekki
- Að allar bráðabirgða klemmur, dragmellur og annað slíkt sé fjarlægt án þess að valda skaða

Öll suða skal framkvæmd eftir suðuferilslýsingum þar sem það á við, eða eftir fyrirmælum verkstjóra.

Hér á myndinni fyrir neðan má sjá dæmi um kverk-suðuskeyti þar sem suðurnar eru jafnar og hvort amál skal að jafnaði ekki vera meira en $0,5xt$ en t er minnsta efnisþykkt plattanna.

* WPS, sjá E 2.2.2 síða 4.



E1.2.3 Suðubúnaður

Dreifing rafmagns, úttak frá kerfinu

Aðalhlutverk suðuvélarinnar er að lækka hina háu spennu dreifikerfisins og um leið að gera það mögulegt að fá út háan straum. Að auki þarf að vera hægt að stilla suðustrauminn fyrir ólík verkefni. Suðuvélar þarf því að vera hægt að stilla í smáum skrefum eða stíglaut.

Breyting netspennu og straums í suðuorku, suðustraumgjafinn

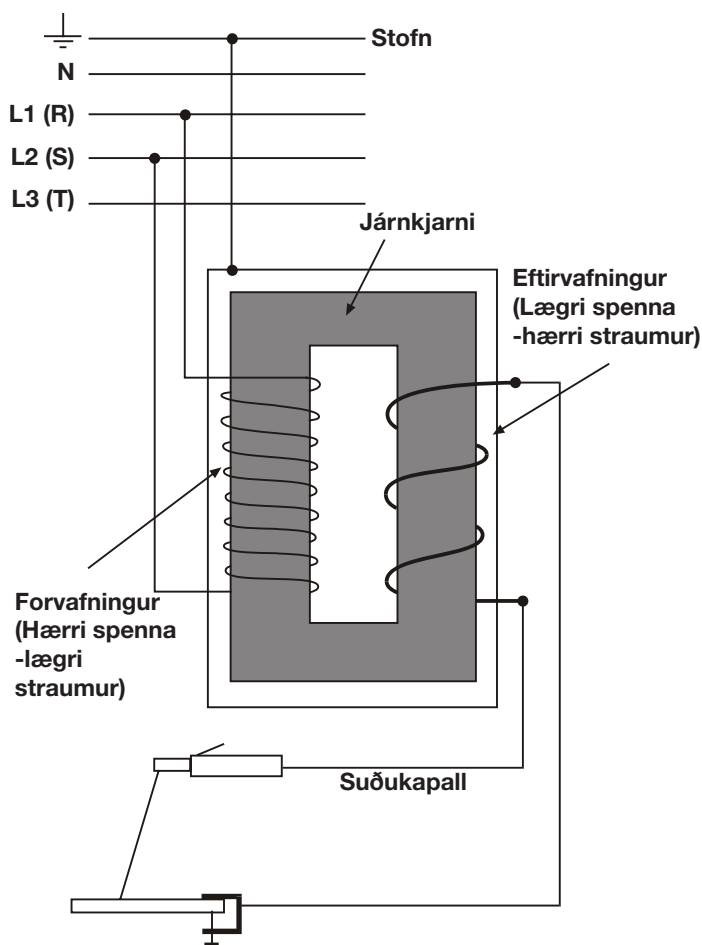
Sjá kafla E1.2.1.

Transarar, notkun riðstraums

Suðutransarinn er í eðli sínu einfaldur straumgjafi. Fyrst og fremst er hann spennubreytir sem lækkar spennu dreifikerfisins. Spennirinn er gerður úr járnkjarna með tveimur vafningum, for- og eftirvafning.

Forvafningurinn er tengdur við rafmagnsúttak t.d. 400 V. Spennan á eftirhlíðinni verður lægri vegna þess að eftirspólan hefur færri vafninga.

Suðutransarinn er einfasavél sem þýðir að hún tengist við þriggjafasanetið milli tveggja fasa eða á milli fasa og núllleiðara, eftir því hvaða spennu transarinn er ætlaður. Til eru transarar sem eru ætlaðir til að tengjast venjulegri jarðtengdri 220 V innstungu.



Uppbygging transarans

Afriðill fyrir jafnstraum

Afriðilssuðan samanstendur af spennubreyti og afriðli. Riðstraumurinn frá stofninum er spenntur niður og síðan breytt í jafnstraum í afriðlinum. Algengust er þriggjaságerð. Það þýðir að hverjum fasa fyrir sig er breytt í jafnstraum og þar á eftir sameinast þeir í tvö straumúttök á vélinni, einn plúspól og einn mínuspól. Þar tengjast suðu- og jarðleiðarakaplar.

Afriðillinn er jafnstraumsvél

Hátíðnisuðan (Inverter)

Í venjulegri afriðilssuðu er spennubreytirinn þyngsti hlutinn. Þyngd spennis er meðal annars háð tíðni rið-straumsins sem á að spenna niður. Til að minnka þungann þarf að hækka tíðnina. Þetta samband kemur að gagni í hátíðnisuðunni. Þar vinnur spennirinn á 2-3 kHz tíðni, sem er 40-60 sinnum hærri en stofntíðnin (50Hz).

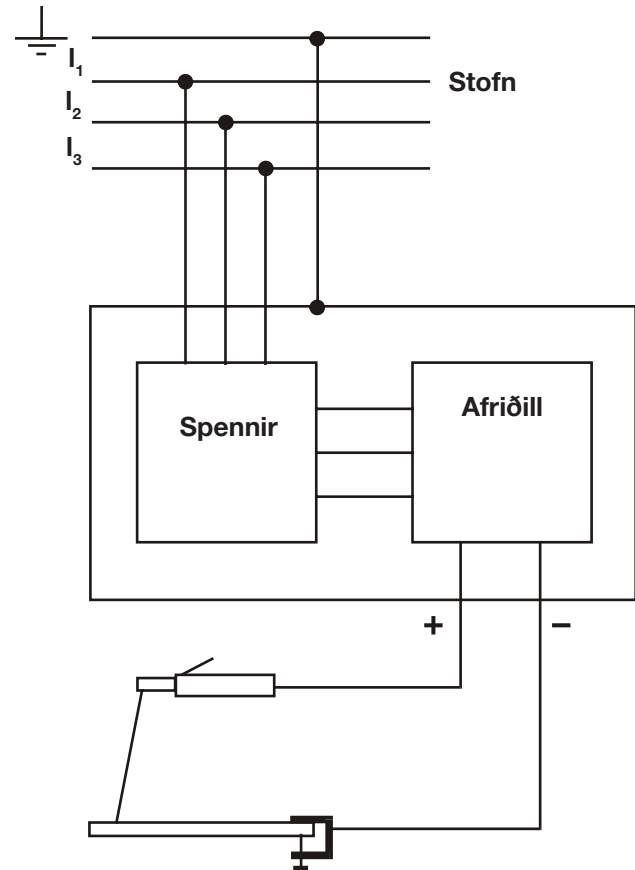
Þessi háa tíðni gerir það mögulegt að stilla straum af töluverðri nákvæmni, en það skapar góða suðu-eiginleika.

Til að hægt sé að hækka svo mjög tíðni stofnspennunnar þarf fyrst að afriða hana og breyta í jafnstraum. Því næst er henni aftur breytt í riðstraum, en nú með mun hærri tíðni en í stofninum.

Þar á eftir er hátíðnistráumurinn spenntur niður í spennu sem hæfileg er til suðu og síðan er afriðað. Til að vélin fái þá suðueiginleika og stýrimöguleika sem óskað er, stýrist allt ferlið af rafeindarás.

Stærsti kosturinn við þessa gerð véla er að þær eru litlar og léttar miðað við getu og hafa þar að auki hærri virkni en aðrir straumgjafar.

Hátíðnisuðan er jafnstraumsvél



Uppbygging afriðilsins.



Hátíðnisuðan er lítil, létt og skilar fullnægjandi suðustraumi fyrir flesta suðuvinnu.

Snúningsvélin

Ólíkt áður nefndum straumgjöfum er snúningsvélin vélknúin, þ.e.a.s. straumur er framleiddur með snúningsorku. Hún er knúin af bensín-, dísel- eða rafmótor sem drífur jafnstraumsrafal sem sendir straum til suðurásarinnar. Mótor og rafall eru yfirleitt sambyggðir og hafa sameiginlegan ás.

Snúningsvélin er jafnstraumsvél



Bensínknúin snúningsvél.

Kveiki- og ljósbogaspenna, suðustraumur

Kveikispenna

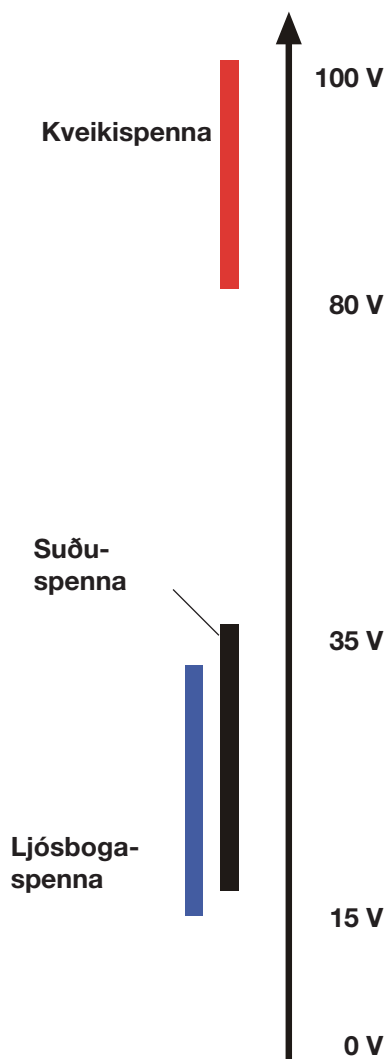
Kveikispenna er mæld á milli úttakanna á straumgjafa sem ekki er undir álagi. Kveikt er á straumgjafanum en suða fer ekki fram. Kveikispenna getur verið 60-100 V.

Suðuspenna

Suðuspenna er sú spenna sem mælist á milli úttaka straumgjafans á meðan suða fer fram. Hún er nokk-uð hærri en bogaspennan.

Ljósbogaspenna

Ljósbogaspenna er spennufallið á milli *pinnaendans og vinnustykkisins* þegar ljósboginn er kveiktur. Ljósbogaspennan getur verið ca. 15-30 V. Ljósbogaspennan er mæld með voltmæli sem tengist á milli suðutangarinnar og jarðleiðarans.



Suðustraumur

Sá fjöldi rafeinda sem á gefinni tímaeiningu hreyfist um leiðara kallast straumur. Þegar suðumaðurinn kveikir ljósboga sinn fara rafeindirnar í leiðaranum (kaplinum) á hreyfingu og þar með hefur hringrás myndast.

Hve mikinn straum þarf, veltur á stærð suðupinnans, en líka á lengd og þvermáli suðukapalsins. Ef kapallinn er langur eða grannur eykst straumbörfin þar sem viðnámið eykst.

Suðustraumurinn er stilltur á framhlið suðuvélarinnar og sýnir stillihnauppurinn hæsta straum sem vélin getur skilað. Hámarksstraum er þó sjaldan hægt að ná úr suðuvél (sjá um virknisþátt).

Aðrar leiðir til að stilla straum eru með fjarstýringu eða með „púlsstilli“.

Afköst (Intermittens)

Bogatími

Með afköstum er átt við raunverulega getu suðuvélarinnar. Vélin ræður ekki við að skila hámarksstraumi nema í stutta stund. Sé farið yfir þessi tímamörk yfirhitnar vélin og öryggi slær út. „Hámarks straumur“ er sem sagt aðeins fræðilegt hugtak. Hið áhugaverða er hve mörgum amperum vélin skilar á gefnum tíma. Pennan tíma má sjá á merkispjaldi vélarinnar.

Ljósbotatími við suðuvinnu er sá tími sem ljós-boginn brennur. Tímanum er skipt upp í tíu mínútna bil. Á hverju tímabili má ljósboginn brenna í þann tíma sem afköstin (intermittensin) segja til um. T.d. við 60% logar ljósboginn í 6 mín. en er slökktur í 4 mín. Við þessi skilyrði gefur vélin sem merkispjaldið er sýnt af hér á síðunni til hliðar 150 amper.

MERKISPJALD

Merkispjaldið er staðsett aftan á suðuvélinni. Hér er sýnt merkispjald fyrir Caddy 200 með skýringum um hvernig á að lesa og túlka það.

Esab Arc Equipment AB S-695 81 Laxå Sweden Made in Sweden		ESAB	
LHN 200			
3~		IEC 974-1	
U ₀₌		5 A/20 V - 200 A/28 V	
X		35 %	60 % 100 %
I ₂		200 A	150 A 115 A
U ₂		28 V	26 V 25 V
U ₁ 400 50/60Hz		I ₁	17 A 12 A 10 A
AF	IP 23		S

- LHN 200 er innanhússnafn ESAB yfir Caddy 200.
- Þýðir að Caddy hefur tíðnibreyti, spenni og afriðil.
- Gefur upp tengingu við þriggja-fasa stofn, 50 eða 60 Hz.
- Þessar bókstafa- og talnarunur þýða að ESAB fylgir alþjóðlegum viðmiðunum. Mikilvæg trygging fyrir notandann þar sem viðmiðanir eru ábendingar sem ekki er nauðsynlegt að fylgja. IEC er alþjóðleg viðmiðun.
- Sýnir straumsvið 5-200 A. Spennurnar 20 og 28 sýna að fylgt er hinni alþjóðlegu ljósbogalínu. Ljósbogalínan er meðaltalsgildi allra suðupinna. Framleiðandi sem ekki gefur upp getu búnaðarins eftir þessari línu getur gefið upp mun stærra straumsvið án þess að getan sé í raun meiri.
- X sýnir virknisþátt, I sýnir straum við vissan virknisþátt, U sýnir spennu samkvæmt ljósbogalínunni. Virknisþátturinn segir til um hve lengi hægt er að sjóða með gefnum gildum. Virknisþáttur er mældur í % af tíu mínútna tímabili.
- Sýnir stofnspennu 400 V og inntaksstraum við mismunandi suðustraum.
- Hlíðarnúmer – sýnir hversu vel vernduð vélin er gangvart vatngusum og öðru og að hún hafi kæliviftu.

HEIMILDIR:

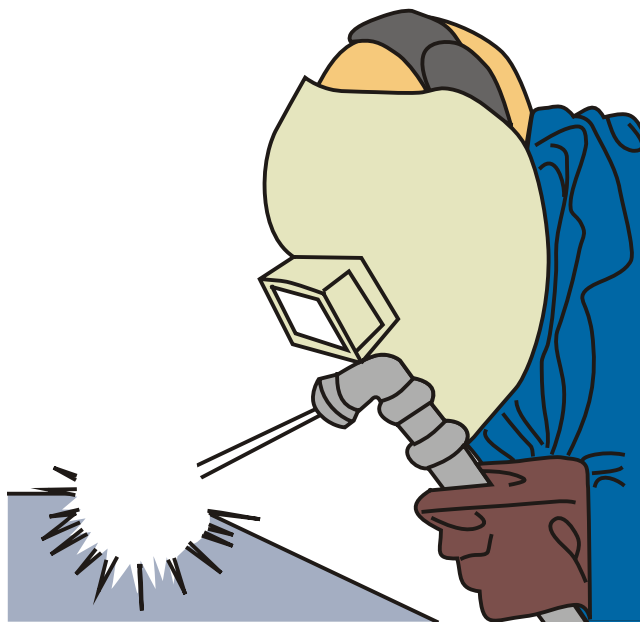
Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, ESAB, Kempfi AB, Elga AB, Aga gas AB, Air Liquide AB.

E1.2.4 Heilsa og öryggi (M1.2.4)

Vinnuáðstæður

Suðustarfið er lögverndað og getur oft á tíðum verið krefjandi. Suðumaðurinn þarf að vera vel á sig komin líkamlega, hann verður að búa yfir verklegri færni og hafa fræðilega kunnáttu á því sem tengist starfinu. Vinnuáðstæður suðumannsins geta verið erfiðar á margan hátt. Það geta verið óþægilegar vinnustillingar, geislun, hávaði eða hættuleg efni. Suðumaðurinn getur verndað sjálfan sig með réttum hlífðarbúnaði, en það er líka mikilvægt að hlífa vinnufélögunum við geisluninni frá ljósboganum.

Hætturnar við MIG/MAG-suðu eru að mestu hinar sömu og við pinnasuðu. Ýmsar kannanir hafa verið gerðar á suðusviðinu, sem hafa leitt til mikilvægra upplýsinga um hætturnar af efnavöru. Hættumörk hafa verið sett fyrir mörg efni.



Suða er krefjandi starf.

Vinnustillingar og að lyfta þungu

Suðumenn verða oft að vinna í óþægilegum stellingum sem taka á líkamlega. Orsakirnar geta verið suða sem erfitt er að komast að, suða uppundir, þrengsli o.s.frv. Annar þáttur getur verið búnaðurinn: suðukaplar, suðubarkar, slípivélar o.fl. Suðumaðurinn þarf líka oft að lyfta þungum hlutum, og jafnvel snúa sér og skekkja sig á meðan.

En þannig þarf þetta ekki að vera. Með þeirri tækni og þeim hjálpartækjum sem til eru í dag er strit við suðuvinnu nánast úr sögunni. Hvað varðar sjálfa vinnustellinguna er hægt að bæta hana með því til dæmis að:

- Alltaf að leita stuðnings fyrir líkamann
- Aldrei sjóða með beinum handlegg
- Skapa sér stuðning fyrir hnakka og bak við uppundirsuðu
- Sjóða með beint bak, þegar hægt er
- Halda handleggjum eins nærri líkamanum og mögulegt er.
- Forðast suðu yfir axlarhæð
- Skifta um vinnustillingu reglulega
- Hafa rétt grip á suðutönginni

Hjálpartæki

Nokkur hjálpartæki sem auðvelda suðuvinnuna:

- Með lyftiblokk er hægt að minnka þunga slípivéla, suðukapla o.fl.
- Stillanleg suðuborð og stólar skapa betri vinnuáðstæður
- Snúningsborð snýr vinnustykkinu meðan á suðu stendur
- Keflabúkkar auðvelda suðuna og skapa betri vinnuáðstöðu við suðu á sívölum hlutum

Augnskaðar

Geislun

Suðumaðurinn verður oft fyrir geislun, sérstaklega við TIG, MIG og plasmasuðu, þar sem mest er unnið með speglandi efni, en speglunin eykur á geislunina.

- *Útfjólublá geislun.* UV-geislun er algengust við suðuvinnu. Ef horft er í suðugeislann með óvörðum augum er nokkuð víst að áhorfandinn verði fyrir s.k. suðublindu. Vörnin gegn suðugeislun er fólgin í því að nota suðuhjálmm með dökku gleri og að hylja bera húð.
- *Innrauð geislun.* IR-geislun, sem myndast við gassuðu, logskurð, lóðningu og við stórar deiglu, getur til lengri tíma framkallað breytingar í augum sem ekki er hlíft. Það er haldið að geislunin geti valdið gláku.

Suðuskermur eða suðuhjálmur verndar gegn geisluninni, þar sem hið dökka suðugler þeirra hleypir ekki í gegn UV- eða IR-geislum, heldur aðeins sýnilegu ljósi.

Þéttleiki suðuglersins fyrir MMA-, TIG- og MIG/MAG-suðu er milli 9 og 12 DIN.

Fyrir gassuðu er þéttleikinn 5 DIN og fyrir logskurð 3-4 DIN.

Raflost

Við rafsuðu getur rafstraumurinn valdið hættu, og þá sérstaklega *riðstraumurinn*.

Suðuvélar geta haft allt upp í 120 volta kveikispennu fyrir jafnstraum og 80 volt fyrir riðstraum. Varað er við því að snerta suðupinna og vinnustykki samtímis.

Spennan (80-120 volt) er ekki lífshættuleg, en getur við óheppileg skilyrði gefið öflugt „rafstuð“.

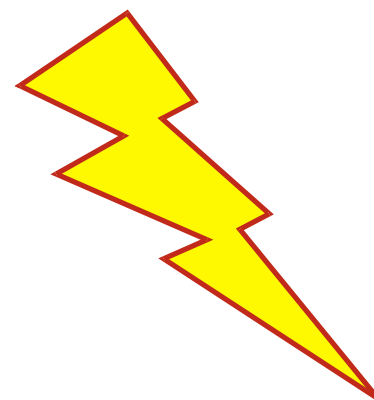
Hættan af rafmagni

Rafmagnsvinna skal aðeins framkvæmast af viðurkenndum fagmanni. Þetta eru grunnreglurnar:

- Kaplar og tengisnúrur skulu vera í góðu lagi og jarðtengdar.
- Við vinnu í tönkum og þróm eða við aðrar þröngar aðstæður þar sem veggir eða hliðar eru rafleiðandi skal viðhafa sérstaka aðgát.
- Virðið aðvörunarskilti.



Gætið að augunum. Notið ætíð augnhlífar, hvort sem um er að ræða suðu, skurð, slípun eða gjallhreinsun.



Rafstraumur getur verið hættulegur, jafnvel í litlum mæli.

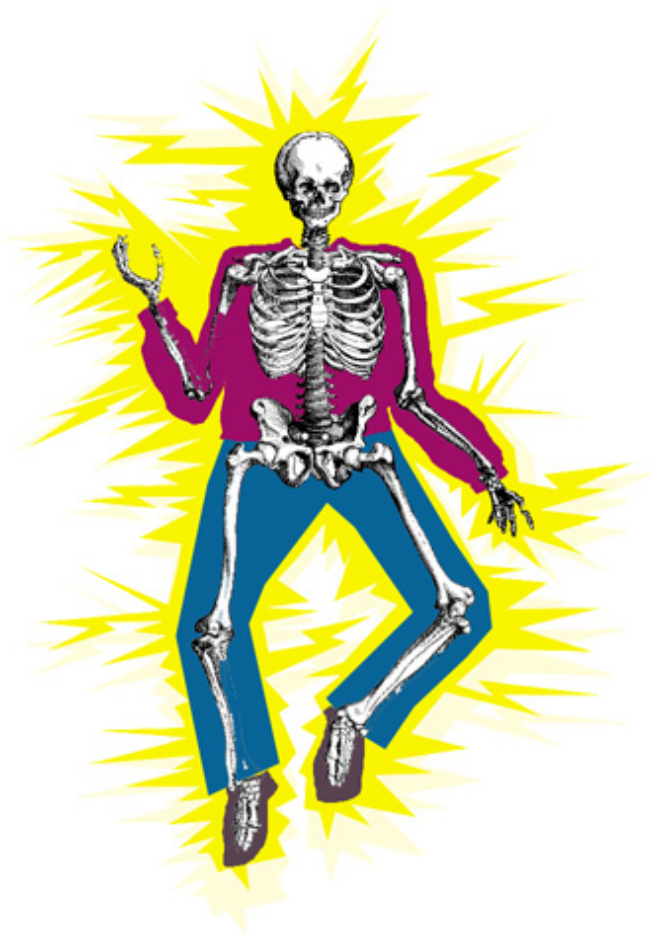
Viðnám líkamans

Sýndarviðnám mannslíkamans sem hlutfall af rafspennunni

Sýndarviðnám húðarinnar ræðst af:

- snertispennunni
- tíðni snertispennunnar
- gerð straumsins (jafnstraumur eða riðstraumur)
- varanleika straumsins
- stærð snertiflatarins
- snertiþrýstingnum
- hitastigi snertiflatarins
- hreinleika og rakastigi húðarinnar
- aldri, kyni og þyngd viðkomandi

Því heilsutjóni sem rafstraumur veldur má skipta upp í tvo meginflokkka; bruna og hreyfitruflanir.



Brunar – brunaskaðar – brunavörn

Það er því miður alvanalegt að suðumenn hljóti brunasár í starfi. Það geta verið allt frá smásárum frá heitu gjalli og neistum til lífshættulegra bruna.

Sá hiti sem suðan veldur er mjög hár, þótt svæðisbundinn sé, og það er auðvelt að verða fyrir bruna. Mest er slyshættan þegar unnið er með logsuðu eða logskurð. Acetylen hefur lágan kveikihita og tiltölulega lág sjálfkveikimörk. Lekur búnaður þar sem acetylen er notað getur valdið alvarlegri hættu.

Oxygen, þ.e. súrefni, brennur ekki, en eykur brunahraðann verulega. Að jafnaði er ca. 21% súrefni í andrúmsloftinu í kringum okkur en ef *súrefnisinnihaldið hækkar um 3-4% tvöfaldast brunahraðinn!*

Hækki súrefnisinnihaldið upp í 36% áttfaldast brunahraðinn!

Heill og vel viðhaldinn gasbúnaður er því nauðsynlegur, sérstaklega þar sem þröngt er.



Súrefni getur fengið nær allt til að brenna. Blásið því aldrei óhreinindi af vinnufötunum með súrefni.

Heit vinna

Suða veldur árlega mörgum eldsvoðum, sem jafvel enda með sprengingu. Skemmdir verða fyrir milljónir króna. Oft hefði verið hægt að koma í veg fyrir þessa eldsvoða.

Engin suðuvinna á vinnusvæðum s.s. við smíði skipa eða uppsetningu búnaðar í verksmiðjum o.s.fv. ætti að framkvæmast af öðrum en þeim sem hlotið hafa menntun í brunavörnum við þannig aðstæður. Í dag er það skilyrði í Skandinavíu að sá sem sýður, vaktar eða er ábyrgur fyrir vinnu utan hins venjulega vinnustaðar, hafi hlotið menntun í brunavörnum þar sem „heit vinna“ er framkvæmd og geti sýnt skírteini því til staðfestingar.

Betri menntun og strangari öryggisreglur hefðu hindrað margan eldsvoðann. Allir þeir sem vinna við suðu eða logskurð verða að þekkja til hættunnar sem er fyrir hendi. Verkstæði ættu að hafa skriflegar öryggisreglur fyrir suðuvinnu og strangt eftirlit með því að þeim sé fylgt.

Margir eldsvoðar hafa orsakast af neistaflugi og heitu gjalli. Það verður ekki komist hjá því að heitt gjall myndist við rafsuðu. Því er það mikilvægt að fjarlægja allt eldfimt efni frá suðustaðnum.

Við logsuðu og skurð er ekki síður mikilvægt að fjarlægja brennanlegt efni. Skurðarneistar geta farið langt, og þangað sem síst er búist við. Þótt neistinn hafi dökknad í lit getur hann samt verið 400-500°C heitur og getur þar af leiðandi kveikt í t.d. tré, pappír, asfalti o.s.frv.

Hættur fyrir öndunarfærin

Við suðuvinnu skal hafa góða loftræstingu, suðureykurinn inniheldur mörg skaðleg efni. Við logsuðu myndast nítratgastegundir, köfnunarefnissambönd, sem eru líkamanum skaðleg. Gasloginn notar u.þ.b. 60% af súrefni andrúmsloftsins og því er mikilvægt að hafa nægilegt loftstreymi inn, þegar soðið er í þrengslum. Þar að auki myndast *ozon* sem hefur skaðleg áhrif á lungun.

Pinnasuða og suða með rörþræði eru þær suðuadferðir sem mestum reyk valda. Það er mikilvægt að reykurinn sé leiddur burt frá vinnusvæðinu. Í dag eru til ýmis hjálpartæki, eins og reykútsogskerfi, suðubarkar með útsogi, færanlegar reyksugur og loftræsting með innblæstri.



Sænskt skírteini fyrir aðila sem hlotið hefur menntun í brunavörnum við „heita vinnu“.

- ✓ Fjarlægja eða bleyta eldfimt efni áður en byrjað er að sjóða
- ✓ Ekki sjóða eða skera ef þú ert ekki öruggur með að búið sé að fjarlægja allt eldfimt efni
- ✓ Hafðu alltaf slökkvibúnað til taks
- ✓ Hafðu síma sem virkar, innan seilingar
- ✓ Lærðu utan að: Bjarga - Kalla á hjálp - Slökkva
- ✓ Neyðarnúmer 112

Atriði sem þarf að hafa í huga áður en suðuvinna hefst.

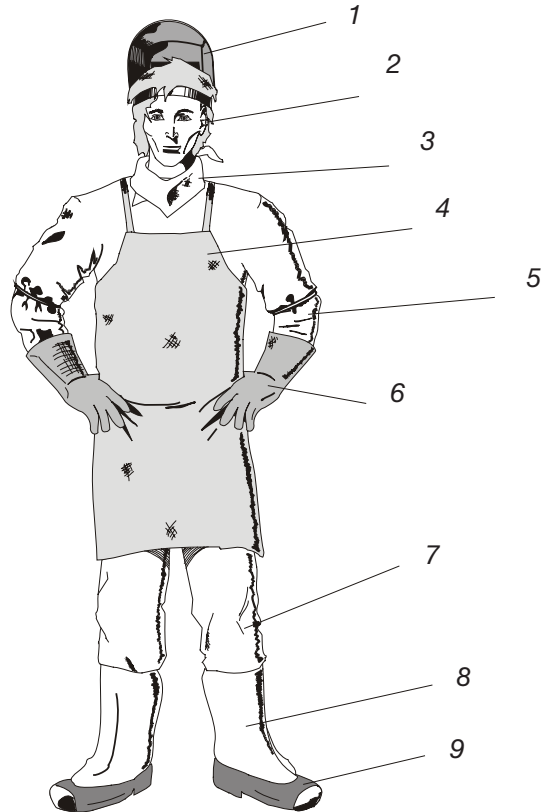


Suðuhjálmur með ferskloftsblásara.

Hlífðarbúnaður suðumannsins

Hlífðarfátnaður og aðrar persónuhlífar fyrir suðuvinnu skulu vera hentugar og hæfa þeirri vinnu sem er verið að fást við hverju sinni þannig að þær verndi menn gegn hita, neistaflugi, geislun og annarri hættu sem menn kunna að verða fyrir:

1. Suðuhjálmur
2. Heyrnarhlífar eða tappar
3. Hálsklútur
4. Hlífðarsvunta úr leðri
5. Ermahlífar
6. Háir suðuhanskar úr leðri (fyrir TIG-suðumenn eru til þunnir geitarskinshanskar)
7. Samfestingur úr eldtregu efni
8. Legghlífar
9. Öryggiskór með stáltá sem einangra frá rafmagni, hita og neistaflugi. eru þægilegir og fljótlegt að fara í og úr



Hlífðarfötin eiga að vera heil og þurr en ekki smituð olíu eða feiti. Sniðin þannig að hægt sé að þétta að hálsi og höndum.

Vernd gegn suðureyk

Engin suða án reykútsogs!!

Reykútsog og loftræstikerfi

Það ER hægt að skapa gott vinnuumhverfi.

Mikilvægast er að temja sér að *engin suða skal fara fram án reykútsogs!*

Hér eru nokkrar ábendingar um hvernig bæta má vinnuumhverfið:

- Hreinsið málningu, ryð, olíu o.þ.h. úr suðufúgunni áður en soðið er. Bæði suðan og umhverfið verða betri.
- Staðsetjið reykútsogið eins nærri suðunni og hægt er án þess að framkvæmd suðunnar truflist.
- Notið passandi pinna á réttum straumi til verkefnisins.
- Gætið þess að munnstykki reykútsogsins sé ekki stíflað.
- Ef færanleg reyksuga/sía er notuð skal þess gætt að loftið frá henni sé leitt burt. Athugið að slík sía hreinsar aðeins efnisagnir en ekki gas.
- Loftræsting skal ekki valda gegnumtrekk.



HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, ESAB, Kempfi AB, Elga AB, Aga gas AB, Air Liquide AB.

MMA
Áfangi E 2
E 2.1 verklegar æfingar
E 2.2 bóklegt nám



E 2.1 Kynning

Tími ca. 2 tímar

Áfangi EWF-E2 Kverksuða

Í þessum kafla eru æfðar kverksuður áfram, en núna kverkskeyti milli rörs og plötu. Æfingarnar er að finna í töflu E 2.1.

Í lok áfangans á að gera prófsuður samkvæmt töflu E 2.3. og þær á kennarinn/leiðbeinandinn að meta.

Verklegt og bóklegt próf með viðunandi árangri veitir EWF-skírteini sem viðurkenndur evrópskur MMA-kverksuðumaður.

Prófstykkid fyrir EWF-skírteinið er líka hægt að nota til suðuprófs samkvæmt ÍST-EN 287. Gildissvið prófsins veltur á efnisvali.

Að sjóða rör eða aðrar gerðir stangaefnis er örlítið erfðara en að sjóða saman plötur. Sérstaklega verður að hafa í huga að stöðugt þarf að gæta að því að halli suðupinnans sé réttur eftir því hvar í hringnum er verið að sjóða. Vinna þarf vel með olnboga og öxl.

Þegar soðið er með plötuna lóðrétt og rörið lárétt eru tvær aðferðir sem hægt er að nota við að sjóða efsta suðulagið. Bæði er hægt að pendla allan hringinn, sem er erfitt efst og neðst, eða sjóða strengi á milli kl. 5 og 7, og á milli kl. 11 og 1 og pendla restina af hringnum.

Þessum áfanga tilheyra einnig bóklegu kaflarnir:

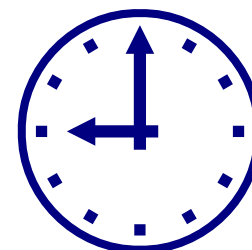
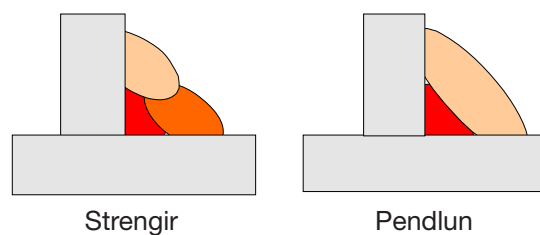
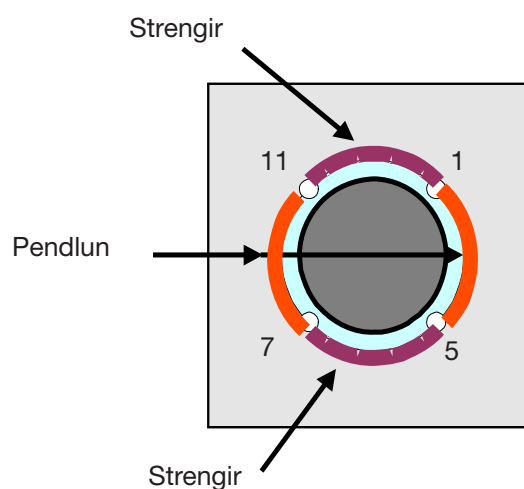
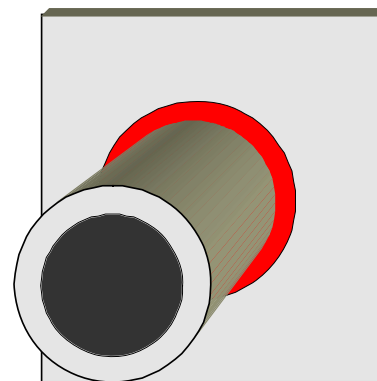
E2.2.1 Suðupinnar

E2.2.2 Framkvæmd suðunnar

E2.2.3 Aðferðir við að undirbúa stálplötur fyrir suðu

E2.2.4 Örugg vinna á verkstæðinu

Gert er ráð fyrir tveimur kennslustundum fyrir hvern bóklegan kafla.



Klukkan er notuð til að lýsa staðsetningu á röri.

Suðupinnar

Suðupinnar eru til af ýmsum gerðum og fyrir mörg mismunandi notkunarsvið. Pinnarnir eru gerðir úr kjarnavír með ápressaðri hulu sem hefur margvíslegu hlutverki að gegna.

Hula suðupinnans á meðal annars að:

- auðvelda jónun ljósbogans, þ.e. hún inniheldur efni sem gefa auðveldlega frá sér bæði rafeindir og jónir.
- mynda gas sem ver ljósbogann og suðupollinn frá skaðlegum áhrifum andrúmsloftsins.
- bæta afoxandi efnum í bráðina
- bæta íblöndunarefnum í bráðina
- mynda gjall sem hlífir bráðinni og hjálpar til við að forma suðuna
- auka afköstin

Til eru nokkrar mismunandi gerðir af hulum, en hulan skapar ólíka eiginleika hjá suðupinninum.

Rútlpinnar hafa hulu sem aðallega innihaldur títandíoxíð (rútl). Auðvelt er að sjóða með þeim og gjall-ið losnar vel af suðunni. Myndar sléttar og fallegar suður.

Basískir pinnar hafa fyrst og fremst kalkstein og fluxduft í hulunni. Það er nokkru erfiðara að kveikja á þeim og notkun þeirra gerir nokkuð meiri kröfur til suðumannsins. Þeir skila suðuefni sem hefur há flotmörk og gott höggþol.

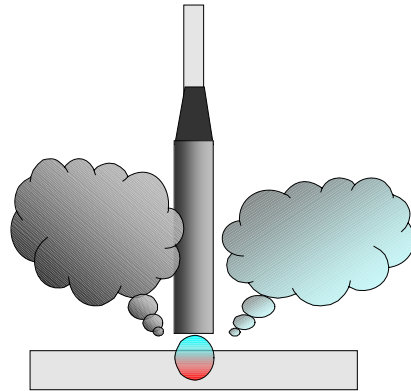
Sellulósa pinnar innihalda mikið magn af brennsluhæfum lífrænum efnum í hulunni. Þeir eru fyrst og fremst notaðir við fallandi suðu. Það er erfitt að sjóða með þeim, en þeir eru afkastamiklir og hafa góða innbræðslueiginleika. Þeir skila suðuefni með ásættanlegum styrk.

Súrir pinnar eru sjaldgæfir núorðið. Suða með þeim er býsna heit og dropaflæðið á sér stað með litlum dropum. Góðir í kverk- og yfirsuðu.

Háafkastapinnar skila meira suðuefni á tímaeiningu en aðrir suðupinnar. Háafkastapinni getur verið að mestu rútl eða basískur eða haft blandaða eiginleika. Þeir geta einnig haft zirkoníum í hulunni. Aðaleinkenni þeirra er þó þykk hula með miklu járndufti í.

Djúpsuðupinnar hafa, eins og nafnið gefur til kynna, góða innbræðslueiginleika. Suða með þeim er mjög heit og þá er bara hægt að sjóða í láréttri stöðu.

Sérhæfðir pinnar eru einnig til fyrir suðu í ryðfrítt stál, steypujárn, ál, eir/brons eða önnur efni. Líka eru til pinnar fyrir harðsuðu, skurð ofl.



Djúpsuðupinnar sjóða heitt og mynda mikinn suðureyk.

Framkvæmd suðunnar

Suðustillibreytur við MMA-suðu er hægt að flokka á eftirfarandi hátt:

Háðar búnaði:

Straumur = A (Amper - I), spenna = V (Volt - U),
þvermál suðupinna (mm)

Háðar suðumanni:

Færsluhraði, ljósbogalengd, pinnahalli.

Að velja suðustrauð

Skilyrði fyrir góðum árangri við suðu er að straumurinn sé réttur.

Hver pinni hefur sitt straumsvið, t.d. á bilinu 85 - 105 A. Á þessu straumsviði skilar pinninn bestum árangri við suðu. Straumsvið hvers pinna er að finna á umbúðum hans.

Suðupinnar sem á að sjóða á jafnstraumi, hafa pólunina merktá (á umbúðunum), (+) eða (-). Það segir til um hvort suðukapallinn á að tengjast við plús- eða mínuspól suðuvélarinnar.

Straumval fer eftir grunnefni, efnisþykkt, lögum suðuskeytanna og suðustöðu.

Annað sem hefur áhrif á suðuna er t.d. færsluhraðinn, pinnahallinn og lögun suðuskeytisins.

Suðuskeyti

Val suðuskeyta og gerð suðuraufa er hluti af suðuvinnunni. Skeytisgerðin getur verið stúf- eða kverksuðuskeyti. Til stúfsuðuskeyta teljast t.d. I-, V-, og U-raufar. Til kverkskeyta teljast skaraðar- T- og hornskeyti.

Aðferðir við að undirbúa stálp-lötur fyrir suðu

Gerð suðuraufa

Suðuraufar er hægt að gera með skurði eða með vélavinnslu.

Skurður getur verið með gasi, plasma, vatni eða leysigeisla. Logskurður er algengastur þegar unnið er með óblandað- og lágblandað stál, en hinar aðferðirnar er að auki hægt að nota á flesta suðuhæfa málma.

Vélavinnsla getur verið slípun, rennsli, fræsing eða notkun sérstakra fösunarvéla (nibblera).

Eftir allan skurð verður að hreinsa raufina með slípun eða burstun. Það er til að losna við skurðar-gjall og önnur óhreinindi.

Örugg vinna á verkstæðinu

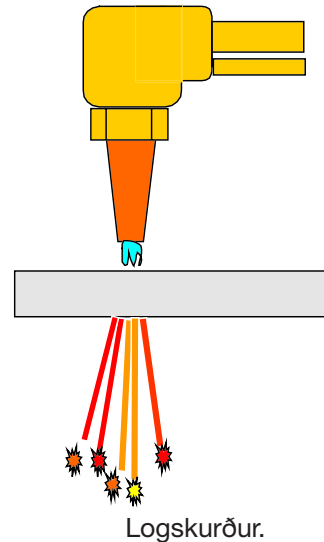
Umhverfisáhrif suðu eru margvísleg. Hinn há hiti sem myndast getur valdið bæði bruna- og geislasköðum. Það er því mikilvægt fyrir suðumanninn að verjast slíkum hættum.

Það er best gert með því að nota ávallt viðeigandi hlífðarfatnað og góðan suðuhjál.

Ryk og gas í suðureyknum getur líka verið heilsuspillandi, og því verður að nota gott punktútsog við alla suðu. Loftræstingin þarf líka að hafa nægileg afköst til að hreinsa burt suðureykinn.

Við suðu með sérstaklega heilsuspillandi pinnum á að nota öndunarhlíf.

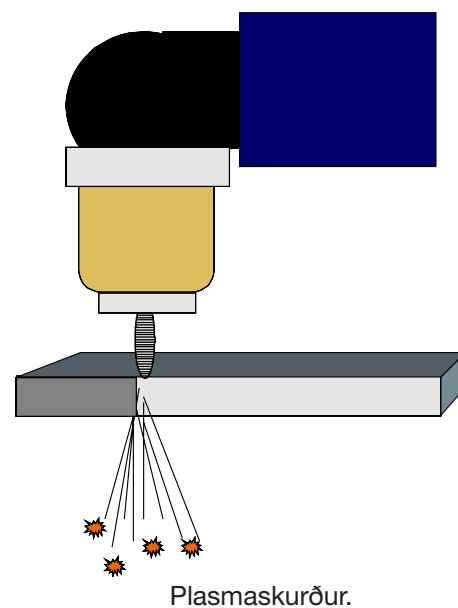
Mundu að það ert ekki bara þú sem ert í hættu við suðuna. Vinnufélagar þínir geta líka orðið fyrir áhrifum af því hvernig þú notar suðubúnaðinn. Þess vegna átt þú að skerma af vinnustaðinn svo að geislun frá



suðunni, neistar frá slípirokknum eða brennaranum eða suðureykur valdi ekki vinnufélögum þínum óþægindum eða hættu.

Eldhættan er hluti af allri umfjöllun um örugga vinnu á verkstæðum. Skilyrði fyrir suðu er jú hinn há hiti sem þarf til að bræða málma. Þessi há hiti hefur einnig eldhættu í för með sér. Þetta er mikilvægt að hafa í huga áður en hafist er handa við suðuverkefni.

Þekking á því hvernig bregðast skal við eldi er því nauðsynleg hverjum suðumanni.



Verkleg æfing 2

Tími ca. 16 tímar

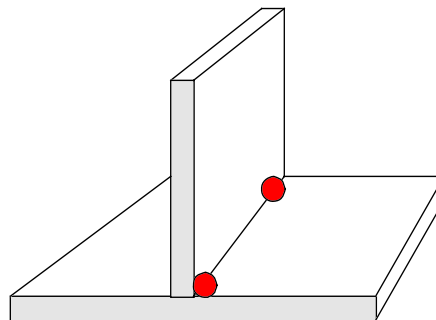
Kverksuða T-skeyti (WPS E2P-2-1)

Suða í stöðunni „uppundir“ er nokkuð líkamlega krefjandi. Sjálf suðan er ekki svo erfið, heldur lík-ams-stellingin. Sérstaklega er hætt við þreytu í hand-leggjum og öxlum. Nota skal WPS nr. E2P-2-1 við framkvæmd þessarar æfingar.

GRUNNEFNI:
Stálplata 10 x 200
x 300 mm

SUÐUEFNI:
E 42 3 B 32 H5

Staða: PD



Framkvæmið:

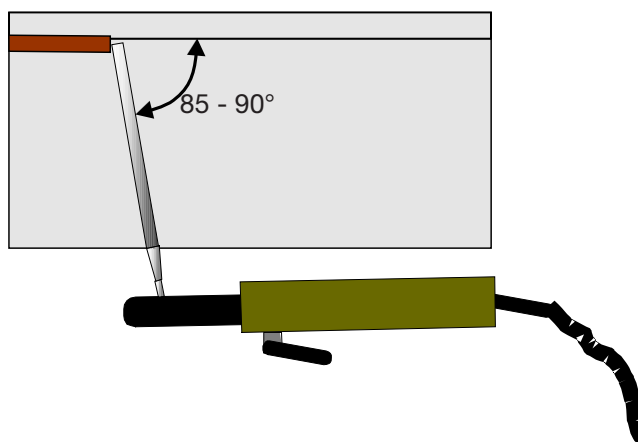
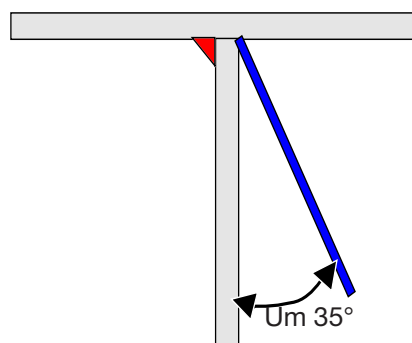
Punktið saman plötunna eins og myndin hér til hliðar sýnir.

Festið vinnslustykkið í „uppundir“ stöðu. Sjóðið frá vinstri til hægri (örvhentir sjóða frá hægri til vinstri).

Settu þig í góða vinnustöðu áður en þú byrjar að sjóða. Vandíð pinnahallann. Munið að í þessari stöðu er hallinn enn mikilvægari en í öðrum, svo að bráðin komist stystu leið í skeytið.

Hallinn í færsluátt á að vera sem minnstur.

Sjóðið beggja megin og metið árangurinn, bæði hvað varðar útlit, lögun og a-mál.

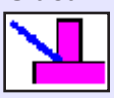


Verkleg æfing 3

Tími ca. 4 tímar

Kverksuða T-skeyti kringum rör (WPS E2P-3-1)

Í þessari æfingu er soðið rör á plötu. Hér er mikil-vægt að halda réttri stöðu pinnans þó svo að sjóða þurfi í hring. Nota skal WPS nr. E2P-3-1 við framkvæmd þessarar æfingar.

GRUNNEFNI: Stálplata 6 x 100 x 100 mm Rör Ø 76,0 x 3,0	SUÐUEFNI: E 42 3 B 32 H5	Staða: PB 
--	------------------------------------	---

Framkvæmið:

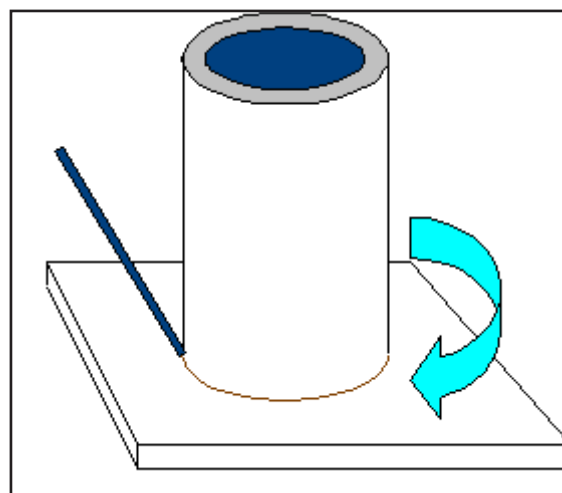
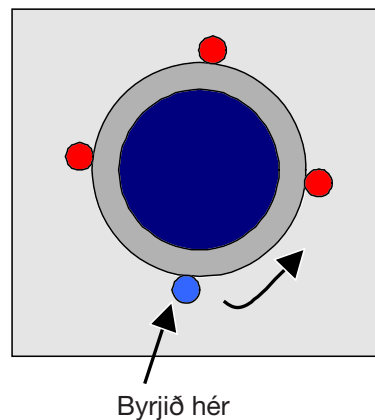
Punktið rörið við plötuna með 3 punktum. Hefjið suðuna þar sem fjórði punkturinn hefði lent.

Áður en byrjað er að sjóða, er ráðlegt að gera s.k. „dry run“, þ.e. að fara með pinnann hringinn í kring um rörið eins og verið sé að sjóða, en með slökkt á vélinni. Þetta er til að ganga úr skugga um að pláss sé til að fara allan hringinn.

Sjóðið nú og munið eftir pinnahallanum.

Reynið að sjóða hálfan hring áður en gert er hlé. Í lok æfingarinnar á að vera hægt að sjóða allan hringinn án hlés.

Metið árangurinn, bæði hvað varðar útlit, lögun og a-mál.



Verkleg æfing 4

Tími ca. 14 tímar

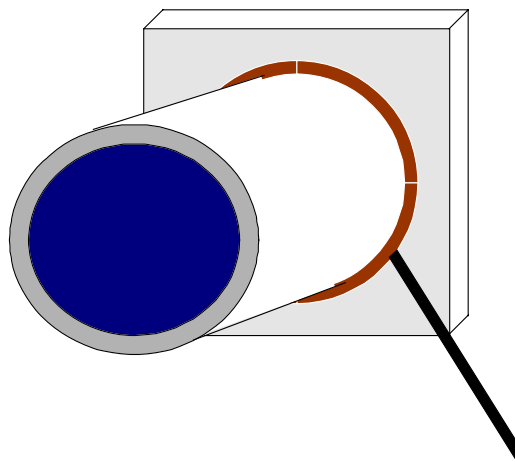
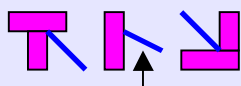
Kverksuða T-skeyti
(WPS E2P-4-1)

Þegar lárétt rör er soðið á lóðréttu plötu er það kallað PF-staða, þ.e. lóðrétt stígandi, en í raun er um sí-breytilega stöðu að ræða; neðst er það PD, á hliðunum PF og efst PB. Það er þessi breytileiki sem gerir æfinguna spennandi. Notað WPS nr. E2P-4-1 við framkvæmd þessarar æfingar.

GRUNNEFNI:
Stálplata 10 x 200 x 200 mm
Stálrör Ø 168,0 x 7,10

SUÐUEFNI:
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



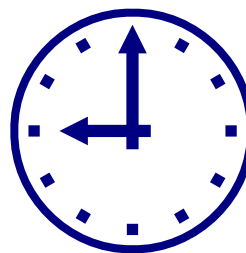
Framkvæmið:

Punktið saman vinnslustykkið eins og í síðustu æfingu og festið í rétta stöðu.

Byrjið að sjóða um kl. 7 og sjóðið upp til kl. 3, haldið síðan áfram til kl. 1. Klárið síðan gagnstæða hlið, þ.e. frá kl. 7 til kl. 1. Gætið að pinnahallanum og hafið stuttan ljósþega. Notið olnboga og öxl vel við suðu í þessari stöðu.

Sjóðið streng tvö án þess að pendla á milli kl. 7 og 5 (2 strengi). Pendlið milli kl. 5 og 1 og milli kl. 7 og 11.

Metið árangurinn, bæði hvað varðar útlit, löggun og a-mál.



Klukkan er notuð til að lýsa staðsetningum á röri.

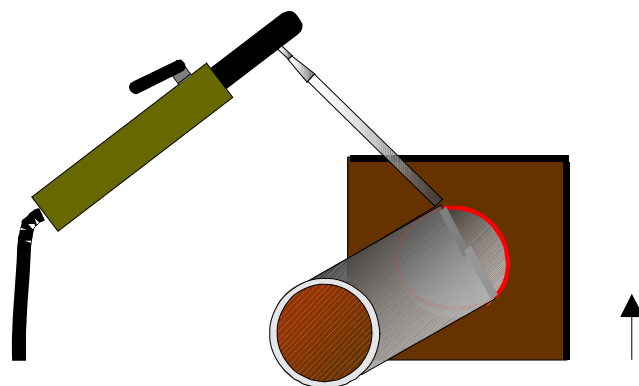
Verkleg æfing 5

Tími ca. 12 tímar

Kverksuða T-skeyti
(WPS E2P-5-1)

Æfing 5 er eins og æfing 4, nema að rörið er grennra. Nota skal WPS nr. E2P-5-1 við framkvæmd þessarar æfingar.

GRUNNEFNI: Stálplata 10 x 100 x 100 mm Stálrör Ø 50,0 x 3,60	
SUÐUEFNI: E 42 3 B 32 H5	Staða: PF



Framkvæmið:

Punktið og stillið upp eins og í síðustu æfingu. Hefjið suðuna um kl. 7 og sjóðið upp til kl. 3 og síðan áfram eins og í æfingunni hér á undan. Gætið að pinnahallanum og hafið ljósbogann stuttan.

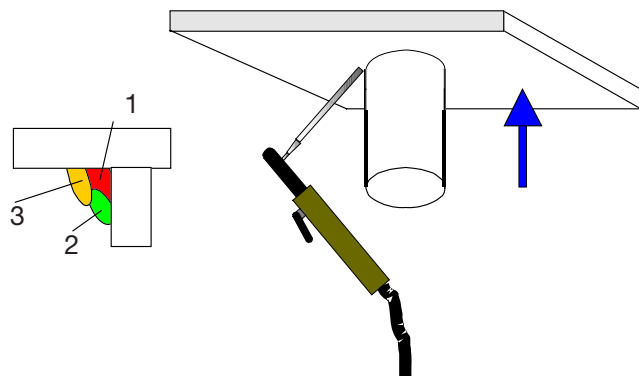
Verkleg æfing 6

Tími ca. 16 tímar

Kverksuða T-skeyti
(WPS E2P-6-1)

Í þessari æfingu er líka soðið rör á plötu, en í þetta skipti í stöðu PD (uppundir). Nota skal WPS nr. E2P-6-1 við framkvæmd þessarar æfingar.

GRUNNEFNI: Stálplata 10 x 100 x 100 mm Stálrör Ø 50,0 x 3,60	
SUÐUEFNI: E 42 3 B 32 H5	Staða: PD



Framkvæmið:

Sjóðið fyrst botnstreng með uppgefnu a-máli. Fyllið síðan í fúguna með tveimur strengjum til viðbótar, þann neðri fyrst. Munið að halla pinnanum rétt!! (strengur 1 35°, strengur 2 45°, strengur 3 25°)

Skoðið árangurinn.

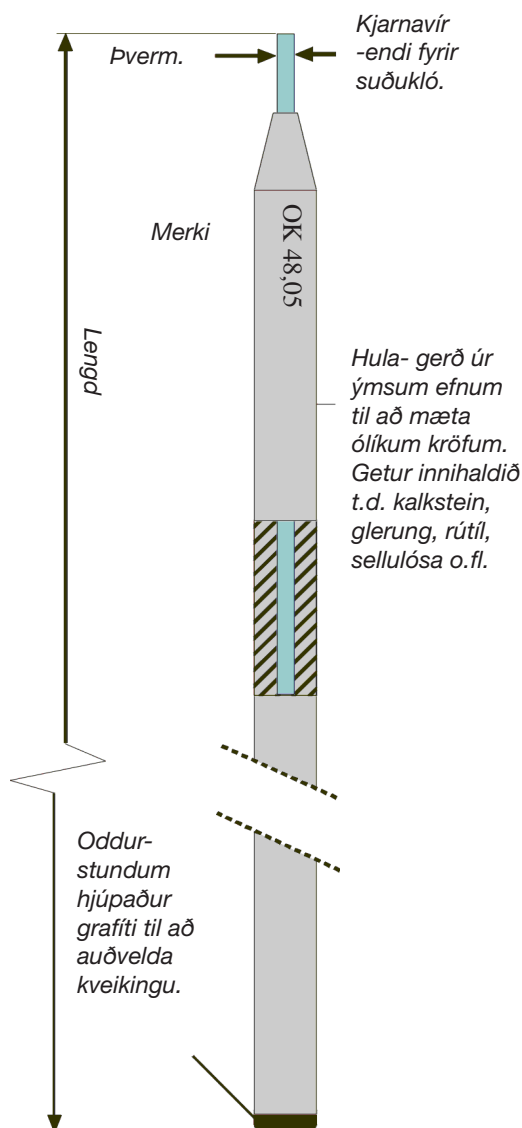
Nú er komið að prófi
E 2.3

Láttu kennarann vita!

E2.2.1 Rafsuðupinnar

Uppbygging suðupinnans

Suðupinninn samanstendur af kjarnavír með ápressaðri hulu, sem bráðnar niður jafnhliða kjarnavírnum vegna hitans frá ljósboganum.



Þar sem pinninn bráðnar niður við suðuna og vegna mikilvægis þess að halda lengd ljósbogans jafnri, þarf hann að færast að vinnustykkinu með jöfnum hraða. Suðupinnar fyrir MMA-suðu eru til í stærðunum Ø 1,6-7 mm. Suðupinnar sem ekki innihalda járnduft í kápunni skila 80-95% af þyngd bráðins

kjarnavírs sem málmi í suðuna. Aukist járnduftið í kápunni, eykst nýtingin. Þegar suðumálmurinn frá pinnanum fer yfir 130% af þyngd bráðins kjarnavírs, flokkast hann sem *háafkastapinni*

Hlutverk hulunnar

Hulan þjónar m.a. eftirfarandi hlutverkum:

- Hjálpar til við jónun ljósbogans, þ.e. að innihalda efni sem auðveldlega gefa frá sér bæði rafeindir og jónir.
- Myndar gas sem þrýstir burt loftinu og skaðlegum áhrifum þess frá ljósboganum og suðubaðinu.
- Færir afsýringarefni að suðunni.
- Færir íblöndunarefni að suðunni.
- Myndar gjall sem sem hlífir suðustrengnum og hjálpar til við að forma hann.
- Eykur á magn fyllingarefnis í suðunni.

Virgni og eiginleikar ólíkra kápugetða

Rútlpinnar

Rútlpinnar sem innihalda mikið af steinefninu rútl, TiO_2 , eru auðveldir í kveikingu og notkun. Þeir henta því vel til notkunar þar sem stöðugt þarf að kveikja og slökkva ljósbogann t.d. við punktun. Rútlpinnar eru ekki eins viðkvæmir fyrir raka og basískir pinnar, suðan fær slétt yfirborð og efnistap af dropafrussi er lítið. Hægt er að sjóða þá með bæði riðstraumi eða jafnstraumi, þeir henta mjög vel við suðu á þunnu efni og við kverksuðu þar sem yfir-gangurinn yfir í grunnefnið þarf að vera jafn.

Gæði suðuefnisins í rútlpinnum eru ekki þau sömu og í basískum pinnum og eru þeir mest notaðir í alla almenna suðuvinnu þar sem kröfur um styrk og höggþol eru ekki miklar. Rútlpinnar duga vel fyrir flest óblandað stál.

Rútl háafkastapinnar

Háafkastapinnar eru auðsoðnir, mynda gjall sem auðvelt er að hreinsa, fallegra strengi og henta sérstaklega vel til lárétrrar suðu og suðu á standandi kverksuðum.

Brotmörk suðuefnisins eru lítið eitt eða nokkru hærri en hjá óblönduðum basískum pinnum en togþol og höggþol eru lægri.

Sléttleiki suðustrengsins og jafn yfirgangur yfir í grunnefnið gera það að verkum að suðuskeyti soðin með rútílpinnum eru að minnsta kosti jöfn að gæðum óunninna suða, soðnum með basískum pinnum hvað varðar þreytuþol.

Basískir pinnar

Basískir pinnar með kalk í kápunni hafa lágan suðuhraða við lárétta suðu, en eru fljótari öðrum pinnum við suðu í stöðunni lóðrétt stígandi. Ástæða þessa er að basíska pinna er hægt að sjóða á hærri straumi en aðra við lóðréttu suðu.

Að jafnaði er ekki eins auðvelt að hreinsa gjall eftir basíska pinna eins og eftir rútíl- eða súra pinna. Basískt gjall hefur lægri bræðslumörk en gjall eftir rútíl- og súra pinna. Hættan á gjalli í suðu er því minni þegar basískir pinnar eru notaðir, jafnvel þótt ekki sé fullkomlega hreinsað á milli strengja við fjölstrengjasuðu.

Basískir pinnar hafa lágt vatnsefnisinnihald og oftast gott höggþol, jafnvel við lágt hitastig. Því herðanlegra sem stálið er sem á að sjóða, því nauðsynlegra er að nota basíska pinna með lágu rakainnihaldi í kápunni.

Framleiðendur rafsuðupinna nota tvær aðferðir til að halda niðri rakainnihaldi framleiðslunnar: annars-vegar með breyttri samsetningu kápunnar svo að hún dragi hægar til sín raka úr andrúmsloftinu (LMA-áhrif), sjá töfluna, hins vegar með því að pakka vörunni í lofttæmdar umbúðir með færri pinnum. Meiningin er að aðeins þeir pinnar sem á að nota hverju sinni skulu vera óvarðir fyrir raka andrúmsloftsins.

Lítið vatnsefnisinnihald í pinnanum og LMA-áhrif skapa lága rakadrægni og þar með lítið vatnsefnisinnihald í suðumálminum, jafnvel eftir lengri tíma í raka andrúmsloftsins.

Basískir pinnar bræða tiltölulega lítið af grunnefninu sem veldur því að óhreinindi úr grunnefninu safnast ekki saman í suðunni. Þetta hefur í för með sér að hættan á hörðunarsprungum er minni þegar soðið er með basískum pinnum en þegar aðrar gerðir eru notaðar.

Zirkon- og rútílbásískir pinnar

Þessar tvær pinnagerðir hafa þróast til að ná fram vissum eiginleikum:

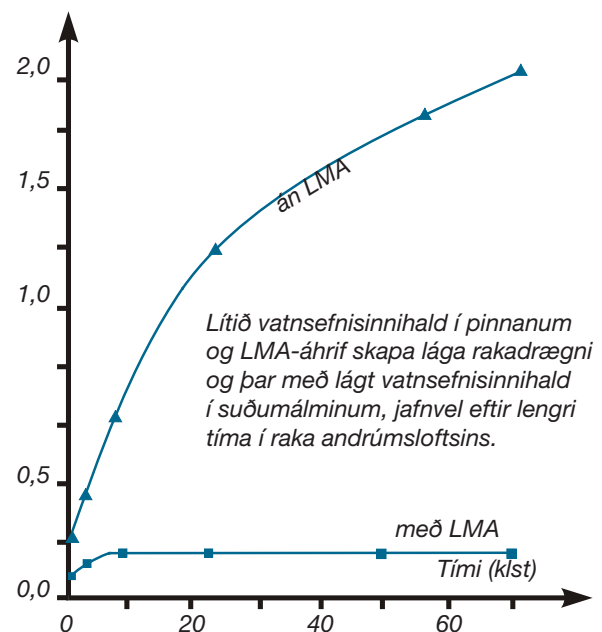
- Zirkonbasískir pinnar eru fljótsoðnir og fyrst og fremst notaðir í láréttri stöðu.
- Rútílbásískir pinnar sameina góða suðueiginleika rútílpinnanna með háum gæðum suðumálmsins hjá basískum pinnum.

Ryðfrír pinnar

Ryðfrír pinnar eru oftast framleiddir með ryðfríum kjarnavír en einnig er hægt að hafa kjarnavírin óblandaðan og öll íblöndunarefni í hulunni.

Hulan getur verið rútíl (algengast), basísk, rútíl-basísk eða zirkonbasísk. Ryðfrír pinnar eru til bæði sem venjulegir og sem háafkastapinnar. Sérstakir pinnar eru til fyrir suðu á ryðfríu stáli við óblandað eða lágblandað stál. Ryðfrír pinnar hafa að jafnaði afar lítið kolefnisinnihald.

Samanburður á milli pinna með og án LMA. (LMA = Low Moisture Absorption).



Aðrir pinnar

Fyrir utan pinna til suðu á óblönduðu, lágblönduðu og háblönduðu stáli, eru til fleiri gerðir pinna fyrir önnur efni:

- Steypujárnspinnar sem að mestu eru úr nikkel, nikkelhlutfallið er frá 60% til 100%.
- Álpinnar, til suðu í ál og álblöndur, bæði steipt og valsað efni.
- Koparpinnar, til suðu á breiðu úrvali af suðuhæfum koparblöndum.
- Slit- og harðsuðupinnar, þar sem gerðar eru kröfur um efni sem eiga að þola háan hita, tæringu, slit, högg og þrýsting.
- Djúpsuðupinnar, til suðu á ófösuðum stúfsuðuskeytum og til suðu á bakstrengjum án mikillar róthreinsunar.
- Pinnar til að fúga/skera í allt stál og aðra málma.
- Sellulósapinnar, fyrst og fremst til suðu lóðrétt fallandi á röralögnum (pipeline). Hár straumur samfara sverum pinnum og góðri innbrennslu gefa mikinn suðuhraða.

Jarðefni í kápunni	
Tilgangur	Efni
Auka magn suðumálms	Járnduft Járnkísill Járnmangan Járnblöndur
Gjallefni	Rútíl Ilmenít Zirkontvíldi Zirkonsandur Kvarts Kísilsambönd Álkísilsambönd Flúorsambönd
Gasmyndandi efni	Kalksteinn Dolómít Sellulósi
Bindiefni	Alginat Kalinatkísill Natrónkísill CMC Klístur Sterkja Vatn

Virgni og eiginleikar

Hulan hefur mismunandi eiginleika, allt eftir samsetningu. Í töflunni hér á eftir sést munurinn á milli basískrar og súrrar hulu.

Áhrif kápugerðarinnar á suðumálm og suðueiginleika		
Eiginleiki Togþol	Basísk Gott	Súr (Rútíl) Gott
Höggþol (við lágan hita)	Mjög gott	Sæmilegt
Lenging	Mjög góð	Mjög góð
Sprunguhætta	Afar lítil	Afar lítil
Rakainnihald	0,20–0,40%	0,80–1,20%
Vatnsefni í g	< 10 ml/100 g suðumálmi	>25 ml/100 suðumálms
Löftbólhætta	Frekar mikil	Lítill
Stöðusuða	Mjög góð	Sæmileg
Útlit strengja	Sæmilegt	Mjög gott
Endurkveiking	Sæmileg	Mjög góð

Flokkun rafsuðupinna

Húðaðir rafsuðupinnar fyrir ljósbogasúðu eru m.a. flokkaðir samkvæmt Evrópustaðli EN og alþjóðlegum, ISO. Í Evrópu nota EU- og EFTA löndin sameiginlega Evrópustaðla EN, fyrir suðu, efni, prófun, eftirlit o.s.frv. Á komandi árum munum við vinna með íslenskar, evrópskar og alþjóðlegar viðmiðanir og staðla.

Nokkrir **ÍST EN staðlar** sem suðumenn eiga að hafa innsýn í eru:

ÍST EN 499 um flokkun og merkingu rafsuðuvíra

ÍST EN 26 947 um suðustöður

ÍST EN 287-1 um hæfnispróf suðumanna

ÍST EN ISO 5817 um flokkun suðugalla

ÍST EN ISO 2553 um teiknitákn fyrir suðu

ÍST EN 729 um gæðakröfur

ÍST EN 1011-1 um framkvæmd rafsuðu

ÍST EN ISO 15609-1 um suðuferilslýsingar

Geymsla

Suðupinnar eiga að geymast á þurrum stað til að forðast rakaskemmdir. Fyrir basíska pinna á hitinn ekki að vera lægri en $+15^{\circ}\text{C}$ og rakastigið ekki hærra en 40%. Á vinnustöðum þar sem rakastigið er hátt, skulu pinnarnir geymast í hitaboxum. Í sumum tilfellum ættu fyrirtækin að skrifa niður meðhöndlunarferli sitt á suðuefni. Myndin hér fyrir neðan sýnir það ferli sem best er að vinna eftir svo forða megi suðuefninu frá raka.

Suðupinnar láta á sjá við langa geymslu. Á gömlum pinnum myndast hvítir kristallar á yfirborði hulunnar. Hula háafkastapinna getur byrjað að ryðga eftir langa geymslu.

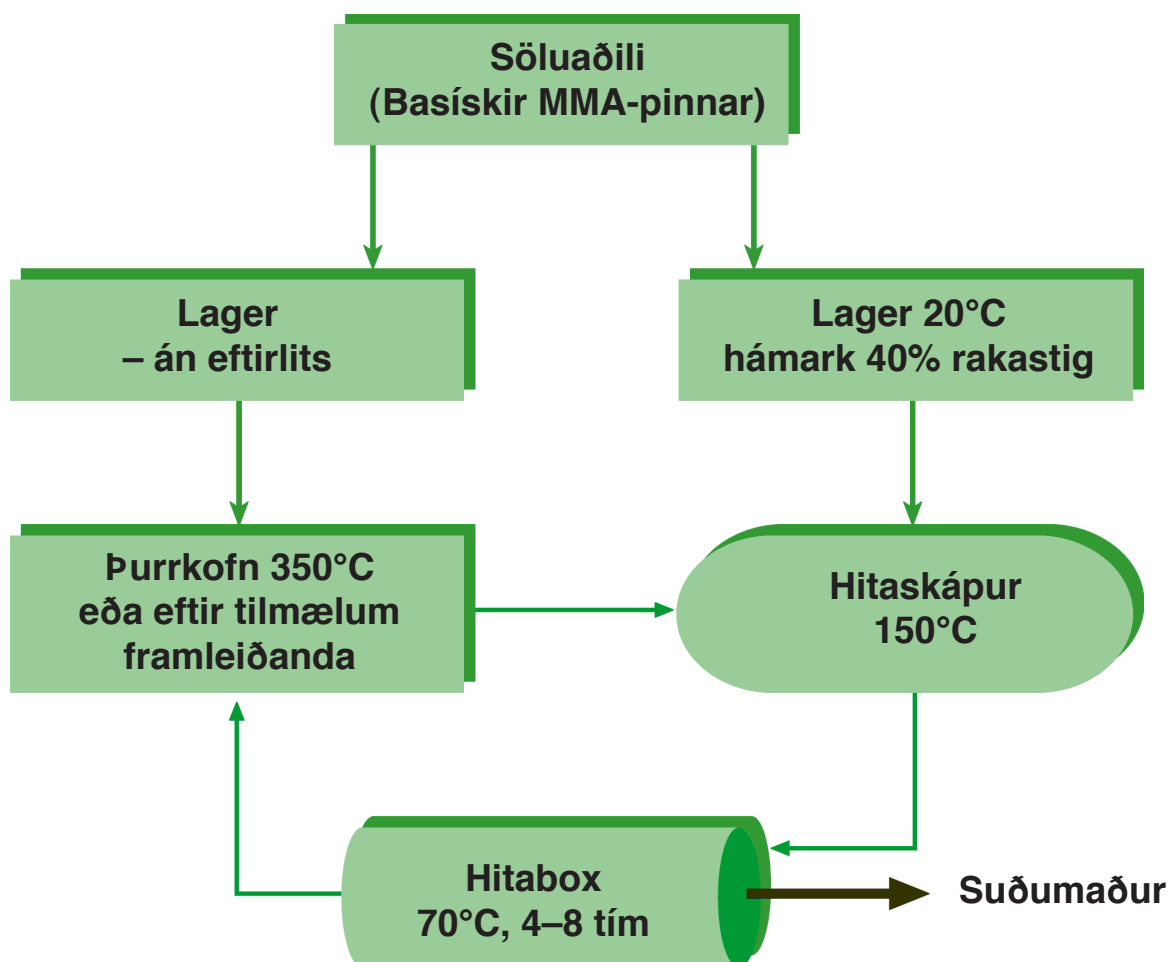
Hulan getur sprungið eða að hluta losnað frá kjarnavírnum ef óvarlega er farið með pinnapakkan. Það verður aldrei góð suða með slíkum pinna.

Pinum sem sýna merki öldrunar eða ytri skaða skal farga.

Þurrkun basískra pinna til að mæta miklum kröfum

Við framleiðslu á suðupinum er notað bindiefni og vatn til þess að deigið sem myndar kápuna verði hæfilega þykkt. Eftir að deigið er pressað á kjarnavírinn, er pinninn þurrkaður og eftir það verður að vernda hann fyrir vatni og raka andrúmsloftsins með því að geyma hann í þéttum umbúðum eða við háan hita.

Pinna sem orðið hafa rakir, þ.e. verið óvarðir í 4-8 tíma, verður að endurþurrka. Við 250°C endurþurrkunarhita í nokkrar klukkustundir minnkar vatnsefnisinnihaldið í suðunni niður í 10-15 ml/100 g suðumálms. Þetta dugir ekki til þess að komast hjá kaldsprungum. Ef hitinn er hækkaður í 350°C verður innihaldið 5-10 ml/100 g suðumálms, sem að jafnaði telst ásættanlegt. Með yfir 450°C hita er hægt að ná mjög lágu vatnsefnisinnihaldi.



Stöðlun

Við stöðlun á húðuðum rafsuðupinum eru pinnarnir að jafnaði flokkaðir eftir eiginleikum sem hér segir:

1. Togþoli suðumálmsins
2. Lengingu og höggþoli
3. Afköstum
4. Suðustöðu
5. Straumgerð, pólun og lægstu kveikispennu við suðu á riðstraumi.
6. Vatnsefnisinnihaldi í suðumálmi
7. Efnaíblöndun ryðfrírra pinna

Á þessu byggir bæði samevrópski staðallinn ÍST EN 499 og hinn alþjóðlegi ISO 2560.

Í dag eru húðaðir rafsuðupinnar staðlaðir í flestum iðnaðarlöndum, og reynt hefur verið að koma á

alþjóðastaðli (ISO 2560). Á Íslandi höfum við staðalinn ÍST EN 499 sem er nátengdur ISO-staðlinum.

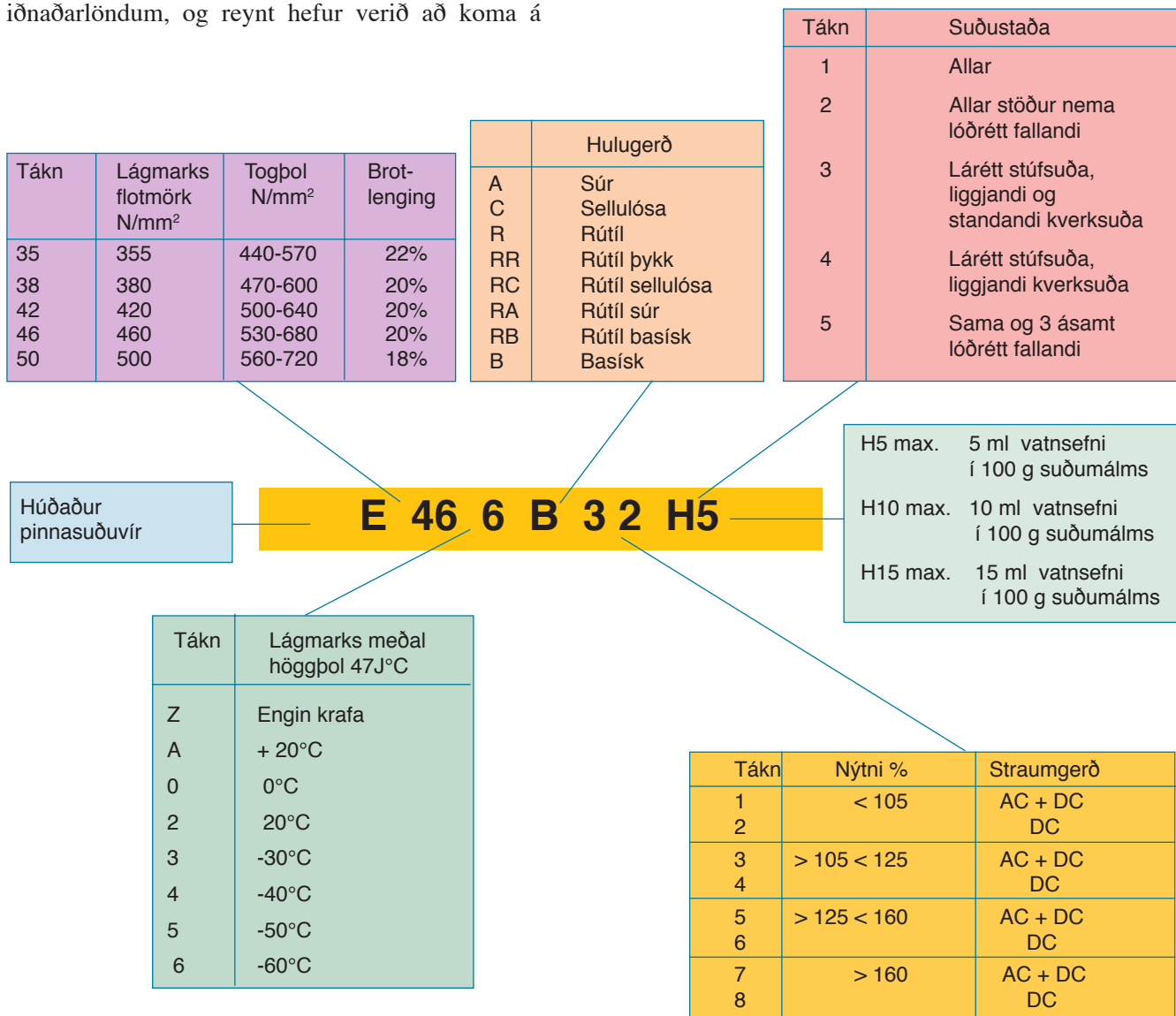
Kosturinn við stöðlun suðupinna er sá að hægt er að velja pinna án þess að þurfa að nota merkingar framleiðanda.

Aðrir þekktir staðlar eru sænski SS-06 01 01 og ameríska AWS.A5.1 og ASME SFA 5.1.

Samþykki

Bæði Force Institute í Danmörku og sænska Svetskommissionen gefa út lista yfir suðupinna sem eru samþykktir eftir stöðlum landanna og viðmiðunum stofnananna.

Fyrir viss verkefni getur þurft sérstök samþykki frá t.d. De Norske Veritas eða Lloyds Reg. of Shipping.



HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, ESAB, Kemppi AB, Elga AB, Aga gas AB, Air Liquide AB.

E2.2.2 Framkvæmd suðunnar

Suðustillibreytur:

Framkvæmdaþættir, pinnar, suðustöður og suða/fúga

Suðustillibreytur við pinnasuðu er hægt að flokka á eftirfarandi hátt:

Háðir búnaði:

- Straumur -Amper (A)
- Spenna -Volt (V)
- Þvermál pinna (mm)

Háðir suðumanni:

- Færsluhraði
- Halli á pinnanum
- Ljósbogalengd -þráðlengd

Að velja suðustraum

Skilyrði fyrir góðum árangri við suðu er að suðan sé framkvæmd með réttum straumi.

Upplýsingar um suðustraum er að finna á umbúðum pinnanna. Upplýsingarnar eru alltaf gefnar sem straumbil, t.d. 150-230 A, og innan þessa ramma skal sjóða pinnann. Að auki er uppgæfin straumgerðin, jafn- eða rið-, sem hentar pinnanum.

Ef pinninn er ætlaður fyrir jafnstraum er pólunin líka gefin upp. „+ pol“ eða „- pol“ skýrir hvorum pól straumgjafans pinninn skal tengjast.

Fyrir riðstraumspinna er jafnvel gefin upp lægsta kveikispenna sem straumgjafinn þarf að hafa.

Þessar upplýsingar er einnig að finna í vörulistum framleiðenda suðupinnanna.

Straumval innan uppgæfins straumbils

Hvaða straumur er hæfilegur innan hins uppgæfna bils er háð eftirfarandi þáttum:

- Efnisþykkt vinnustykkisins
- Gerð suðuskeytanna
- Suðustöðunni
- Íblöndun grunnmálmsins

P 48S

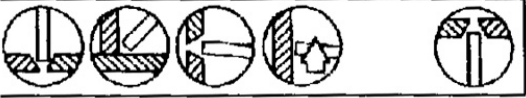
3,2x450 mm 6,0 kg

Part No	Pcs	Batch
71483220	118	81701

EN 499: E 42 3 B 42 H5
AWS A5.1: E 7018-H4R

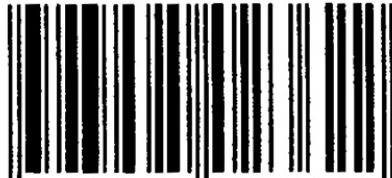
Approvals:

U ABS, BV, DNV, Force, GL, ISPEL,
DB KennblattNr: 10.042.01, LR,
MRS, RINA, SVK, TTK, TÜV, UDT



DC+	110-155 A
------------	------------------

~~~~~ 350-440 °C, 2h



7 393995 023622

FUME INFORMATION ACC. TO DANISH STANDARD  
**(DK) DANSK NORM**

RØGKLASSE= 2      Fe 12 Mn 4.5 F 17  
HGV= 3      mg/m<sup>3</sup>      Pb 0.05 Cu 0.2  
NHL= 6000      m<sup>3</sup>/h      Ni 0.1 Cr 0.02  
Røgem.= 20      g/h      Co 0.05 V 0.05  
Mineraliskt støv=66

S

N

SF

**R= 2**

MANUFACTURED AND CONTROLLED BY  
**ELGA AB**  
BOX 277, S-433 25 PARTILLE, SWEDEN

Dæmi um upplýsingar sem er að finna á umbúðum rafsúðupinna.

### Færsluhraði

Færsluhraði er það hve hratt suðumaðurinn færir pinnann eftir fúgunni. Það sem stjórnar hraðanum er fyrst og fremst straumurinn sem stillt er á.

### Pinnahalli

Sá halli sem vera skal á pinnanum við suðuna er breytilegur frá einu tilfelli til annars, allt eftir gerð suðuskeytis, suðustöðu og öðrum aðstæðum. Því verður hver suðumaður að læra hvaða halli á við í hverju tilfelli til að geta framkvæmt gallalausna suðu.

### Fúgugerðir og suðustöður

Það þarf að hugsa til þess þegar á hönnunarstigi að hanna hlutina þannig að sem flestar suður verði í auðveldum fúgugerðum og suðustöðum. Tiltölulega einfalt er að sjóða allar suðustöður og fúgugerðir með pinna, en helst skal velja lárétta suðustöðu þar sem slík suða er auðveldari og ódýrari en aðrar.

Fúgugerðin ræðst m.a. af aðgengi að suðunni og því hvernig tryggja skal fullnægjandi innbrenningu. Við formun og undirbúning fúgunnar þarf að taka tillit til suðustöðu, pinnagerðar, þvermáls pinna, suðustráms, efnisvals o.s.frv. Besta stjórnun á framkvæmdinni fæst með því að taka fram suðu-ferilslýsingu (WPS) og suðuáætlun fyrir allan hlut-inn sem sjóða skal (sjá bls. 4).

### Suðustöður

Suðu er hægt að framkvæma í ólíkum stöðum, sem ráðast af þeim aðstæðum sem eru fyrir hendi hverju sinni. Til að aðgreina suðustöðurnar hefur hver staða fengið sína merkingu og sitt nafn.

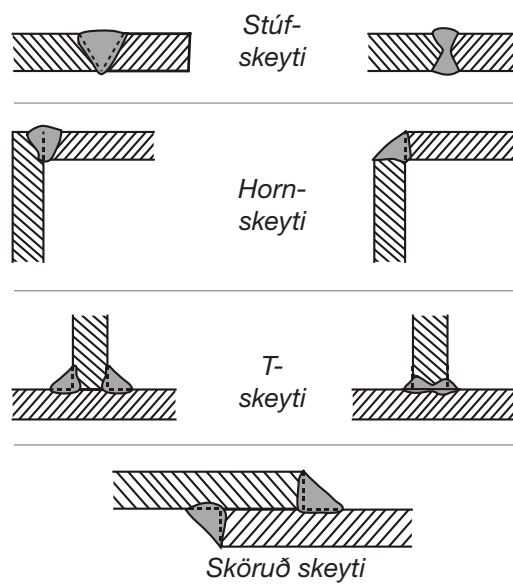
### Kverksuða

Þegar soðið er í kverk milli tveggja vinnslustykkja, kallast það kverksuða. Kverksuður geta verið horn-skeyti, T-skeyti eða sköruð skeyti.

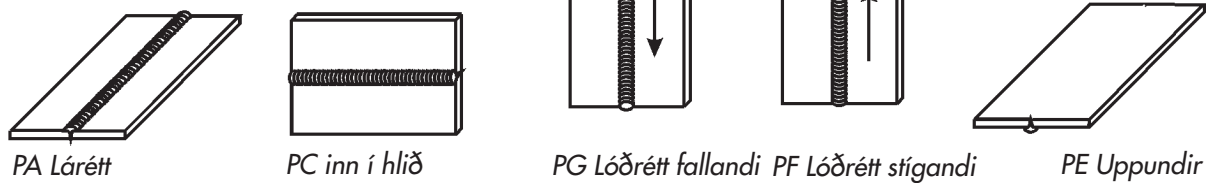
### Raufar

Suðurauf er sá hluti vinnslustykkis þar sem suðan lendir. Gerð skeytisins ræðst af innbyrðis horni hlutanna sem sjóða skal saman og því hvort fasað sé og þá hvernig.

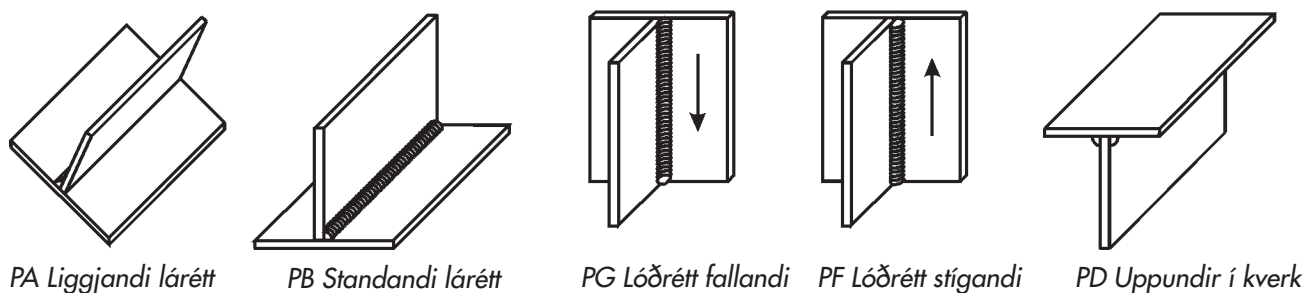
Til eru ólíkar gerðir suðuskeyta; t.d. I-skeyti, V-skeyti og kverkskeyti. Helstu gerðir suðuskeyta eru stúfskeyti, hornskeyti, kverkskeyti og sköruð skeyti.



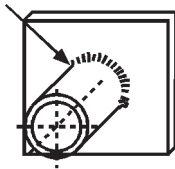
### STÚFSKEYTI



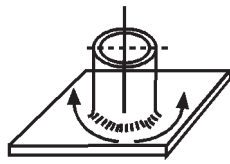
### KVERKSKEYTI



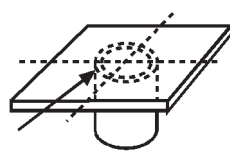
## Kverksuður – rör á plötu



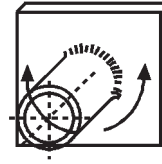
PB Lárétt snúanlegt rör.



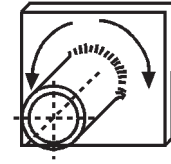
PB Lóðrétt fast rör.



PD Uppundir í kverk.



PF Lárétt fast rör, stígandi suða.

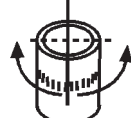


PG Lárétt fast rör, fallandi suða.

## Stúfsuða – rör



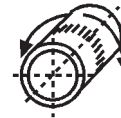
PA Lárétt snúanlegt rör.



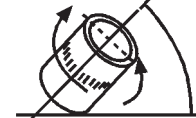
PC Lóðrétt fast rör.



PF Lárétt fast rör, stígandi suða.



PG Lárétt fast rör, fallandi suða.



HLO-45 fast rör sem hallar 45°, stígandi suða.

## Eftirlit með suðustillibreytum, hugtökin suðuferli og suðuferilslýsing

Í þessum kafla er gerð grein fyrir því hvenær, hvar og hvernig eftirlit með suðustillibreytum skal fara fram, ásamt því að gera tillögur um mælitæki. Suðubúnaðurinn verður alltaf að vera gildismældur ef hægt á að vera að fá nákvæmni í framleiðslu, t.d. þegar soðið er eftir WPS (suðuferilslýsingu). Suðustillibreytur sem hægt er að gildismæla eru þráðmötun, straumur (A), spenna (V), og gasflæði (lítrar/mín).

Gott fyrirbyggjandi viðhald á suðubúnaðinum er skilyrði fyrir því að gildismælingar skili stöðugleika í innstilltum gildum (Sjá einnig kaflann „Viðhald“).

### Gildismæling og kvörðun

Gildismæling = Staðfesta/votta rétta virkni (Mæld gildi.)

Kvörðun = Eftirlit með og ef þörf krefur stilling mælitækja.

Í dag er enginn staðall sem krefst kvörðunar suðu-véla, það dugir að sýna gildi vélarinnar með gildis-mælingu. Þetta verður nú nánar útskýrt.

### Kvörðun mælitækja

Kvörðun á að fara fram eftir leiðbeiningum framleiðanda.

Fyrirtæki sem er gæðastýrt eftir ISO 9000 (ÍST-EN 729) hafa oftast eigin vinnureglur um kvörðun mælitækja.

### Hvenær á að gildismæla?

Það á að gildismæla áður en soðið er eftir WPS (suðuferilslýsingu) og þegar byrjað er að nota nýjan eða yfirfarinn suðubúnað, sem og ef grunur leikur á að innstillt gildi stemmi ekki lengur.

Öll mælitæki sem notuð eru við gildismælingar skal geyma þannig að þau verði ekki fyrir skemmdum.

### Gildismæling við MMA (pinnasuðu)

Með tangarmæli er straumurinn (A) mældur og spennan (V) með voltmæli.

Fylgið leiðbeiningum framleiðanda við notkun tangarmælis. Á sumum straumgjöfum er hægt að rétta af straumstillinn, en ef slíkur möguleiki er ekki fyrir hendi verður að prufusjóða og skrá niður stilliskekkju vélarinnar.

Þetta ferli þarf að endurtaka við mismunandi straumstyrk til að finna jafnaðarstilliskekkju.



Mæling með tangarmæli.

**VARÚÐ!** Notið aldrei tangarmæli ef straumgjafinn hefur s.k. HF-kveikingu (hátíðnikveikingu, algengt á TIG–straumgjöfum).

### Suðuferilslýsing, WPS

WPS = Welding Procedure Specification, er suðu-leiðarvísir sem leiðbeinir um framkvæmd suðunnar, svo sem um suðuaðferð, fúgugerð, suðustillibreytur og hreinsun.

Í staðlinum ÍST-EN 288,1-8 er því lýst hvernig standa skal að gerð suðuferilslýsingu, sjá líka kafla E 7.2.1.

#### ÍST-EN 288-1

Almennar reglur um ljósbogasúðu sem lýsir bakgrunni staðalsins og gildissviði hans ásamt grundvallar skilgreiningum.

#### ÍST-EN ISO 15609-1

Hér er farið í gegnum það í smáatriðum hvað suðuferilslýsing, WPS, á að innihalda.

#### ÍST-EN ISO 15614-1

Suðuferilseftirlit fyrir ljósbogasúðu á stáli, þar sem gildissviðið er takmarkað við stál. Lýsir hvernig á að sannreyna WPS:

- Hvernig skal framkvæma ferlisprófunina
- Hvernig tog- og höggþolsprófun fer fram
- Hvernig prófsuðan og prófunin eiga að skjalfestast.
- Gildissvið hinnar viðurkenndu suðuferilslýsingar

### Kröfur og notkunar svið WPS

Suðugæði felast m.a. í því að framkvæma suðu á réttan hátt. Til að suðuvinna hæfi ákveðnu verki við ákveðnar aðstæður þarf hún að framkvæmast á ákveðinn hátt.

Gæðakröfur hafa aukist og þar með einnig þörfin á stýringu til að uppfylla þessar kröfur. Víða er byrjað að innleiða gæðatryggingar- eða gæðastýrikerfi til að tryggja ákveðin gæði.

Kostirnir við suðu eftir WPS eru m.a.:

- Gæðastýring/gæðatrygging
- Rétt gæði
- Lægra verð á suðuvinnu
- Suðumaðurinn velkist ekki í vafa
- Grunnur fyrir kostnaðaráætlanir
- Grunnur fyrir samningagerð
- Suðuskjöl
- Bætt samkeppnishæfni
- Markviss menntun

## SVETS DATABLAD (WPS)

Lernas ref nr: E21-B

Kontrollföretagets ref nr: Plate: Lernia AB

WPAP nummer: 1444-1

Tilverkanda företag: Lernia AB

Svetsarens namn: \_\_\_\_\_

Svetsmetod: MMA 111

Svetsstyp: FW/T

Fogberedning: \_\_\_\_\_

Framtügen av: Jvan Lund

Granskare eller provningsorganisation: STK Inter Test AB

Metod för hållning: \_\_\_\_\_

Antal hållnings svetslåd: 1 st, 5 mm, 9' m

Metod för fogberedning och rengöring: \_\_\_\_\_

Specifikation för grundmaterialet: A: Fe 360 B  
B: Fe 360 B

Materiálfjöklet (mm): A: 10.0-10.0 B: 10.0-10.0

Ytterdiameter (mm): A: \_\_\_\_\_ B: \_\_\_\_\_

Svetsläge: PD

Svetsklass: SSJISO 5817 B

Fogutformning

Svetsfölder

| Svetsdata |       |                   |       |        |     |           |              |                      |                                  |                      |
|-----------|-------|-------------------|-------|--------|-----|-----------|--------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| Sträng    | Metod | Tillsats-material | Klass | Ø (mm) | Pd  | Ström (A) | Spänning (V) | Trådmatning (mm/min) | Framföring/ strängfärdi (mm/min) | Sträckenergi (KJ/mm) |
| 1         | 111   | ESAB OK48.0       | E7018 | 3,2    | DC+ | 115 - 145 | 23,5 - 24,5  | -                    | 205 - 250                        | 0,9 - 1,2            |
| 2-3       | 111   | ESAB OK48.0       | E7018 | 3,2    | DC+ | 130 - 160 | 23,5 - 24,5  | -                    | 180 - 220                        | 0,9 - 1,4            |
| 4         | 111   | ESAB OK48.0       | E7018 | 3,2    | DC+ | 110 - 140 | 23,5 - 24,5  | -                    | 205 - 250                        | 0,9 - 1,2            |
| 5-6       | 111   | ESAB OK48.0       | E7018 | 3,2    | DC+ | 130 - 160 | 23,5 - 24,5  | -                    | 205 - 250                        | 1,0 - 1,4            |
|           |       |                   |       |        |     |           |              |                      |                                  |                      |

Särskild värmning eller torkning: \_\_\_\_\_

Skyddsgaspulver - toppsidan: \_\_\_\_\_

Rötsidan: \_\_\_\_\_

Gasflöde - toppsidan: \_\_\_\_\_

Rötsidan: \_\_\_\_\_

Gaslåpa dimension: \_\_\_\_\_

Wolfram-elektrod typ/storlek: \_\_\_\_\_

Rötmängling/Rötsida, detaljer: \_\_\_\_\_

Förhöjd arbetstemperatur: 20°C

Mellansträngstemperatur max: 250°C

Annar information: \_\_\_\_\_

T ex: pending (maximal strängbredd): \_\_\_\_\_

Oscillering: Amplitud, frekvens, hålltid: \_\_\_\_\_

Pulsavstärkning detaljer: \_\_\_\_\_

Munstycksavstånd: \_\_\_\_\_

Plasmaavstärkning, detaljer: \_\_\_\_\_

Brännarvinkel: 20-30 grader

Efterföljande värmebehandling och/eller störring: \_\_\_\_\_

Tid, temperatur, metod: \_\_\_\_\_

Uppvärmnings- och svalningshastighet: \_\_\_\_\_

\* om så erfordras

Tilverkare: \_\_\_\_\_

Granskare eller provningsorganisation: \_\_\_\_\_

Namn, datum och namnteckning: \_\_\_\_\_

Namn, datum och namnteckning: \_\_\_\_\_

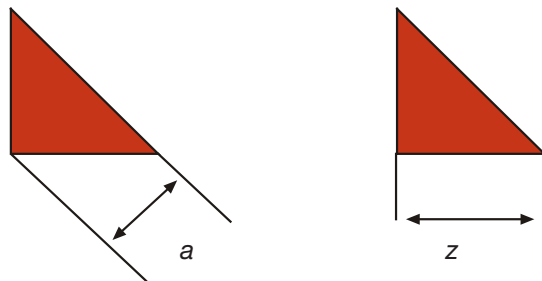
Kvalificerad enligt EN 287-1  
Norm EN 287-1

Dæmi um suðuferilslýsingu.

## Kverksuða: eiginleikar, stærðir og yfirborð

Með a-máli er átt við hæðina í þeim jafnarma þríhyrningi sem rúmast í þverskurði suðunnar.

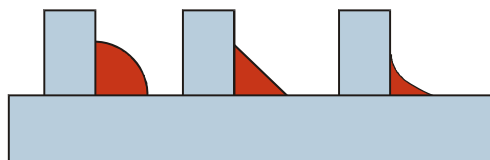
Með z-máli er átt við lengd skammhliðar í sama þríhyrningi.



Algengast er að gefa upp a-málið.

Hönnuðurinn ákveður hvaða a-mál suðan á að hafa og setur það í suðuskýringar á teikningu.

Algengast er að krafist sé jafnarma, sléttar kverksuðu.



Kúpt, slétt og íhvolf suða.

## Kúptar, sléttar eða íhvolfar kverksuður

Þar sem búast má við mjög breytilegu álagi er oft krafist íhvolfra suða. Þetta má fá fram með eftir-farandi aðferðum:

- Rétttri suðutækni
- TIG eftirmeðhöndlun
- Slípun

Jafnar, íhvolfar suður geta oft margfaldað líftíma þess sem byggt er, samanborið við kúptar suður.

## Kynning á suðugöllum

Viðurkennd suða á að vera algerlega gallalaus eða því sem næst. Hvenær hægt er að settast á ákveðin gæði suðu ræðst af kröfunum sem til hennar eru gerðar, í stöðlum og viðmiðunum, í lögum, í kröfum frá kaupanda o.s.fv.

Það eru líka til staðlar yfir suðugallana.

Víðast í Evrópu er ÍST-EN 5817 að ryðja sér til rúms sem sá staðall sem notaður er. Í þessum staðli er fjallað um þá galla sem geta komið upp og hvaða stærðarmörk eru ásættanleg í hverjum flokki.

Sumir suðugallar eru kallaðir *samhengisfrávik* og aðrir *formfrávik*. Almenn má segja að innri gallar tilheyri samhengisfrávikum og ytri gallar formfrávikum.

Alvarlegustu gallarnir eru allar gerðir af sprungum.

Sprungur eru aldrei ásættanlegar, sama hve einföld suðuvinnan er. Bindigallar, ófullkomin gegnumsuða og gjallleifar í suðu, sem og loftbólur geta verið ásættanlegar, svo fremi að ekki sé um alvarlega galla að ræða. Einstaka, dreifðar loftbólur er jafnvel hægt að fallast á þar sem kröfur eru mjög háar.

Af ytri göllum má nefna kantsár, en ef þau eru djúp og með hvössum brúnum flokkast þau sem alvarlegir gallar. Þau skapa sprunguhættu, þ.e.a.s. ef suðan verður fyrir miklu álagi er hætta á að hún rofni út frá kantsárinu. Andstæðan við kantsár eru mjög kúptar suður með skörpum hornum þar sem suðan mætir vinnsluefninu. Mjög kúptar suður hafa u.þ.b. sömu áhrif á álagsþol suðuskeytanna og kantsár.

Flesta suðugalla má rekja til suðumannsins, þ.e. þeir verða vegna kunnáttuleysis eða trassaskapar hans.

Hér teljast að sjálfsögðu með gallar eins og suðulús, kveikisár, gjallleifar o.s.fv. Slíkir gallar sýna aðeins hve kærulaus eða illa menntaður suðumaðurinn er, góður fagmaður myndi aldrei skilja eftir sig slíka minnisvarða.

HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, ESAB, Kempfi AB, Elga AB, Aga gas AB, Air Liquide AB.



# E2.2.3 Meðhöndlun og undirbúningur stálplatna fyrir suðu (M2.2.3, T2.2.3)

## Grunnreglur

### Hitaskurður

Hitaskurði er hægt að skipta í eftirfarandi flokka:

#### Brennsluskurð

- Logskurður
- Duftskurður

#### Bræðsluskurð

- Kolbogaskurður (fúgubrennari)
- Plasmaskurður
- Leisigeislaskurður

Við brennsluskurð verður málmurinn að geta brunnið í súrefni.

Við bræðsluskurð bráðnar efnið vegna ljósboga eða annars hitagjafa. Bráðið efni er fjarlæggt með gas- eða loftblæstri.

Gasskurður er brunaferli þar sem stálið brennur upp í súrefni með mikilli hitamyndun, þegar það hefur hitnað að brunamörkum.

Fyrst er byrjunarpunkturinn hitaður þar til brunamörkum er náð (ljósrautt). Síðan er súrefnisblæstri beint að punktinum. Þá byrjar brunaferlið og súrefnisblæstrinum er hægt að stýra eftir óskaðri skurðarlínu.

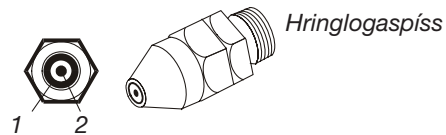
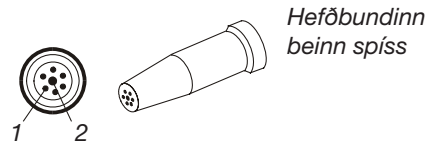
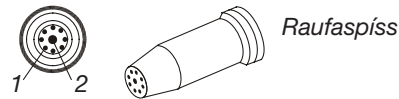
### Logskurður

Spíssinn í skurðarbrennarinum hefur eitt op í miðju fyrir súrefnisblásturinn og hringlaga op eða fleiri minni op fyrir gasblönduna.

Skilyrði til að hægt sé að logskera stál:

- Brunamörkin verða að vera við lægra hitastig en bræðslumörkin.
- Gjallið sem myndast við brunann verður að vera þunnfljótandi og hafa lægri bræðslumörk en stálið.

Skurður með gasskurðartækjum er af þessum ástæðum takmarkaður við kol-, lágblandað- og manganstál.



1 = Hitalogi 2 = Skurðarblástur

Ólíkar gerðir skurðarspíssa.

#### 1. Skurðarspíss

Til eru ólíkar gerðir af skurðarspíssum. Við val á stærð spíss (nr) fyrir ákveðna efnisþykkt er best að nota skurðartöflu framleiðandans en þar koma fram allar nauðsynlegar upplýsingar.

#### 2. Súrefnisþrýstingur

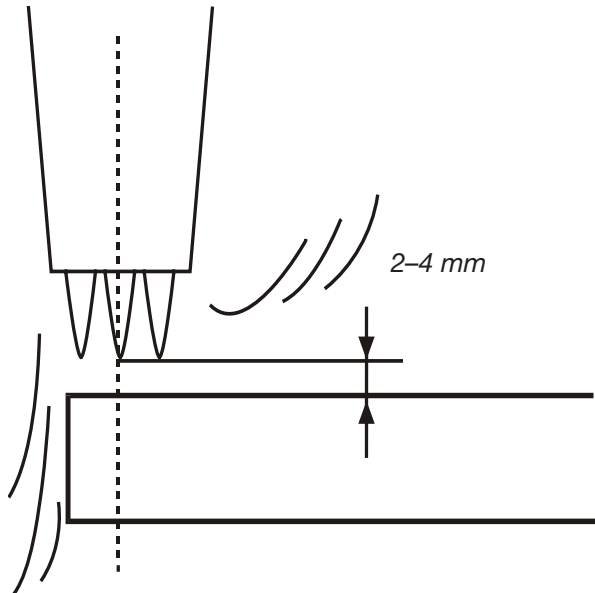
Skurðartaflan er gott hjálpartæki. Með hennar aðstoð er valinn skurðarspíss og súrefnisþrýstingur. Athugið að hver skurðartafla gildir aðeins fyrir eina gerð skurðarspíssa.

| X11      |         |              |            |
|----------|---------|--------------|------------|
| mm       |         | Acetylen bar | Oxygen bar |
| 1-3HA 1  | 0,1-0,8 | -1,6         |            |
| 3-6211 2 | 0,1-0,8 | 1,5-2,0      |            |
| 8-20     | 3       | 0,1-0,8      | 3,0-4,0    |
| 20-50    | 4       | 0,1-0,8      | 4,0-4,5    |
| 1,5-3    | JCN 00  | 0,1-0,8      | -2,0       |
| 3-10     | 0       | 0,1-0,8      | 2,0-4,0    |
| 10-30    | 1       | 0,1-0,8      | 2,0-5,5    |
| 30-50    | 2       | 0,1-0,8      | 4,0-7,0    |

í töflunni er að finna réttar stillingar.

#### 4. Fjarlægð: kjarnalogi-vinnustykki

Við rétta fjarlægð milli spíss og plötu eiga oddar kjarnaloganna að vera 2 - 4 mm frá plötunni.



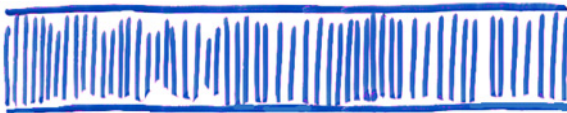
#### Skurðarhraði

Réttan skurðarhraði er líka hægt að finna í skurðar-töflu. Við handskurð er afar erfitt að dæma skurðarhraða í mm/mín. Það er praktískara að læra að heyra hvenær hraðinn er réttur.

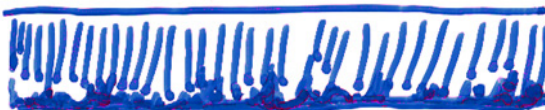
#### Hreinan spíss fyrir góðan skurð

Óhreinn eða skemmdur spíss er algengasta ástæðan fyrir lélegum skurði. Hreinsun má ekki skemma spíssinn. Notið hreinsinálar af réttri stærð.

#### Áhrif ýmissa þátta á skurðarsárið



- 1. Rétt framkvæmdur skurður í 25 mm plötu.** Kantarnir eru skarpir og sárið jafnt. Raufarnar eru beinar, lóðréttar eða lítið eitt hallandi (eftirdrag) og rétt merkjanlegar.



- 2. Of lítill hitalogi.** Skurðarhraðinn verður of lítill og grópar myndast í neðri hluta sársins.



- 3. Of stór hitalogi.** Efri kanturinn bráðnar. Við þann neðri festist mikið gjall.



- 4. Of lágur súrefnisprýstingur.** Skurðarhraðinn er of lítill, efri sárkanturinn hitnar of mikið og bráðnar.



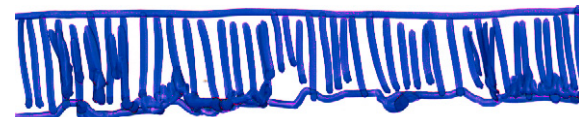
- 5. Of hár súrefnisprýstingur.** Efri kantur sársins brennur og sárið verður mjög ójafnt.



- 6. Of lítill skurðarhraði.** Gjallið festist í neðri hluta sársins og stórar raufar myndast í sárinu.



- 7. Of mikill skurðarhraði.** Greinilegar, ójafnar afturbeygðar skurðarraufar myndast. Alltof mikill hraði hindrar að hægt sé að skera í gegnum efnið.



- 8. Ójafn skurðarhraði.** Sárið verður öldótt og ójafnt.



- 9. Röng byrjun eftir stöðvun í skurðinum.** Djúpar grópir geta orðið eftir ranga byrjun í skurðinum, t.d. ef hitað er of mikið eða ef opnað er óvarlega fyrir súrefnið.

**10. Rétt framkvæmdur skurður.** Séð ofanfrá.

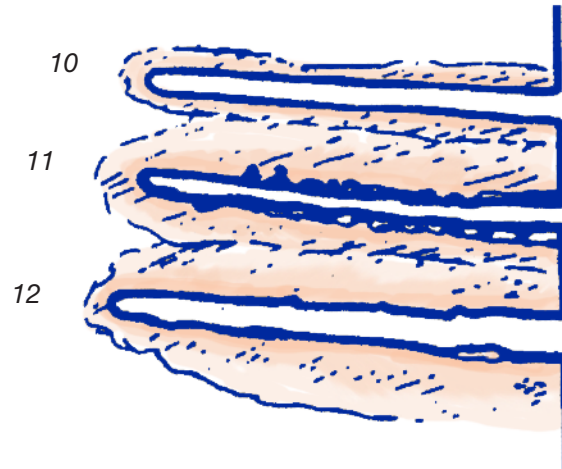
Berið saman við skurð 1 á fyrri síðu.

**11. Spíssinn of nærri vinnustykkinu eða of heitur**

**kjarnalogi.** Vegna hins mikla hita bráðnar efri kanturinn. Jafnframt eykst gjallmyndun og dýpt skurðarraufa. Berið saman við mynd 3 á fyrri síðu.

**12. Spíssinn of langt frá vinnustykkinu.**

Upphitada svæðið verður breiðara sem veldur því að sárið verður breitt ofantil og kanturinn bráðnar.

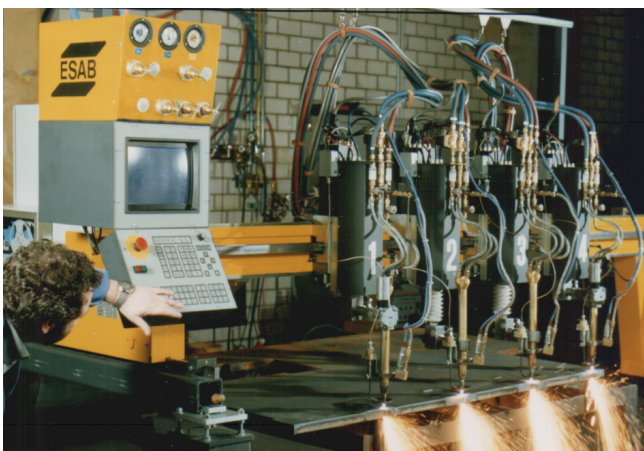


**Skurðarvélar**

Vélskurður er notaður í mörgum tilfellum. Til eru bæði fastar og færanlegar vélar. Kosturinn við vélskurð er að skurðarsárin verða jöfn og hægt er að sjóða án frekari yfirborðsmeðferðar.



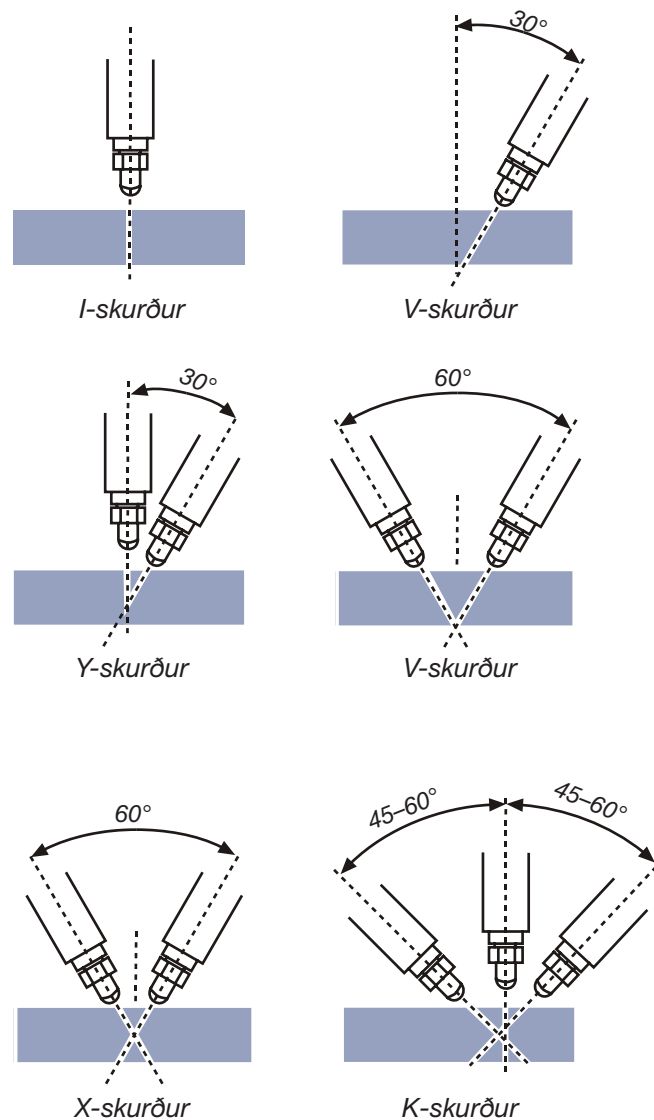
Færanleg, rafdrifin skurðarvél gerir jafna, beina skurði.



Föst tölvustýrð logskurðarvél.

**Að skera ólíkar raufar**

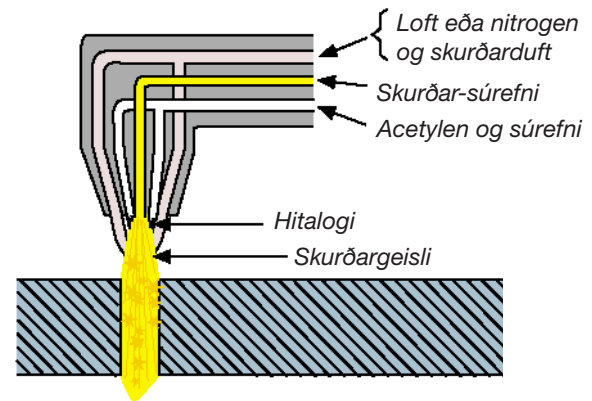
Raufarskurður með einu, tveimur eða þremur skurðar-tækjum.



## Duftskurður

Duftskurður vinnur að mestu eins og logskurður. Eini munurinn er sá að við duftskurð er skurðardufti bætt við í spíssinum.

Áður en soðið er í raufar sem gerðar eru með duftskurði verður sárið að slípast vandlega til að fjarlægja gjallhúðina sem myndast.

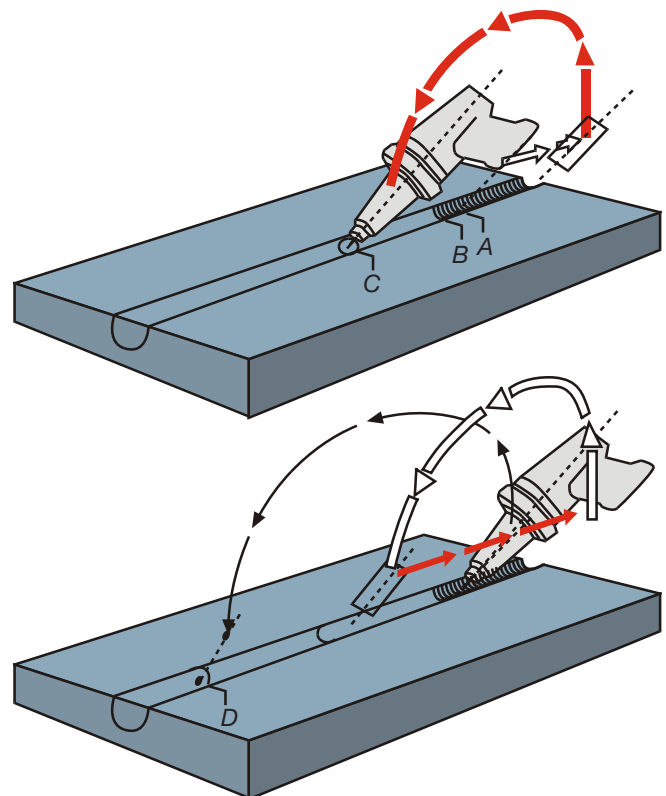


Grunnþættir duftskurðartækis.

## Fúguskurður með gasskurðarbúnaði

Gasfúgun er aðferð sem getur komið í stað kolbogafúgunar. Afköstin eru ekki þau sömu en aðferðina má samt nota við að fúga upp suður, við viðgerðir á gölluðum suðum, bakstrengsfúgun o.fl.

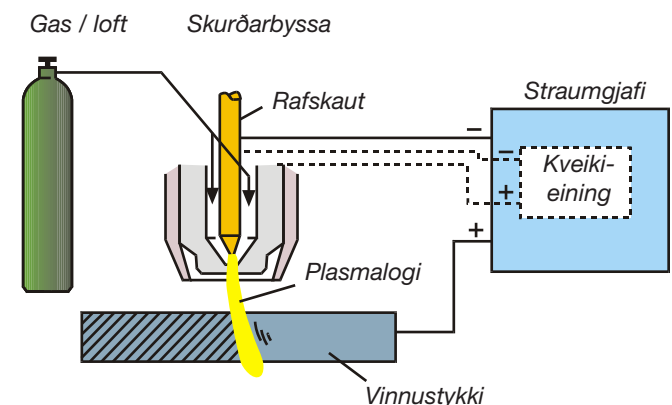
Gasfúgun er framkvæmanleg í sömu efni og logskurður. Lengri fúgur er best að gera í hæfilegum skrefum afturábak (sjá mynd).



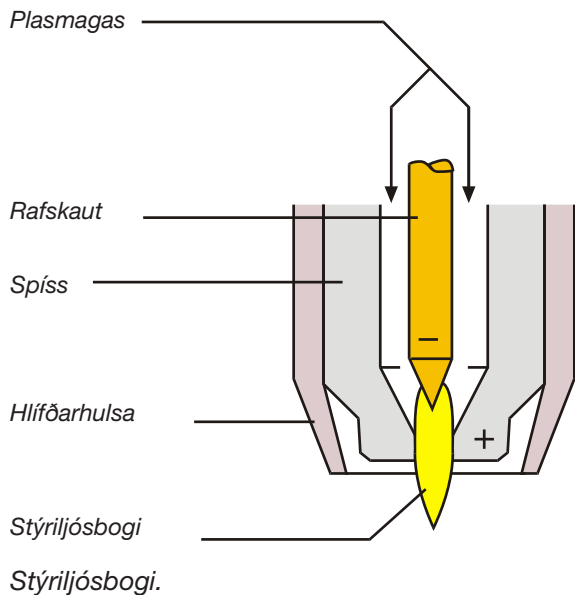
Gasfúgun í skrefum afturábak.

## Plasmaskurður

Plasmaskurður er rafmagnsskurðaraðferð þar sem hinn háhi hiti ljósbogans er nýttur. Hitinn getur farið upp í 30.000°C sem gerir það að verkum að plasmaskurður er framkvæmanlegur á flestum málum.



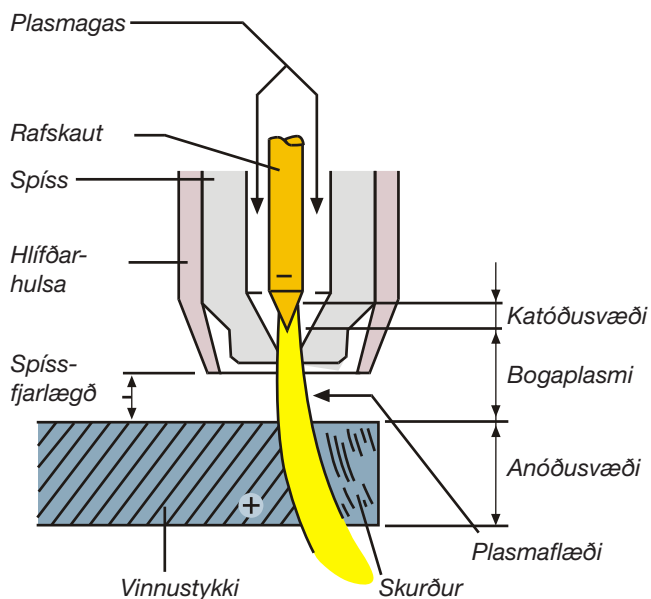
Grunnþættir plasmaskurðarbúnaðar.



### Stýriljósboginn

Flest plasmaskurðartæki hafa svokallaðan stýriljós-boga sem auðveldar upphaf skurðar með því að leiða plasmaflæðið að vinnustykkinu.

Stýriljósboginn kviknar á milli rafskautsins og spíssins í skurðarbyssunni. Straumurinn er 10 A.



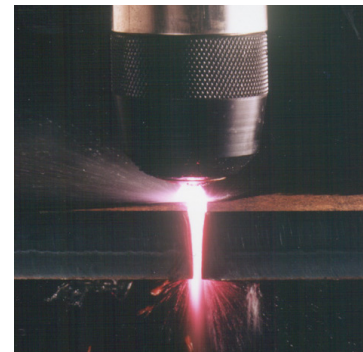
Plasmaljósboginn.

### Plasmaljósboginn

Á katóðusvæðinu losna rafeindir frá yfirborði rafskautsins og fara út í bogaplasmanum. Til að þetta sé mögulegt þarf hitinn að vera u.þ.b. 28.000°C.

Anóðusvæðið er sá hluti yfirborðs hins jákvæða vinnustykkis þar sem rafeindirnar fara úr bogaplasmanum.

Bogaplasminn er sá hluti loftsins eða gassins milli + og - pólanna sem er rafleiðandi og sem hefur afar háan hita, allt að 30.000°C og háan útstreymishraða (330 m/sek).



Plasmaljósboginn.

### Gas fyrir plasmaskurð

Sem pilotgas er notað hreint argon eða argon með 5% vetni. Gasið er léttjónandi.

Sem skurðargas má nota eftirfarandi blöndur:

- Argon 65% og vetni 35%. Blandan gefur góðan skurðarárangur.
- Köfnunarefni 10% og argon 90% tvöfaldar skurðarhraðann.
- Köfnunarefni er notað við vélskurð.
- Loft, ódýrt en árangurinn verður ekki hinn sami og með nitrogen.

### Vinnuumhverfi við plasmaskurð

#### Hætta af rafmagni

Slökktu ætíð á straumgjafanum þegar þú:

- færir jarðklemmuna
- skiptir um spíss
- stillir rafskautshæð

#### Hávaði

Hávaðinn við plasmaskurð er frá 90-115 dB. Notið heyrnarhlífur.

#### Geislun

Notið suðuhjálmm með a.m.k. 11 DIN suðugleri. Notið hanska og þétt hlífðarföt sem vernda mót útfjólublárrí geislun. Vegna hinnar miklu hitageislunar er ráðlagt að nota ekki augnlinsur.

#### Reykur og gas

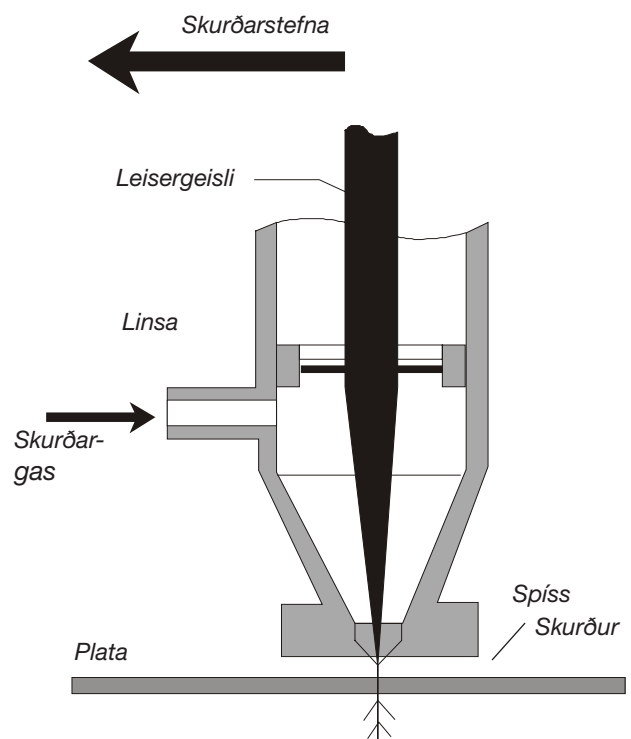
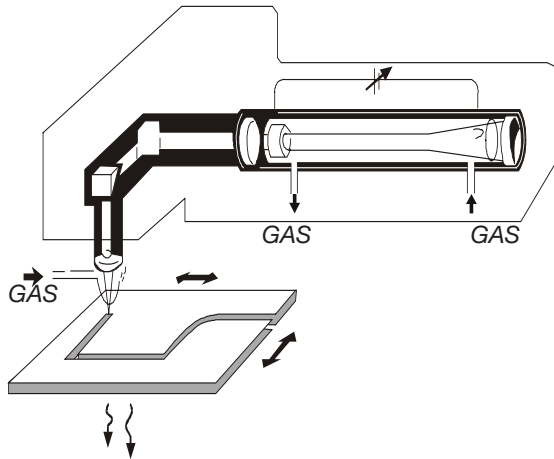
Málmreykur myndast = notið útsog!

Nítratgas myndast þegar loft, nitrogen eða nitrogenblöndur eru notaðar sem skurðargas.

Ozon myndast þegar súrefni loftsins verður fyrir útfjólublárrí geislun. Ozon og nítratgas getur valdið skaða á lungum.

## Leisergeisli til skurðar

Skurður með leisergeisla er gerður í vélum og verður sárið slétt og fínt og mjög mjótt eða allt að 0,2 mm í 3,5 mm efni. Leisergeislaskurð má nota á mörg mismunandi efni, en ekki þau sem hafa mikla speglun, eins og ál, eir, silfur og gull.



## Leiserskurðartæknin

Leisergeislinn er ljósgeisli sem myndast af rafsegulgeislum með ákveðinni og jafnri bylgjulengd. Geislinn hefur mikinn virknispéttleika og er hægt að beina honum að litlum punkti á vinnslustykkinu með slíkum hita að efnið bráðnar.

Leiserefnið í þessari gerð leisergeisla er blanda af koldíoxíð, helíum og nitrogen. Eins og nafnið gefur til kynna er það koldíoxíðið sem er hvarfandi gasið en helíum og nitrogen er bætt í til að auka virkni ferlisins. Sjálfst leiserferlið er sett í gang með raforku (háspennu) í leiserörinu (sjá mynd).

Til eru tvær gerðir leiserskurðartækja, algengastur er CO<sub>2</sub>-leisergeisli sem hentar best við skurð á málmefnum. Við skurð í stál er oft notað hreint súrefni sem skurðargas.

Hlutverk skurðargasins er að blása burt bráðnu efni, en líka að hlífa linsunni við frussi og reyk. Þegar súrefni er notað sem skurðargas eykur það á skurðarvirknina með þeirri viðbótarorku sem verður til við oxíðingu efnisins.

Viðbótarorkan leyfir mikinn skurðarhraða, fyrst og fremst í þunn efni.

## Vinnuumhverfi við leisergeislaskurð

Notkun á leisergeisla hefur í för með sér ákveðna geislunarhættu. Leiserum er skipt í fjóra áhættuflokka. Mikilvægt er að gera viðeigandi ráðstafanir sem henta hverjum flokki. Það geta verið skermar, neyðarstopp, hlífðargleraugu, uppsetning aðvörunarskiltla o.fl.

## Að nota hjólsagir

### Vélsögun



Skurður með leiserskurðarvél.

Til eru ýmsar vélar til að saga niður efni, eins og bandsagir, hjakksagir, hjólsagir og rörskurðarvélar. Það fer eftir notkunarviðinu hvaða vél hentar best. Mikilvægast er að fara eftir leiðbeiningum framleiðandans um mötun, hraða og blaðval. Kostir við vélsögun eru m.a. að hornréttir skurðir þurfa litla eða enga eftir meðferð. Sögun hentar vel við að efna niður allt stangaefni. Sumar vélar hafa búnað til sjálfvirkar mötunar á efni.

#### Notkunarvið vélsaga

Sögun er algeng í iðnaði. Hægt er að saga allar efnisgerðir. Með sérstökum klemmum er jafnvel hægt að saga efnisþunn rör.

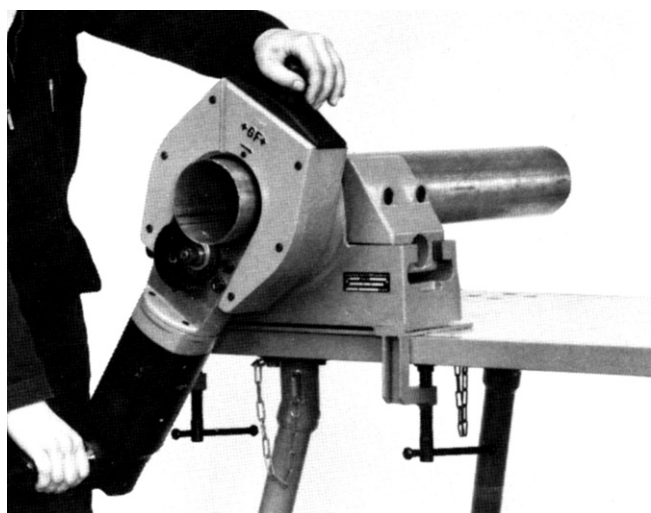
Bandsagir eru mikið notaðar við sögun stangarefnis og hafa mikinn sögunarhraða.

Hjólsagir hafa sama notkunarvið og bandsagir, en hafa vissar takmarkanir hvað varðar efnisstærðir.

Vélsagir henta einnig til sniðsögunar á bitaefni, rörum o.fl. Til eru vélsagir með sjálfvirkri niður- og lengdarfærslu

### Rörskurðarvélar

Að saga rör er oft vandasamt, sérstaklega ef um er að ræða efnisþunn ryðfrí rör. Rörið vill aflagast. Rörskurðarvélin á myndinni fyrir neðan virkar þannig að hún fer í kringum rörið en ekki þvert í gegn. Afleiðingin er algerlega gráðufrír og hornréttur skurður. Ekki þarf neina eftir meðhöndlun.



Rörskurðarvél.

HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, ESAB, Kemppi AB, Elga AB, Aga gas AB, Air Liquide AB.

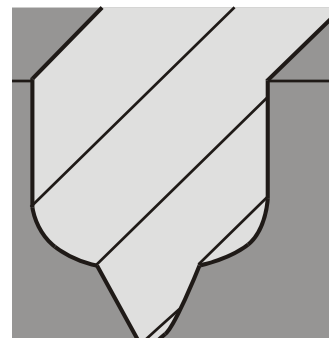
Hafið í huga við vélsögun:

- Sagið aldrei í heitt efni.
- Sagið aldrei án kælivökva.
- Skiptið um sagarblað á milli efnistegunda, eins og stál, ryðfrítt stál eða ál.
- Notið rétta mötun fyrir hvert efni fyrir sig.
- Notið rétt sagarblað fyrir hvert efni fyrir sig.
- Veljið réttan sögunarhraða.
- Fylgið leiðbeiningum framleiðandans.

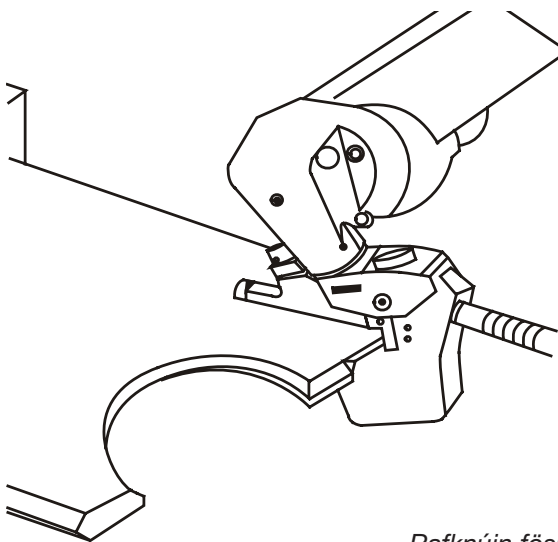
### Formun (raufargerðir) með heflun og fræsingu

Hægt er að búa til flestar gerðir suðuskeyta með hinum ýmsu skurðaraðferðum eða slípun, en þegar um er að ræða t.d. U-raufar þá þurfa þær að heflast, fræsast eða rennast. Veggir kjarnakljúfskerja eru t.d. um það bil 200 mm, og þar kemur bara ein raufar-gerð til greina, þ.e. U-rauf.

Gerð suðuraufa í ryðfrítt efni getur líka verið erfið með hefðbundnum aðferðum, sérstaklega ef efnisþykktin er meiri en 10 mm. Sama gildir um hágæðastál sem fer illa í logskurði.



Fræst U-skeyti sem endar sem V-skeyti í botninn.



Rafknúin fösunarvél.

## E2.2.4 Örugg vinnubrögð á verkstæðinu (M2.2.4, T2.2.4)

### Vinnuumhverfi á suðuverkstæðinu

Suðuverkstæði eiga að vera þannig útbúin að slyshætta sé eins lítil og mögulegt er. Nútímaleg verkstæði uppfylla yfirleitt kröfurnar um öruggt vinnuumhverfi. Rannsóknir eru stöðugt í gangi til að bæta vinnuumhverfið.

### Slyshætta af vélum

Þegar unnið er í vélum verður að gæta þess að vélin vinni rétt. Allar hlífar skulu vera á sínum stað og í lagi. Ef krafist er neyðarstopps verður það að virka. Prófið að svo sé.

Ofgerið ekki vélum. Geta vélarinnar stendur á merkiskilti hennar eða í notkunarleiðbeiningum.

Notið aldrei vélar nema að hafa fengið viðeigandi leiðbeiningar!

**Hver sá sem fjarlægir eða skemmir hlífar á vélum á yfir höfði sér málshöfðun vegna hættuvaldandi gáleysis!**

### Slyshætta af völdum lyftibúnaðar

Stór áhættuþáttur í vinnu suðumannsins er að lyfta hlutum.

Um getur verið að ræða að lyfta minni hlutum af gólfi og upp á vinnuborð með handafli eða að lyfta þungum stálvirkjum með hlaupaketti eða krana.

Maðurinn var ekki skapaður til að vera lyftari. Alltof margir slíta sér út og skaða bakið með því að lyfta of þungu, of oft eða á rangan hátt. Reyndu því:

- að lyfta aldrei meir en ÞÚ getur
- að lyfta alltaf með beint bak
- að lyfta aldrei um leið og þú snýrð upp á líkamann
- að ganga aldrei með þungan hlut afturábak

Notkun hjálpartækja eins og krana, hlaupakatta, lyftara o.s.frv. er heldur ekki hættulaus.

Þegar hengt er í króka verður að sjá til þess að stroffur og lyftieyru séu föst og geti ekki runnið til. Notið frekar taustroffur heldur en keðjur eða víra. Athugið að enginn sé fyrir. Yfirfarið króka og stroffur reglulega til að ganga úr skugga um að búnaðurinn sé í lagi.

Farið varlega við notkun plötuklemma. Athugið að þær sitji fastar, sérstaklega þegar stórum hlutum er velt og þegar plötur eru settar í vélar.

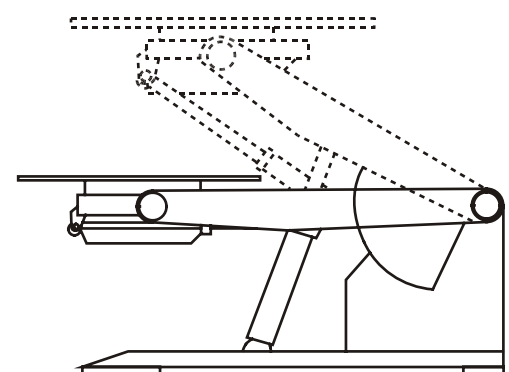
Þegar lyft er með lyftara eða dráttarvél skal varast að ofgera þeim. Stattu aldrei fyrir aftan bakkandi tæki.



Aðeins þeir sem hafa til þess réttindi mega aka lyftara eða dráttarvél.

Til eru mörg hjálpartæki sem auðveldað geta starf suðumannsins, t.d:

- Lyftiblakkir sem minnka þunga slípivéla, suðukapla o.fl.
- Suðuborð og stólar með hæðarstillingu sem skapa betri vinnuaðstæður.
- Stöðustillar sem snúa vinnustykkinu meðan á suðu stendur.
- Keflabúkkar sem auðvelda suðuna og skapa betri vinnustillingu við suðu á sívölum hlutum.



Stöðustillir



## Hættur af völdum ryks og efni-sagna

Sjá kafla E5.2.4.

### Slyshætta af rafleiðslum og köplum

Rafsuðuvinna felur í sér notkun rafstraums. Það hefur í för með sér slyshættu ef notkunin er röng. Það þýðir líka að töluvert af köplum fylgir búnaðinum.

Bæði rafmagnskapall og suðukaplar að og frá suðuvél geta verið þungir og stífir og þess vegna erfiðir í meðförum. Með nútímalegum hátíðnisuðum þurfa suðukaplarirnir ekki að vera mjög langir þar sem hægt er að vera með suðuvélina nálægt suðustaðnum, og þar með minnkar þunginn. Á móti kemur að rafmagnskapallinn verður lengri.

Í kafla E1.2.4. er minnst á hvað getur gerst ef maður kemst í beina snertingu við rafmagn. En hættur eru fleiri.

Gleymið því ekki að:

*Fara varlega við meðhöndlun á leiðandi efni.  
Burtséð frá notkunarviði eiga allar rafleiðslur að vera heilar og nægjanlega sverar. Það þýðir að jarðkapallinn á að hafa að minnsta kosti sama þverskurðarflatarmál og suðukapallinn.*

Hafðu jarðsambandið eins nálægt suðustaðnum og hægt er, svo suðustraururinn fari ekki krókaleiðir um rafbúnað, lyftivíra, steypustyrktarjárn o.s.frv. Margir brunar hafa orðið af þessum sökum. Jarðtenging raflagna hefur jafnvel bilað vegna rangrar staðsetningar jarðsambands við suðu.

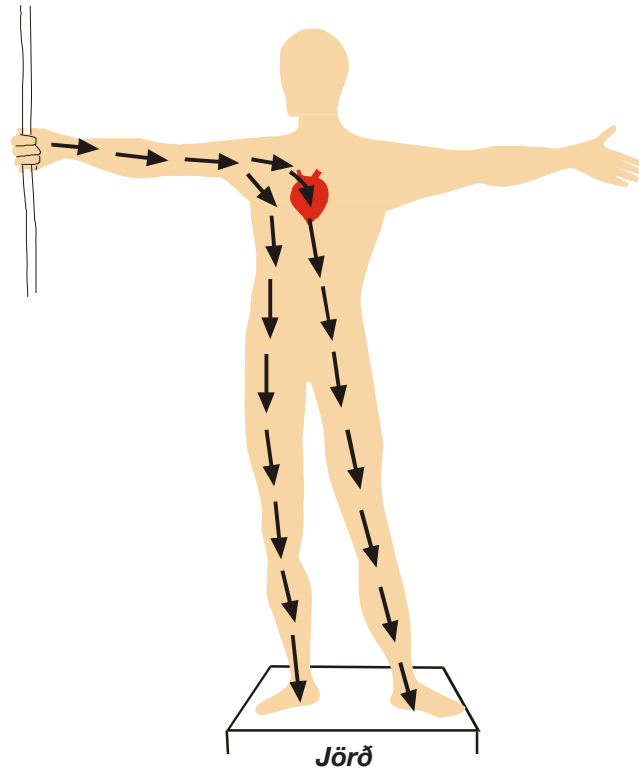
Víða má aðeins nota lágspenn (hám. 50 V) ljós og verkfæri við vinnu í tönkum og öðrum lokuðum rýmum.

Staðsetjið rafleiðslur og kapla þannig að þeir klemmist ekki, eða skemmist ef ekið er yfir þá eða af öðrum orsökum.

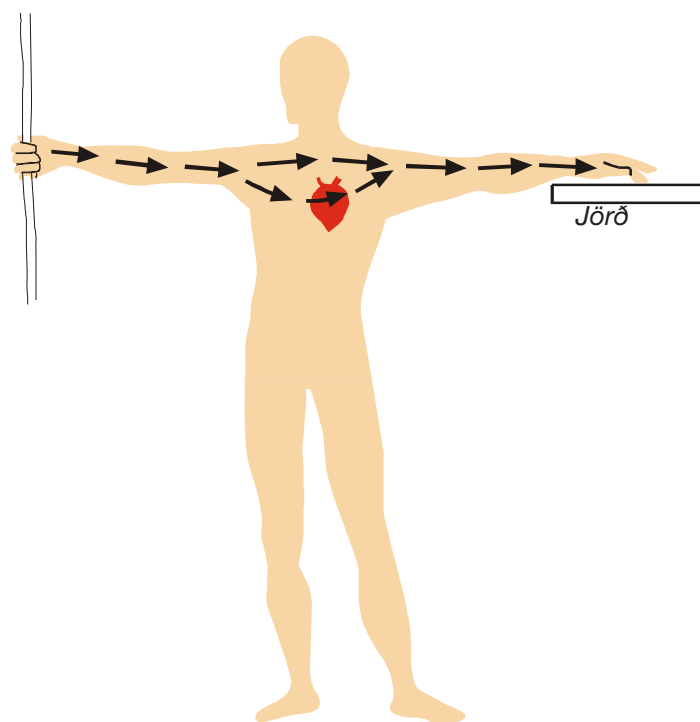
Fyrir utan suðukaplana fylgja suðumanninum ýmsar aðrar leiðslur og slöngur sem þarf að færa til við vinnuna. Þetta geta verið þrýsti- eða ferskloftsslöngur, rafleiðslur í ljós eða handverkfæri o.fl.

Þessar slöngur og leiðslur er best að festa saman í búnt, það auðveldar bæði flutning og þrif.

Leiðari



Leiðari



Leið rafstraums í gegnum líkamann.

## Suða á verkstæðinu

### Að hlífa vinnufélögunum við áhrifum suðunnar

Til að hlífa suðumanninum og vinnufélögunum þarf suðusvæðið að skermast af með hljóðdempandi veggjum eða hengjum. Virkt reykútsog, góð lýsing ásamt loftræstingu eru skilyrði fyrir því að hægt sé að skapa gott og umhverfisvænt vinnuumhverfi.

Ef soðið er víðs vegar um verkstæðið er hægt að hlífa fólki í kring fyrir geislun, neistaflugi, hávaða o.fl. með færanlegum hljóðeinangrandi skermum.

Með tilliti til annarra er vert að hafa eftirfarandi í huga:

- Sjáið til þess að engum verði ami af neistaflugi frá slípivélum eða logskurðartækjum.
- Kastið ekki suðupinnastúfum eða öðru þess háttar á víð og dreif.
- Haldið vinnustaðnum þrifalegum. Látið ekki drasl safnast fyrir á gangvegum.

### Loftræsting minnkar loftmengun

Á vinnustað á að vera góð hringrás lofts. Heitt loft stígur upp á við, það er því mikilvægt að sjá til þess að það safnist ekki saman heitt loft með suðureyk þar sem suðumaðurinn stendur.

Innblástur og útsog þarf að vera í jafnvægi, þ.e. að jafnmiklu lofti þarf að dæla inn og sogað er út. Ef útsogið er öflugra en innblásturinn myndast trekkur með skellandi hurðum og fleiri óþægindum.

Andstæðan, þ.e. yfirþrýstingur heftir hringrás loftsins og dregur úr virkni reykútsogs.

Jafnvægi í loftstreymi er einkum mikilvægt á vetrum þegar taka þarf tillit til upphitunar.

Þegar soðið er innan í stálvirkjum getur þurft að hjálpa til við hringrás loftsins. Stykkinu skal snúa þannig, að bæði að ofan- og neðanverðu séu nægjanlega stór op fyrir streymi loftsins. Ef stykkið stendur á gólfi þarf að lyfta því upp á búkka eða annað svo að loft komist auðveldlega inn.



Notið reykútsog!

### Eftirlit með nánasta umhverfi suðumannsins

#### Losun reyks við upptök

Fast útsog á að vera í öllum suðubásum. Góð loftræsting dugir ekki, suðureykinn á að fjarlægja áður en hann nær vitum suðumannsins. Því er reykútsogið mikilvægt.

Reykútsog á hreyfanlegum armi gefur góða raun en stundum þarf að nota færanlegar s.k. reyksugur með síubúnaði. Munið þá að leiða burt loftið frá reyksugunni.

### Að koma í veg fyrir eldsvoða af völdum suðuvinnu

Eldhættan við suðuvinnu á sér eftirfarandi orsakir:

- Íkveikja vegna galla / bilana í gassuðubúnaði.
- Íkveikja út frá neistaflugi eða gjalli.
- Íkveikja út frá gasloga eða ljósboaga.
- Íkveikja vegna hitaleiðni.

Brunavarnir eru mikilvægur þáttur í vinnu suðumannsins. Hluti þessa er góð menntun í meðferð suðubúnaðarins og annarra verkfæra sem notuð eru við suðuvinnuna.

Gastækin eiga að hafa bakslagsventil á acetylen-þrýstímælinum, og helst líka á súrefnismælinum. Próun laga í Evrópu er í þá átt að skylda hvorutveggja.

Á suðuhandfanginu eiga að vera einstefnulokar sem hindra ranga rennslisstefnu.

Allur gassuðubúnaður verður að vera í fullkomnu lagi. Slöngur skulu vera af viðurkenndri gerð, í góðu lagi og undir reglulegu eftirliti.

Hiti, súrefni og brennanlegt efni er það sem til þarf svo eldur verði. Suðumaðurinn sér fyrir hitanum, súrefnið er allt í kringum okkur og yfirleitt er enginn skortur á eldfimu efni.

Þar sem ekki er hægt að sjóða án hita og illt er að vera án súrefnis, hlýtur lausnin að vera sú að fjarlægja það sem getur brunnið. Það þýðir að fjarlægja verður eða þekja yfir allt það sem eldfimt getur talist.

Fjallað var um íkveikjur af völdum loga og neistaflugs í kafla E1.2.4.

Hitaleiðni getur verið vandamál, sérstaklega ef sodið er nærri veggjum, þaki eða gólfi.

## Slökkvistarf

**Hafðu fyrir reglu að athuga hvað er hinum megin við þilið!**

Ef slysið verður og eldur brýst út, verður suðumaðurinn að bregðast rétt við. Mikilvægast er að tryggja að enginn sé í lífshættu. Síðan að kalla eftir slökkviliði og því næst að reyna að slökkva eldinn.

Góð vinnuregla við heita vinnu utan verkstæðis er að hafa brunaslöngu við höndina útdregna með vatnsþrýstingi á þannig að tafarlaust sé hægt að byrja slökkvistarf. Ef vatn er ekki til staðar, eiga í staðinn að vera *tvö sex kílóa handslökkvitæki af gerð ABE flokkur III*.



Aðvörunarskilti á að vera við innganginn.



Hvar er slökkvibúnaðurinn? Er hann í lagi?

Ef kviknar í fötum manns er best að reyna að kæfa eldinn með teppi, jakka eða þvítíku. Leggið niður þann sem brennur og kæfið eldinn. Skýlið umfram allt öndunarfærunum! Ef manneskjan er slösuð - hringið eftir sjúkrabíl.



Neyðarnúmer 112!

## Aðgerðir ef slys ber að höndum

Viðbúnaðuráætlun við slysum á að vera til staðar á öllum vinnustöðum. Áætlunin á að segja til um það með skýrum hætti hvernig brugðist skuli við slysi.

Fyrir minni háttar slys á sjúkrakassi að vera við hendina. Sjúkrakassinn á að innihalda fyrstuhjálparbúnað og annað sem þarf til að búa um minniháttar meiðsl. Hringið eftir sjúkrabíl ef slysið er alvarlegt! Á meðan beðið er á hinn slasaði að liggja eins þægilega og unnt er. Haldið á honum hita. Ef viðkomandi er meðvitundarlaus á hann að liggja í læstri hliðarlegu. Veitið öndunarhjálp eftir þörfum.

## Ef rýma þarf byggingu

Áður en framkvæmdir hefjast á nýjum stað er gott að kynna sér útgönguleiðir og neyðarútganga. Það er of seint að byrja að leita þegar húsið brennur.

Á flestum vinnustöðum eru skilti sem sýna hvernig, hvar og jafnvel hvenær rýma á bygginguna. Einnig eiga að vera merktir staðir til að safnast saman á eftir rýmingu.

Varið líka fólk við sem er í eða nærri húsi sem brennur!



*Kynntu þér útgönguleiðir áður en þú byrjar að vinna!*

## Vinna í lokuðu rými

### Uppsöfnun skaðlegra lofttegunda

Þegar unnið er í lokuðu rými er hætt á að mengað loft safnist þar saman. Við logskurð og gassuðu notar gasloginn mikið magn súrefnis og hætt er á að súrefnisinnihald loftsins verði svo lítið að suðumaðurinn geti kafnað.

Aðrar gerðir mengunar eins og kolmonoxíð og niturgas geta einnig orðið til við skurð og suðu.

Suða í málningu, olíu og önnur óhreinindi getur líka valdið skaðlegum uppgufunum. Sjóðið því aldrei í óhreint efni.

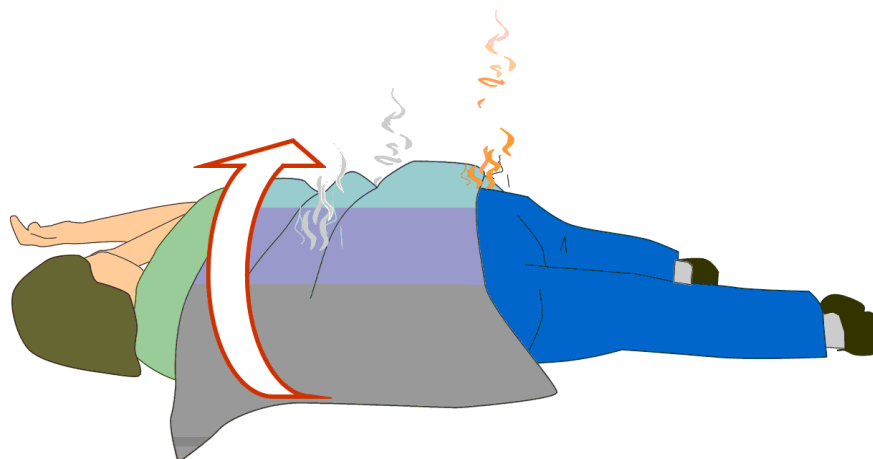
Varist sprengihættu vegna uppsöfnunar súrefnis þar sem þröngt er.

Geyma og tanka sem hafa innihaldið eldfim efni skal loftræsta og gasprófa áður en suðuvinna við þá má hefjast.

Sýnið aðgæslu við logsuðu og skurð í þrengslum. Acetylenleki uppgötvast á lyktinni en munið að súrefni er lyktarlaust. Lyktarefnisblandað súrefni, „odorox“, er nú þegar á markaðnum og er í sumum löndum skylt að nota það.

Súrefnismettun fatnaðar og annars getur haft í för með sér að eldur blossi upp sem við sprengingu af einum einasta neista.

**Það má aldrei blása af vinnufatnaði með SÚREFNI!**



*Reynið að kæfa eld með teppi eða þvítíku.*

HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, ESAB, Kemppi AB, Elga AB, Aga gas AB, Air Liquide AB.



**MMA**  
**Áfangi E 3**  
**E 3.1 verklegar æfingar**  
**E 3.2 bóklegt nám**



## E 3.1 Kynning

Tími ca. 2 tímar

### Áfangi EWF-E3 plötusúða

Í þessum áfanga eru stúfsuður allsráðandi. Með stúfsuðu er átt við að hlutar vinnslustykkisins sem eru soðnir saman eru í sama plani.

Í æfingunum hér á eftir á að sjóða rótstreng og einn eða fleiri strengi til fyllingar.

Súða í stúfskeyti krefst dálítið annarrar tækni en súða í kverkskeyti, en með samviskusamlegum æfingum lærist það.

Í þunnt efni, allt upp í 3-4 mm er hægt að sjóða stúfsuður án annarrar forvinnu en stillingar suðubils. Hið sama á við um efni allt að ca. 10-12 mm, ef djúpsuðupinnar eru notaðir. Ef sjóða á í þykkara efni, með venjulegum pinnum, er þörf á viðameiri forvinnu. Í æfingunum hér á eftir á að sjóða í V-raufar.

Í lok þessa áfanga á að gera prófsuður samkvæmt töflu E3.3 og þær á kennarinn / leiðbeinandinn að meta.

Prófstykkin fyrir EWF-suðuna er líka hægt að nota til útgáfu skírteinis samkvæmt ÍST-EN 287. Gildissvið skírteinisins veltur á efnisvali og efnisþykkt.

Þessum áfanga tilheyra einnig bóklega kaflarnir:

#### E 3.2.1 Hæfni suðumanns

#### E 3.2.2 Framleiðslutækni: Framleiðsla plötustáls og eininga

#### E 3.2.3 Suðuskeyti á plötum

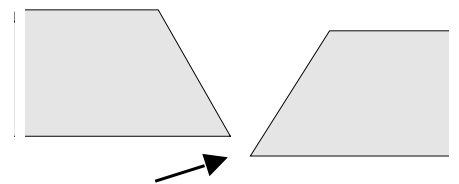
#### E 3.2.4 Stál

Gert er ráð fyrir 2 kennslustundum fyrir hvern bóklegan kafla.

### Suðupróf

Tilgangurinn með því að láta suðumenn gangast undir próf er að komast að raun um kunnáttu þeirra, að hluta verklega kunnáttu, en einnig hina bóklegu með nokkrum spurningum.

Suðupróf / skírteini samkvæmt ÍST-EN 287 er ekki skylda, en mælt er eindregið með því, þar sem það mun verða skylda í framtíðinni.



Forðist misbrýningu

Allar suður á að framkvæma eftir WPS (Welding Procedure Specification = Suðuferilslýsing). Tilgangurinn með því að nota WPS er að suðan fari fram á þann hátt sem talinn er æskilegur þannig að eiginleikar efnisins skaðist ekki.

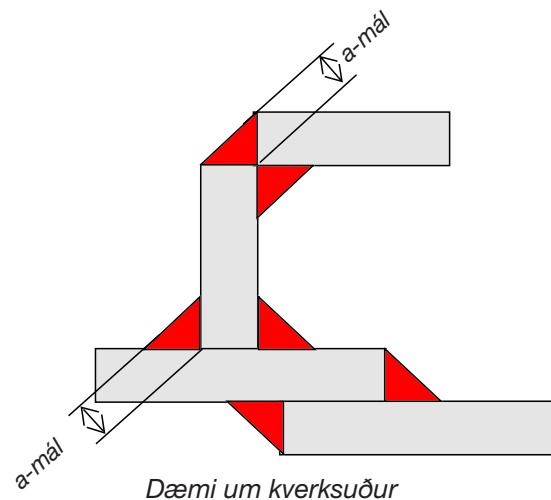
### Framleiðslutækni; plötur og stangaefni úr stáli

Stál er ennþá algengasta byggingarefnið. Lesið bóklega kaflann E 3.2.2 um það hvernig framleiðsla á plötum og stangaefni úr stáli fer fram.

### Suðuskeyti í plötuefni

Þær gerðir suðuskeyta sem koma til greina eru: stúfsuðu-, kverksuðu- og hornsúðuskeyti.

Súða í kverksuðuskeyti á yfirleitt að uppfylla gefið mál s.k. a-mál eða z-mál, a-málið er algengara, en það er hæðin í jafnarma þríhyrningi. Z-málið er armlengd þríhyrningsins.



Dæmi um kverksuður

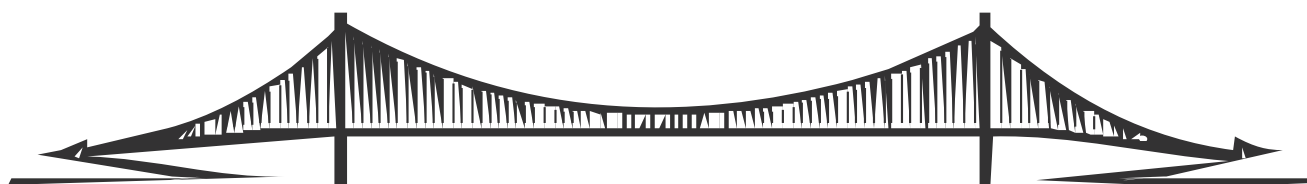
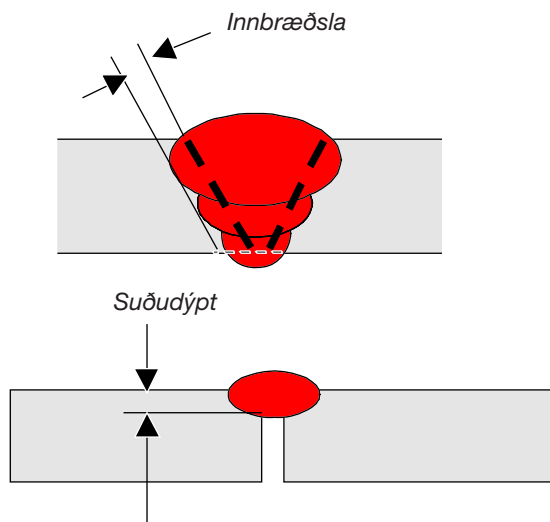


### Innbræðsla og suðudýpt

Tvö mikilvæg hugtök í suðu eru innbræðsla og suðudýpt. Innbræðsla er það hve langt inn í yfirborð raufarinnar suðan bræðist. Suðudýpt er það hve langt niður í efnið suðan nær (sjá myndir til hægri).

Suða er enn í dag mest notaða samsetningaraðferðin fyrir stál. Notkun stáls eykst við byggingar, þrýstikúta, tanka, skip, borpalla o.fl. og það þarf að sjóða öll þessi mannvirki saman.

Á síðari árum hafa einnig verið byggðar æ stærri brýr, en þær eru að miklu leyti soðnar saman. Má í þessu sambandi nefna brýrnar yfir Eyrarsund og Stórabelti.



## Efnisfræði stálsins

Það sem ræður álagsþoli soðins stálvirkis er samverkan margra þátta.

**Efnafræðileg samsetning** - samsetning stálsins verður að vera þannig að það sé suðuhæft án teljandi vandkvæða, og að það haldi eiginleikum sínum eftir suðuna.

**Uppbygging stálsins** - talað er um kristalla eða korn í sambandi við uppbyggingu stálsins. Smáir kristallar mynda seigt efni, en stórir kristallar mynda stökkt. Við hitun verða kristallarnir stórir. Það hefur ekki svo mikið að segja þegar um „venjulegt“ smíðastál er að ræða, en ef um álagsþolin eða mjög álagsþolin stál er að ræða hefur þetta mikla þýðingu en öll stækkun kornanna minnkar álagsþolið. Það er því afar mikilvægt að halda suðuhitanum innan viðunandi marka.

Til þess að koma í veg fyrir kornastækkun er það því æskilegt, í sumum tilfellum skylt, að sjóða eftir viðurkenndri suðuferilslýsingu; WPS.

**Hitastig við suðu** - eins og fram hefur komið er suðuhitastigið (orkuflæðið) ein allra mikilvægasta stillibreytan við krefjandi suðu.

**Efnisþykktin** hefur líka mikla þýðingu varðandi áhrif suðuhitans á efnisgæði. Þunnt efni kólnar hraðar og

hættir því ekki eins við að mynda eftirspennur. Þykkt efni heldur hitanum lengur, en á hinn bóginn dreifist hann tiltölulega lítið, en það eykur hættuna á herslu.

**Suðuaðferð** - hefur þýðingu í sambandi við hitadreifingu, þar sem „kaldar“ aðferðir eru seinlegri og dreifa meiri hita (t.d. logsuða). Suðuaðferðir sem vinna á háum hita (t.d. plasmasuða) hafa mikinn suðuhraða og litla hitadreifingu.

**Stillibreytur og stöður** - Suða með háum straumi myndar mikinn hita - einnig suða í t.d. lóðrétta stígandi stöðu, vegna lítills suðuhraða.

**Formhönnun** - í allri framleiðslu er mikilvægt að hanna þannig að sem minnstar eftirspennur verði í stálvirkinu, einnig þarf að sjóða þannig að ekki myndist eftirspennur. Þetta er gert með því að sjóða stálvirkið eftir vel úthugsaðri suðuáætlun, þar sem suðuröð er framsett á skýran hátt. Stærsti áhrifa-valdurinn við suðu er þó og verður suðumaðurinn. Ef hann skortir kunnáttu og/eða er kærulaus er mikil hættu á að það minnki til muna álagsþol stálvirkisins. Góð hönnun er einskis verð ef suðumaðurinn vinnur ekki á fagmannlegan hátt!

## Verkleg æfing 2

Tími ca. 4 tímar

### Slípun, gasfúgun og kolbogafúgun

Undirbúningur vinnslustykkisins er mikilvægur þáttur í suðuvinnunni. Algengasta aðferðin til undirbúnings raufar er logskurður (sjá kafla E 1.1), en þótt byrjað sé á sjálfri suðuvinnunni getur þurft að grípa inn með slípun eða fúgun.

Það þarf t.d. að slípa eftir logskurð til að fjarlægja gjall og ójöfnur. Það getur líka þurft að slípa í suðunni, t.d. við vírskipti eða önnur hlé eða til að slétta ójöfnur í suðunni.

Slípun suðu við vírskipti er gerð til að þynna út enda suðunnar þar sem hætt var, svo auðveldara sé að bræða nýju suðuna við. Slípa verður á réttan hátt til að minnka líkur á suðugöllum. Því er mikilvægt:

- að slípa nægilega breitt - svo suðupinninn nái til botns í raufinni.
- að slípa nægilega djúpt - svo hugsanlegar loftbólur hverfi.
- að slípunin sé staðbundin - þ.e.a.s. slípunin á bara að snerta suðuna, ekki að verða til þess að skeytin fyrir framan breikki.

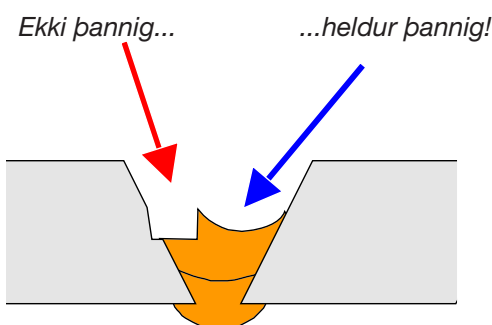
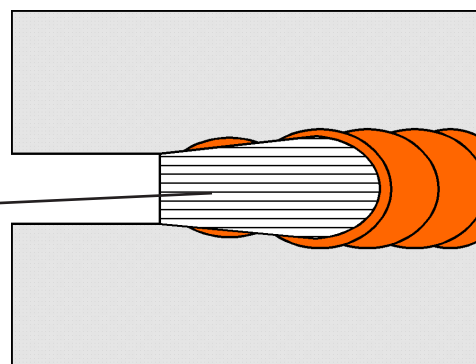
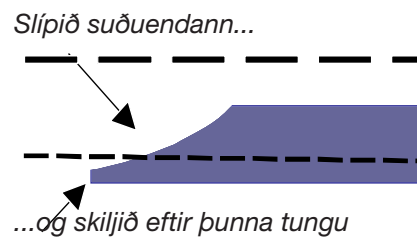
Slípa skal millistrengi eins lítið og komist verður af með. Betra er að reyna að forma suðuna þannig að komist verði hjá slípun.

Ef slípun er samt nauðsynleg er best að slípa þannig að sárið verði ávalt, slípa helst með hæfilega slitinni og afrúnnaðri slípiskífu. Skurðarskífur valda skörpum og þröngum skilum þar sem mikil hætta er á innluktu gjalli.

Gas- og kolbogafúgun er mest notuð til að hreinsa burt gamlar suður og til að undirbúa fyrir bakstrengi, en einnig er hægt að „fúga“ burt annað umfram efni.

Við gasfúgun er notaður sérstakur spíss.

Kolbogafúgun er mun afkastameiri en gasfúgun. Sá búnaður sem þarf er öflugur straumgjafi með rafleiðurum, jörð og töng en töngin heldur kolvír sem notaður er til fúgunar og einnig er töngin tengd við vinnuloft sem blæs burtu bráðnu efni og gjalli.



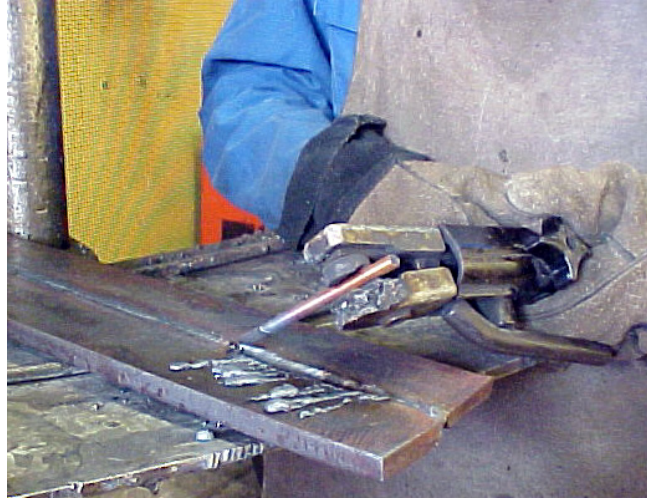
Gasfúgun.

Fúgunin fer þannig fram að ljósbogi myndast á milli kolrafskautsins og vinnslustykkisins og samtímis er bráðnu efninu blásið burt með lofti.

Afkastageta er mikil og eftirvinnsla lítil. Kolrafskaut eru fánleg í stærðunum frá Ø 6 mm til Ø 16 mm.

Allar þessar efnisvinnsluáðferðir eru slæmar fyrir umhverfið. Slípun veldur hættu fyrir sjón og heyrn, gasfúgun er hávaðaminni en það er hætta á bruna-sárum ef réttur hlífðarbúnaður er ekki notaður. Kol-bogafúgun veldur miklum hávaða, myndar mikinn reyk og vegna loftblástursins dreifist bráðið efnið um stórt svæði.

Við allar þessar vinnsluáðferðir verður að nota hlífðargleraugu, sem og heyrnarhlifur. Einnig verður að verjast neistafluginu, sérstaklega við kolbogafúgun.



Kolbogafúgun.

## Verkleg æfing 3

Tími ca. 8 tímar

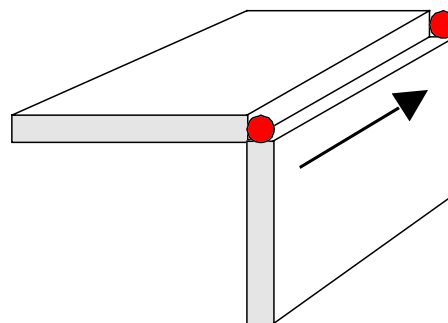
## Kverksuða í hornskeyti (WPS E3P-3-1)

Hornskeyti er afbrigði af kverksuðu þar sem fúgan er oft afmörkuð af þykkt efnisins. Nota skal suðuferil nr. WPS E3P-3-1.

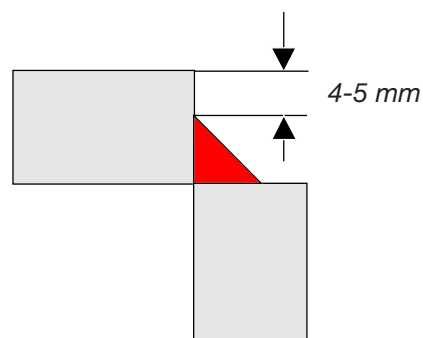
|                                                        |                                    |                      |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>2 stálplötur 10 x<br>200 x 300 mm | <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 42 3 B 32 H5 | <b>Staða:</b> PB<br> |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|

## Framkvæmd:

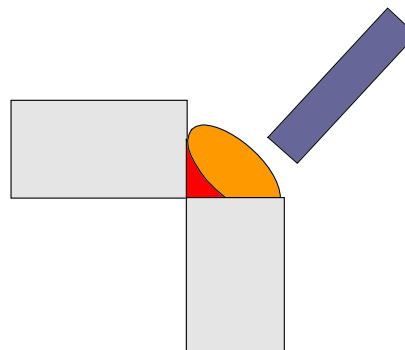
Punktið saman plöturnar eins og sýnt er á myndinni til hægri.



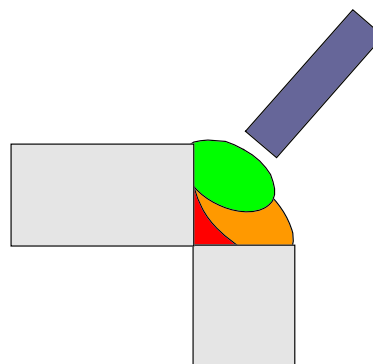
Sjóðið rótarstreng. Skiljið eftir u.þ.b. 4-5 mm upp að kanti raufarinnar svo pláss verði fyrir tvo yfirstrengi.



Sjóðið streng nr. 2 á neðri raufarkantinn og upp á rótarstrenginn. Látið ekki suðuna renna út fyrir kantinn. Neðri brún pinnans á að vera u.þ.b. í sömu hæð og raufarkanturinn.



Fyllið í raufina með streng nr. 3. Gætið þess að suðan sé á raufarkantinum. Hún á ekki að fara yfir en má heldur ekki vera fyrir neðan kantinn.



## Verkleg æfing 4

Tími ca. 8 tímar

## Kverksúða í hornskeyti (WPS E3P-4-1)

Að sjóða í hornskeyti í stöðu PF (lóðrétt stígandi) er næsta æfing. Hún er nokkru erfiðari en síðasta æfing. Nota skal suðuferil nr. WPS E3P-4-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 stálplötur 10 x  
200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

**Staða:** PF



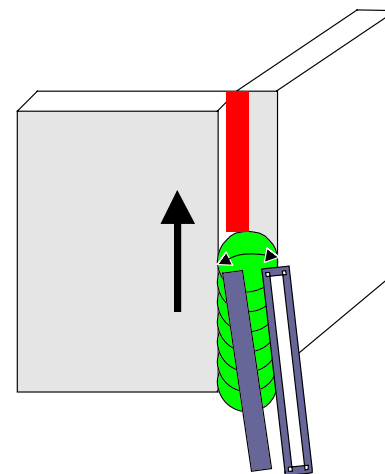
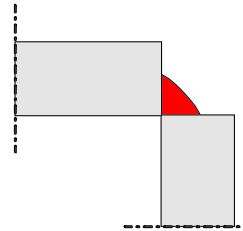
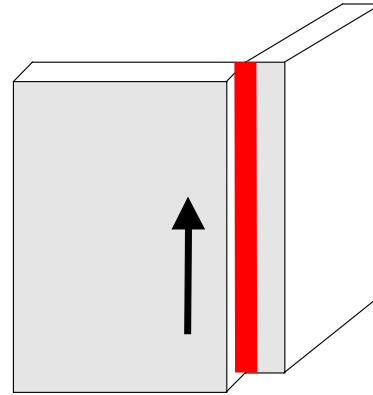
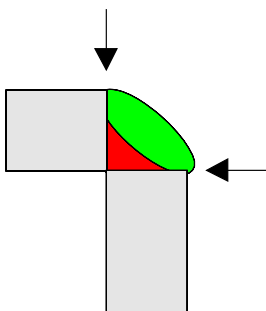
## Framkvæmið:

Punktið saman plöturnar eins og í fyrri æfingu. Festið síðan vinnslustykkið.

Byrjið suðuna neðanfrá. Haldið ljósboganum eins stuttum og hægt er, sjóðið rótarstrenginn án pendúl-hreyfinga. Fyllið í raufina eins og í síðustu æfingu.

Sjóðið næsta streng með pendúlhreyfingum. Færið pinnann á milli fúgukanta. Stöðvið örlítið í köntunum en farið frekar hratt yfir miðjuna.

*Sjóðið ekki út fyrir kantinn!*



## Verkleg æfing 5

Tími ca. 8 tímar

### Stúfsuða í Y-rauf (WPS E3P-5-1)

Hingað til hafa flestar æfingarnar verið í kverksuðu. Nú verður mikið af stúfsuðum í komandi æfingum. Við byrjum Y-rauf, þar sem einnig á að fúga upp og sjóða bakhliðina. Nota skal suðuferil nr. WPS E3P-5-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 stálpötur 12 x  
200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

**Staða: PA**



### Framkvæmið:

Fasið báðar plöturnar með 30° halla ca. 8mm niður (skiljið eftir 4mm kant).

Punktið plöturnar saman með einum punkti í hvorum enda.

Sjóðið eftir suðuferilslýsingunni. Gjallhreinsið vel eftir hvern streng.

Sjóðið rótarstrenginn án þess að pendla, en pendlið báða hina yfirstrenginna.

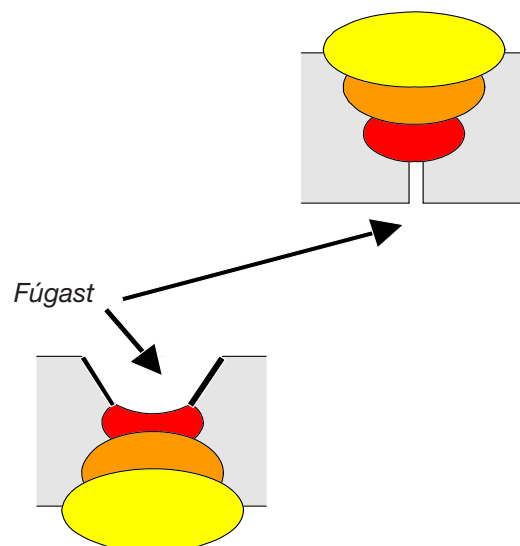
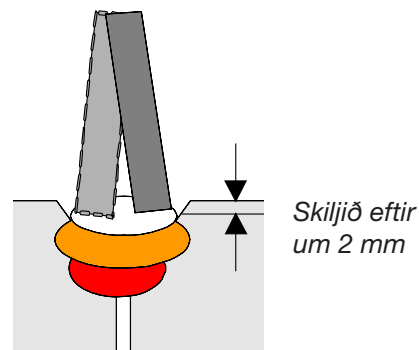
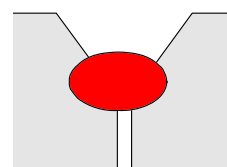
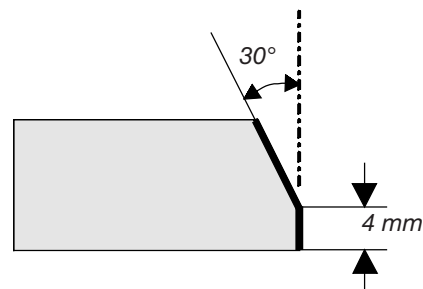
Pendlunarhreyfingarnar við millistrenginn eiga að vera lítið eitt U-formaðar, þ.e. upp-niður-upp þannig að suðan fái fholva lögun.

Yfirstrengurinn pendlast út á raufarkantana. Stöðvið þar í augnablik og farið frekar hratt yfir miðjuna.

Pegar suðunni er lokið að ofanverðu er vinnslustykkinu snúið við og rötin opnuð upp með kolbogafúgun.

Fyllið í raufina með einum streng og notið aðeins vægar pendúlhreyfingar.

Gjallhreinsið og skoðið.



## Verkleg æfing 6

Tími ca. 4 tímar


## Stúfsuða í I-rauf (WPS E3P-6-1)

Þessi æfing er líka soðin í stúfskeyti, en núna í I-rauf. Athugið að aðeins skal sjóða frá annarri hliðinni. Notaðu suðuferil nr. WPS E3P-6-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 stálplötur 4 x  
200 x 300 mm

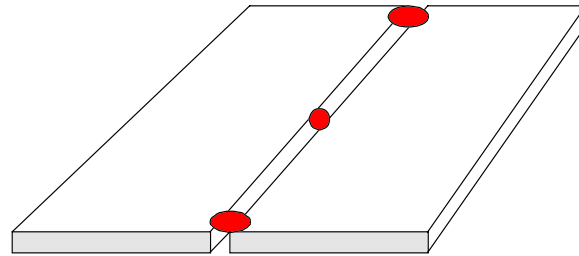
**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

**Staða: PA**



## Framkvæmið:

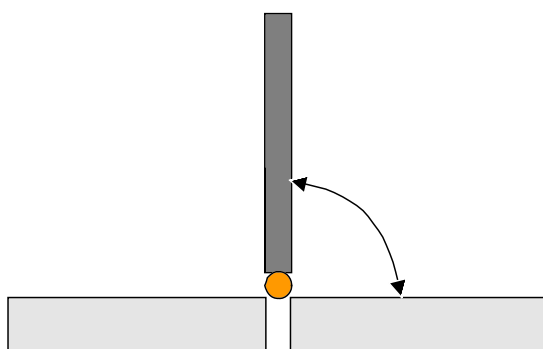
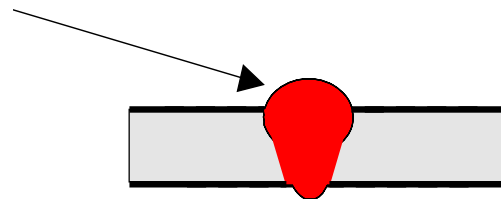
Punktið plötunnar saman eins og myndin sýnir, hafið 2,5 mm suðugap. Snúið plötunum og sjóðið frá hinni hliðinni.



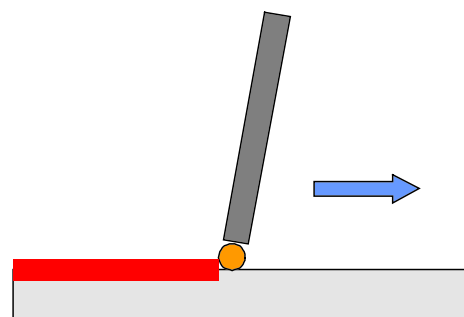
Sjóðið í stöðu PA (lárétt). Sjóðið með afar litlum pinnahalla - ekki of hægt. Hafið í huga strengjalengdina sem gefin er upp í suðuferilslýsingunni. Hafið frekar stuttan ljósboga.

Gjallhreinsið suðuna og skoðið árangurinn. Suðan á að vera slétt með mjög litlum kúf. Vandíð sérstaklega pinnaskiptin svo kúfurinn verði ekki of stór. Þegar suðunni er lokið að ofanverðu er vinnslustykkinu snúið við og rótin opnuð með slípun.

Fyllið í raufina með einum streng.



Hliðarhalli pinnans



Pinnahalli í færsluátt

## Verkleg æfing 7

Tími ca. 12 tímar

## Stúfsuða í Y-rauf (WPS E3P-5-1)

Við sjóðum aftur í Y-rauf, í þetta skiptið PF lóðrétt stígandi. Nota skal suðuferil nr. WPS E3P-5-1.

|                                                        |                                    |                      |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>2 stálplötur 12 x<br>200 x 300 mm | <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 42 3 B 32 H5 | <b>Staða:</b> PF<br> |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|

## Framkvæmið:

Fasið plötunar eins og í æfingu 5. Punktið plötunar saman án suðugaps.

Sjóðið rótarstrenginn með 2,5 mm pinna. Gætið að pinnahallanum. Hafið stuttan ljósboga.

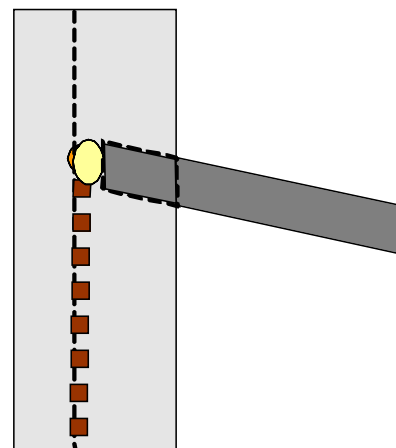
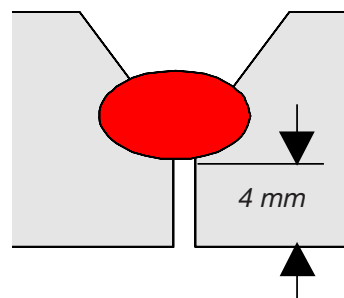
Gjallhreinsið og sjóðið streng nr. 2 með smá pendúl-hreyfingum. Skiljið eftir um 2 mm upp að brún raufarinnar.

Sjóðið streng nr. 3 og skoðið árangurinn. Suðan á að hafa mjúk skil við grunnefnið án kantsára.

Strengir 2 og 3 eru soðnir með 3,2 mm pinnum.

Snúið vinnslustykkinu og fúgið bakhliðina upp með 6 mm kolvír. Slípið hreint og sjóðið með 2,5 mm pinna.

Skoðið árangurinn. Munið að skilin eiga að vera mjúk og án kantsára!



Nú er komið að prófi  
E 3.3!



## E3.2.1 Suðupróf (M3.2.1, G2.2.3, T3.2.1)

### Tilgangur suðuprófa

Í þessum kafla er fjallað um þá hluta ÍST-EN 287-1, sem skilgreinir þær kröfur sem gerðar eru til suðumanns í hæfnisprófi samkvæmt staðlinum. Töflurnar í kaflanum eru fengnar úr staðlinum.

Staðallinn gildir fyrir handsuðuaðferðir, þar sem hæfni suðumannsins hefur afgerandi áhrif á gæði suðunnar, sem og getu til að fylgja skriflegum og munnlegum leiðbeiningum. Suðumaðurinn á þar að auki að hafa fullnægjandi reynslu og kunnáttu um suðuaðferðina, efnið sem notað er og þær öryggiskröfur sem hann þarf að standast.

Í sumum tilvikum þegar suðumaður fer í hæfnispróf er gerð krafa um að hann skuli einnig taka s.k. verkunnáttupróf (bóklegt). Prófið byggir á „Viðauka D“, sem er fylgiskjal með ÍST EN 287-1.

Mælt er með verkunnáttuprófinu, en það er almennt ekki skylda. Þó geta lönd sett sínar eigin reglur varðandi verkunnáttupróf.

Prófsuðuna má nota til að gæðavotta bæði *suðuferil* og *suðumann* að því tilskildu að öllum kröfum sé fylgt, t.d. hvað varðar stærð prófstykkisins (sjá ÍST-EN ISO 15614-1).

Suðuaðferðir sem falla undir staðallinn ÍST-EN 287, eru þær ljósbogasuðuaðferðir sem teljast handvirkar sem og þær sem eru hálf sjálfvirkar.

**Tilgangurinn með suðuprófinu er að staðfesta kunnáttu suðumannsins bæði verklega og fræðilega**

### Tenging við viðurkennd WPS

Öll suða samkvæmt þessum leiðbeiningum á að fara fram eftir WPS (Welding Procedure Specification = Suðuferilslýsing). Tilgangurinn með WPSum er meðal annars sá að suða fari fram þannig að eiginleikar vinnsluefnisins haldist sem næst óskertir.

Suðuferilslýsingin segir nákvæmlega til um hvernig suðan á að fara fram, og hún byggir á s.k. WPAR (Welding Procedure Approval Record).

WPAR er niðurstaða nákvæmrar athugunar á þeim skilyrðum sem þarf að uppfylla svo að suðuárangur

verði sem bestur, en þessi athugun fer fram eftir öðrum Evrópustaðli ÍST-EN 288-1. Það sem er athugað er hvort efniseiginleikar stálsins hafi breyst eftir suðuna og er það gert m.a. með togþolsprófi, höggþolsprófi og hersluprófi.

Við æfingar má nota pWPS, þ.e.a.s. bráðabirgða suðuferilslýsingu, þar sem suðubreytur (orkustreymið) er reiknað út.

### Yfirlit yfir Evrópustaðal um suðupróf (EN 287)

Staðallinn ÍST-EN 287-1 fjallar um suðupróf í stál og ÍST-EN 287-2 um suðupróf í ál. Í staðlinum er nákvæmlega lýst hvernig standa skuli að öllum þáttum varðandi m.a. próftöku, mat og gildissvið prófa.

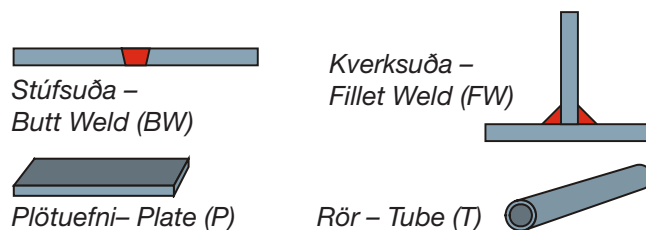
### Suðuaðferðir

Staðallinn fjallar um eftirfarandi suðuaðferðir:

- 111 - Ljósbogasuðu með húðuðum pinna
- 114 - Ljósbogasuðu með rörþræði án hlífðargass (s.k. Innershield)
- 12 - Duftsuðu
- 131 - MIG-suðu
- 135 - MAG-suðu
- 136 - MAG-suðu með rörþræði
- 137 - MIG-suðu með rörþræði
- 141 - TIG-suðu
- 15 - Plasmasuðu
- 311 - Logsuðu

### Skeytagerðir

Staðallinn fjallar um skeytagerðirnar stúfsuðu (BW = Butt Weld) og kverksuðu (FW = Fillet Weld) í plötuefni (P = Plate) og rör (T = Tube).



Að auki gilda meðal annars eftirfarandi viðmiðanir:

Réttindi til stúfsuðu á rörum fela í sér réttindi til stúfsuðu á plötum.

Réttindi til stúfsuðu á plötum soðnum í stöðunni lárétt niður (PA) eða í hlið (PC) fela í sér réttindi til stúfsuðu á rörum með ytra þvermál yfir 150 mm samsvarandi suðustöðum samkvæmt töflu 7.

Suða frá einni hlið án bakleggs gefur réttindi til suðu frá einni hlið með bakleggi og suðu frá báðum hliðum með og án skurðar og slípunar.

Suða í plötum eða rörum með bakleggi gefur réttindi til suðu frá báðum hliðum, en ekki til suðu án bakleggs.

Stúfsuður gefa réttindi til kverksuðu fyrir samsvarandi aðstæður við suðu.

Hvort suðan fer fram frá annarri hlið eða báðum, með eða án rötárstuðnings o.s.frv. kemur fram í eftirfarandi skammstöfunum:

**ss** (single side) suða frá annarri hlið

**mb** (material backing) suða á móti bakleggi.

**bs** (both sides) suða frá báðum hliðum

**nb** (no backing) suða án bakleggs.

**gg** (gauging) bakskurður eða bakslípun.

**gb** (gas backing) suða með bakgasi.

**ng** (no gauging) engin bakskurður eða bakslípun.

### Efni

Til að bera saman stálflokka fyrir suðupróf og ferlispróf samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1, vísast til kaflans um WPS.

**Flokkur W 01.** Óblandað stál með lágu kolefnisinnihaldi (kol-mangan) og/eða lágblandað stál. Þessi flokkur inniheldur einnig fínkorna byggingarstál með flotstyrk  $R_{eH}$  allt að 355 N/mm<sup>2</sup>.

**Flokkur W 02.** Króm-molybdeum (CrMo) og/eða króm-molybdeum-vanadíum (CrMoV) skriðþolnar stáltegundir.

**Flokkur W 03.** Fínkorna byggingarstál normaliserað, hert og temprað eða varmaafþræðilega meðhöndlað, með flotstyrk,  $R_{eH}$  yfir 355 N/mm<sup>2</sup> og einnig samsvarandi suðuhæf nikkellstál með 2-5% nikkellinnihaldi.

**Flokkur W 04.** Ryðfrítt ferrítstál eða martensítstál með 12-20% krómínnihaldi.

**Flokkur W 11.** Ryðfrítt ferrít-austenít og ryðfrítt austenít króm-nikkel (Cr Ni).

| Flokkur | Stálgerð / efnisnúmer                                                                                                                           |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| W 01    | 1232, 1306, 1311, 1312, 1330, 1331, 1412, 1414, 1430, 1431, 1432, 1434, 1435, 2101, 2102, 2103, 2132, 2134, 2172, 2174, 2632, 2634, 2642, 2644. |
| W 02    | 2203, 2216, 2218, 2223.                                                                                                                         |
| W 03    | 2106, 2107, 2116, 2117, 2135, 2142, 2144, 2145, 2614, 2615, 2624, 2625, 2652, 2654, 2662, 2664.                                                 |
| W 04    | 2301, 2302, 2320, 2324, 2325, 2326                                                                                                              |
| W 11    | 2331, 2332, 2333, 2337, 2338, 2340, 2343, 2347, 2348, 2350, 2352, 2353, 2361, 2366, 2367, 2368, 2371, 2375, 2562, 2564, 2584.                   |

Gildissvið suðuprófs hvað varðar efni:

| Efnisflokkur við suðupróf | Gildissvið     |                |                |                |     |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
|                           | W01            | W02            | W03            | W04            | W11 |
| W 01                      | ●              | ▲              | ▲              | ▲              | ▲   |
| W 02                      | ■              | ●              | ▲              | ▲              | ▲   |
| W 03                      | ■              | ■              | ●              | ▲              | ▲   |
| W 4                       | ■              | ■              | ■              | ●              | ▲   |
| W 11                      | ■ <sup>1</sup> | ■ <sup>1</sup> | ■ <sup>1</sup> | ■ <sup>1</sup> | ●   |

<sup>1</sup> Þegar suðuefni úr flokki W11 er notað

■ Sýnir efnisflokk notaðan við viðurkennt hæfnispróf.

■ Sýnir þá efnisflokka sem prófið nær einnig yfir.

■ Sýnir efnisflokka sem prófið nær ekki yfir.

Fyrir stál sem ekki tilheyrir neinum ofangreindra flokka þarf að taka hæfnispróf sem gildir þá aðeins fyrir umrætt stál.

### Málstærðir

Suðuprófið á að byggja á þeim efnisþykktum, plötu-efnis eða röra, og rörþvermála sem notuð eru í framleiðslunni.

Hægt er að taka próf fyrir hvert og eitt hinna þriggja sviða efnisþykktar plötuefnis og röra, og þrjú svið rörþvermáls.

Efnisþykkt eða þvermál þarf ekki að mæla nákvæmlega, það er miklu frekar hugsunina að baki málanum í töflunni hér fyrir neðan sem miða skal við. Velja skal efnisþykkt prófstykkis þannig að gildissviðið hæfi þeim verkefnum sem próftaki er að fara að vinna við.

| Efnisþykkt prófstykkis $t$ , í mm            | Gildissvið mm |
|----------------------------------------------|---------------|
| $t \leq 3$                                   | $t - 2t^1$    |
| $3 < t \leq 12$                              | $3 - 2t^2$    |
| $t > 12$                                     | $\geq 5$      |
| <sup>1</sup> Fyrir gassuðu (311): $t - 1,5t$ |               |
| <sup>2</sup> Fyrir gassuðu (311): $3 - 1,5t$ |               |

Dæmi: Próf soðið í 12 mm plötu gildir fyrir efnisþykkir frá 3 mm til 24 mm.

Þvermál prófstykkis og gildissvið prófs:

| Þvermál prófstykkis $D'$ , (mm)                        | Gildissvið (mm)      |
|--------------------------------------------------------|----------------------|
| $D \leq 25$                                            | $D - 2D$             |
| $25 < D \leq 150$                                      | $0,5D - 2D$ (min 25) |
| $D > 150$                                              | $0,5D -$             |
| <sup>1</sup> Fyrir ferköntuð rör er "D" skemmri hliðin |                      |

Dæmi: Próf soðið í 140 mm rör gildir frá 70 mm til 280 mm.

Fyrir rör yfir 500 mm í þvermál þarf ekki rörasuðupróf. Þá nægir plötusuðupróf (allar suðustöður).

### Suðuefni

Húðaðir rafsuðupinnar eru flokkaðir eftir hulugerð sem hér segir:

- A** Súrur (járnoxíð)
- B** Basískir
- C** Sellulósa
- R** Rútíl
- RA** Rútíl-súrur **RB** Rútíl-basískir
- RC** Rútíl-Sellulósa **RR** Rútíl, þykk húð
- S** Aðrar gerðir
- (NM: Án suðuefnis, WM: Með suðuefni)**

Gildissvið fyrir húðaða suðupinna fylgir töflunni uppi til hægri.

| Pinnagerð við suðupróf | Gildissvið |               |   |   |   |
|------------------------|------------|---------------|---|---|---|
|                        | A; RA      | R; RB; RC, RR | B | C | S |
| A; RA                  | *          | ○             | ○ | ○ | ○ |
| R; RB; RC; RR          | ▲          | *             | ○ | ○ | ○ |
| B                      | ▲          | ▲             | * | ○ | ○ |
| C                      | ○          | ○             | ○ | * | ○ |
| S'                     | ○          |               | ○ | ○ | * |

<sup>1</sup>S Próf með pinna í S flokki gildir aðeins fyrir þá sérstöku gerð sem notuð er í prófinu.  
 \* Sýnir pinnagerð sem notuð er við suðupróf.  
 ▲ Sýnir þær pinnagerðir sem gildissvið prófsins einnig nær yfir.  
 ○ Sýnir þær pinnagerðir sem gildissvið prófsins nær ekki yfir.

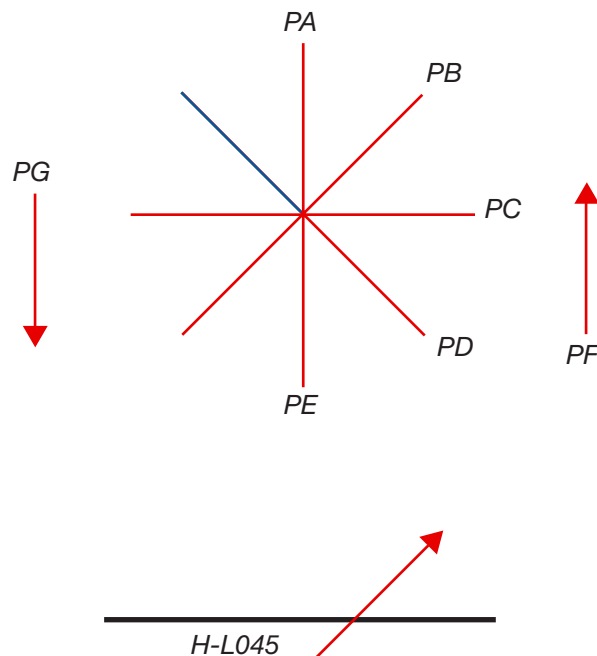
### Hlífðargas og duft

Skipta má um hlífðargas og duft. Hinsvegar ef skipt er frá virku í óvirkt hlífðargas eða öfugt þarf nýtt suðupróf.

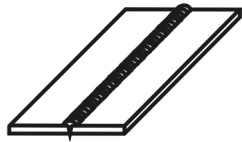
### Suðustöður

Í þessum staðli er miðað við suðustöður ásamt halla og snúningshornum samkvæmt myndinni og í samræmi við ISO 6947. Suðustöður og hallar í suðuprófi eiga að vera sem líkast því sem gerist í framleiðslunni.

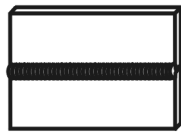
Suðustöður í plötuefni



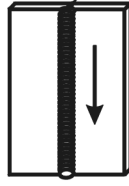
**STÚFSUÐUR**



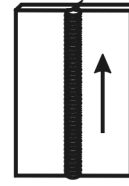
PA Lárétt niður



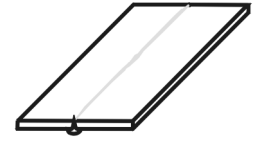
PC Í hlið / lárétt þilsuða



PG Lóðrétt fallandi

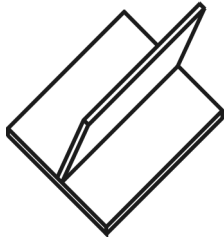


PF Lóðrétt stígandi

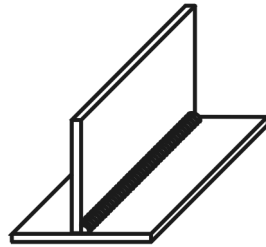


PE Uppundir

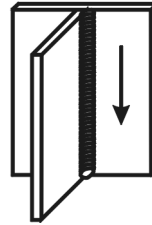
**KVERKSUÐUR**



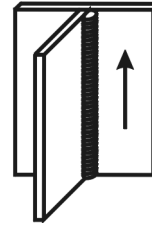
PA Lárétt niður



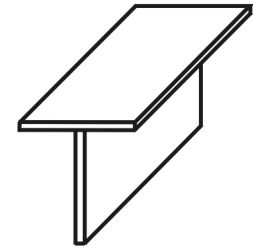
PB Standandi kverksuða lárétt



PG Lóðrétt fallandi

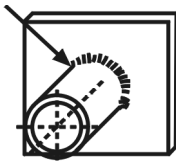


PF Lóðrétt stígandi

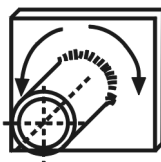


PD Standandi kverksuða uppundir

*Suðustöður í rör*



PB Standandi kverksuða lárétt



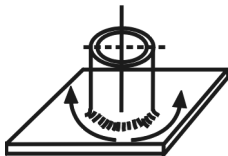
PG Lóðrétt fallandi



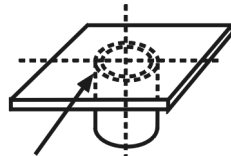
PA Lárétt niður



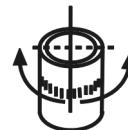
PG Lóðrétt fallandi



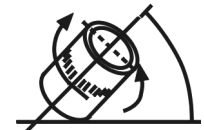
PB Standandi kverksuða lárétt



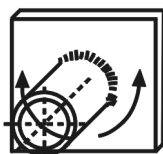
PD Standandi kverksuða uppundir



PC Í hlið



H-L045 45°halli stígandi suða



PF Lóðrétt stígandi



PF Lóðrétt stígandi

## Gildissvið fyrir suðustöður

Í töflunni fyrir neðan sést gildissvið fyrir suðustöður. Ef suðuprófið t.d. er gert í rör í H-L045 stöðu, gildir það fyrir allar suðustöður í stúf- og kverksuðum *nema* PG stöðu (Lóðrétt fallandi).

| Suðustaða við próftöku |                              |            | Gildissvið |        |    |    |    |           |    |    |    |    |                             |      |     |           |      |    |    |    |                  |   |   |
|------------------------|------------------------------|------------|------------|--------|----|----|----|-----------|----|----|----|----|-----------------------------|------|-----|-----------|------|----|----|----|------------------|---|---|
|                        |                              |            | Plötuefni  |        |    |    |    |           |    |    |    |    | Rör                         |      |     |           |      |    |    |    |                  |   |   |
|                        |                              |            | Stúfsuða   |        |    |    |    | Kverksuða |    |    |    |    | Stúfsuða Lengdarás og halli |      |     | Kverksuða |      |    |    |    |                  |   |   |
|                        |                              |            |            |        |    |    |    |           |    |    |    |    | Snúanl.                     | Fast |     | 1)        | Fast |    |    |    |                  |   |   |
|                        |                              |            |            |        |    |    |    |           |    |    |    |    | 0°                          | 90°  | 45° | 0°        | 90°  |    |    |    |                  |   |   |
|                        |                              |            | PA         | PC     | PG | PF | PE | PA        | PB | PG | PF | PD | PA                          | PG   | PF  | PC        | L045 | PB | PG | PF | PD <sub>2)</sub> |   |   |
| Stúfsuða               | Plötur                       | PA         | *          | -      | -  | -  | -  | x         | x  | -  | -  | -  | x                           | -    | -   | -         | -    | x  | -  | -  | -                |   |   |
|                        |                              | PC         | x          | *      | -  | -  | -  | x         | x  | -  | -  | -  | x                           | -    | -   | -         | -    | x  | -  | -  | -                |   |   |
|                        |                              | PG         | -          | -      | *  | -  | -  | -         | -  | x  | -  | -  | -                           | -    | -   | -         | -    | -  | -  | -  | -                |   |   |
|                        |                              | PF         | x          | -      | -  | *  | -  | x         | x  | -  | x  | -  | x                           | -    | -   | -         | -    | x  | -  | x  | -                |   |   |
|                        |                              | PE         | x          | x      | -  | x  | *  | x         | x  | -  | x  | x  | x                           | -    | -   | -         | -    | x  | -  | x  | x                |   |   |
| Kverksuða              | PA                           | -          | -          | -      | -  | -  | *  | -         | -  | -  | -  | -  | -                           | -    | -   | -         | -    | -  | -  | -  |                  |   |   |
|                        | PB                           | -          | -          | -      | -  | -  | x  | *         | -  | -  | -  | -  | -                           | -    | -   | -         | x    | -  | -  | -  |                  |   |   |
|                        | PG                           | -          | -          | -      | -  | -  | -  | -         | *  | -  | -  | -  | -                           | -    | -   | -         | -    | -  | -  | -  |                  |   |   |
|                        | PF                           | -          | -          | -      | -  | -  | x  | x         | -  | *  | -  | -  | -                           | -    | -   | -         | x    | -  | -  | -  |                  |   |   |
|                        | PD                           | -          | -          | -      | -  | -  | x  | x         | -  | x  | *  | -  | -                           | -    | -   | -         | x    | -  | -  | x  |                  |   |   |
| Rör                    | Stúfsuða Lengdarás og halli  | Snúanl.    | PA         | x      | -  | -  | -  | -         | x  | x  | -  | -  | -                           | *    | -   | -         | -    | -  | x  | -  | -                | - |   |
|                        |                              | Fast       | 0°         | PG     | -  | -  | x  | -         | -  | -  | -  | x  | -                           | -    | -   | *         | -    | -  | -  | -  | x                | - | - |
|                        |                              |            | PF         | x      | -  | -  | x  | x         | x  | x  | -  | x  | x                           | x    | -   | *         | -    | -  | x  | -  | x                | x |   |
|                        | Kverksuða Lengdarás og halli | 1)<br>Fast | 90°        | PC     | x  | x  | -  | -         | -  | x  | x  | -  | -                           | -    | x   | -         | -    | *  | -  | x  | -                | - | - |
|                        |                              |            | 45°        | H-L045 | x  | x  | -  | x         | x  | x  | x  | -  | x                           | x    | x   | -         | x    | x  | *  | x  | -                | x | x |
|                        |                              | 0°         | PB         | -      | -  | -  | -  | -         | x  | x  | -  | -  | -                           | -    | -   | -         | -    | -  | *  | -  | -                | - |   |
|                        |                              |            | PG         | -      | -  | -  | -  | -         | -  | -  | x  | -  | -                           | -    | -   | -         | -    | -  | -  | *  | -                | - |   |
|                        |                              |            | PF         | -      | -  | -  | -  | -         | x  | x  | -  | x  | x                           | -    | -   | -         | -    | -  | x  | -  | *                | x |   |

1) PB fyrir rör má sjóða á tvo vegu:

- (1) Lárétt snúanlegt rör
- (2) Lóðrétt fast rör

2) Þetta er staða sem önnur, skyld próf ná yfir.

### Skýring

- \* Sýnir suðustöðu við viðurkennt hæfnispróf.
- x Sýnir þær suðustöður sem prófið gildir einnig fyrir.
- Sýnir þær suðustöður sem prófið nær ekki yfir.

Gildissvið fyrir suðustöður.

| Nánari útfærsla hæfnisprófs |                           |              |             | Gildissvið                 |                   |                            |                    |                            |                |
|-----------------------------|---------------------------|--------------|-------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|----------------|
|                             |                           |              |             | Stúfsuða í plötuefni       |                   |                            |                    | Stúfsuða í rör             |                |
|                             |                           |              |             | Soðið frá annarri hlið: ss |                   | Soðið frá báðum hliðum: bs |                    | Soðið frá annarri hlið: ss |                |
|                             |                           |              |             | með rótarst.<br>mb         | án rótarst.<br>nb | með meitlun<br>gg          | án meitlunar<br>ng | með án rótarst.<br>mb      | rótarst.<br>nb |
| Stúfsuða í plötuefni        | soðið frá annarri hlið ss | með rótarst. | mb          | *                          | -                 | ▲                          | -                  | 1)                         | -              |
|                             |                           | án           | nb rótarst. | ▲                          | *                 | ▲                          | ▲                  | 1)                         | 1)             |
|                             | soðið frá báðum hliðum bs | með meitlun  | gg          | ▲                          | -                 | *                          | -                  | 1)                         | -              |
|                             |                           | án meitlunar | ng          | ▲                          | -                 | ▲                          | *                  | 1)                         | -              |
| Stúfsuða í rör              | soðið frá annarri hlið ss | með rótarst. | mb          | ▲                          | -                 | ▲                          | -                  | *                          | -              |
|                             |                           | án           | nb rótarst. | ▲                          | ▲                 | ▲                          | ▲                  | ▲                          | *              |

1) Sjá kafla 6.3 b) og 6.3. c)

Skýringar:

- \* Sýnir suðuútfærslu við viðurkennt suðupróf.
- ▲ Sýnir þær suðuútfærslur sem prófið gildir einnig fyrir.
- Sýnir þær suðuútfærslur sem prófið gildir ekki fyrir.

Gildissvið fyrir hæfnispróf í stúfsuðu.

## Grundvallarpættir varðandi skilning á EN 287

Í kaflanum hér á undan var reynt að varpa ljósi á uppbyggingu ÍST-EN 287, umfang hans og gildissvið.

Yfirleitt eru suðumenn vottaðir með hæfnisprófi - og þá ekki bara fyrir þær aðstæður sem eru við prófsuðuna - heldur líka fyrir allar suður sem teljast auðveldari í framkvæmd.

Með hliðsjón af hæfnisprófinu eru eftirfarandi viðmiðanir hafðar við mat á gildissviði prófsins.

1. Hæfnispróf fyrir stúfsuður í rör gildir einnig fyrir stúfsuður í plötuefni.
2. Hæfnispróf fyrir stúfsuður í plötuefni í öllum viðeigandi suðustöðum gildir einnig fyrir stúfsuður í rör sem eru yfir 500 mm að utanmáli. Fyrir snúanleg rör gildir grein c.
3. Hæfnispróf fyrir stúfsuður í plötuefni soðið lárétt niður (PA) eða í hlið (PC), skulu gilda fyrir rör meira en 150 mm að utanmáli, soðin í sömu suðustöðum.
4. Suða frá einni hlið án bakleggs gildir fyrir suðu frá einni hlið með bakleggi og fyrir suðu frá báðum hliðum með eða án skurðar/slípunar.
5. Suða í plötuefni eða rör með bakleggi gildir fyrir suðu frá báðum hliðum en ekki fyrir suðu án bakleggs.
6. Hæfnispróf í stúfsuðum gilda fyrir kverksuður þar sem aðstæður eru svipaðar.
7. Í þeim tilfellum þar sem kverksuður eru ráðandi í framleiðslunni er mælt með viðeigandi hæfnisprófi í kverksuðu.
8. Suða frá báðum hliðum án slípunar gildir fyrir suðu frá annarri hlið með bakleggi og frá báðum hliðum með slípun.
9. Hæfnispróf fyrir stúfsuðu í rör án bakleggs gildir líka fyrir rörgreiningar innan sama gildissviðs (efnisþ. þverm. o.s.frv.). Gildissvið rörgreiningarinnar byggir á þvermáli greinarinnar.
10. Þar sem rörgreiningar eru flóknar, er mælt með að suðumaðurinn sé þjálfður sérstaklega í þeim. Í vissum tilfellum getur verið krafist sérstaks hæfnisprófs fyrir rörgreiningar.

## Rannsókn og prófun

### Eftirlit

Suða og rannsókn prófstykkja skal fara fram undir vakandi auga eftirlitsmanns eða fulltrúa rannsóknarstofnunar sem viðurkennd er af samningsaðilum. Eftirlitsmaðurinn getur verið starfsmaður framleiðanda eða kaupanda, eða fenginn frá óháðum aðila.

### Suðuaðstæður

Hæfnisprófið á að líkja eftir framleiðsluaðstæðum og fylgja verklýsingum samkvæmt ÍST-EN ISO 15609-1. Innihaldskröfum í suðuferilslýsingu (WPS) er lýst í kaflanum um WPS.

### Prófunaraðferðir

Skoða skal hverja fullgerða suðu vandlega fyrir hitameðferð. Þegar þess er krafist, sjá töfluna hér á eftir, bætist við segulagnaprófun, sprunguleit eða önnur prófun, í vissum tilfellum makróprófun á stúfsuðum.

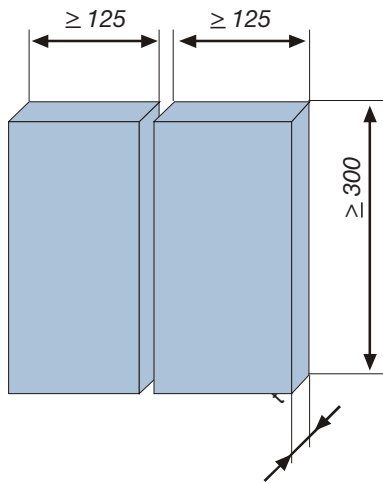
| Prófunar-<br>aðferð           | Stúfsuður<br>plötuefni | Stúfsuður<br>rör | Kverk-<br>suður |
|-------------------------------|------------------------|------------------|-----------------|
| Sjónskoðun                    | *                      | *                | *               |
| Gegnumlýsing                  | * (1)(5)               | * (1)(5)         |                 |
| Beygjuprófun                  | * (2)                  | * (2)            | +               |
| Brotprófun                    | * (1)                  | * (1)            | * (3)(4)        |
| Makróprófun<br>(án pólerunar) | +                      | +                | * (4)           |
| Segulduft /<br>sprunguleit    | +                      | +                | +               |

- (1) Nota skal gegnumlýsingu eða brotprófun, en ekki báðar aðferðirnar.
- (2) Ef gegnumlýsing er notuð, er beygjuprófun aðeins skylda fyrir aðferðirnar 131, 135 og 311.
- (3) Í viðbót við brotpróf skal nota segulagna / litarpróf, ef eftirlitsaðili / -stofnun fer fram á slíkt
- (4) Í stað brotprófunar má nota minnst 4 makrópróf.
- (5) Hljóðbylgjuprófun getur komið í stað gegnumlýsingar, en einungis við prófun á ferrítisku stáli með efnisþykkt  $\geq 12$  mm.

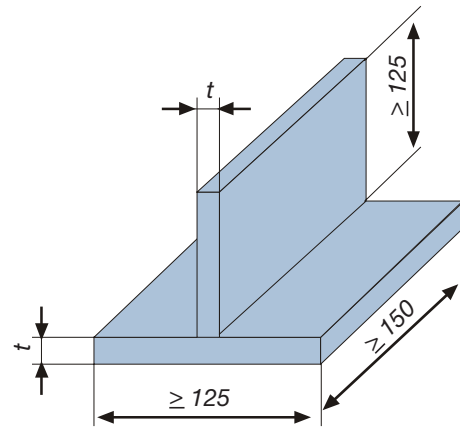
### Skýring:

- \* Sýnir að skylda er að nota prófunaraðferðina.
- + Sýnir að ekki er skylda að nota aðferðina.

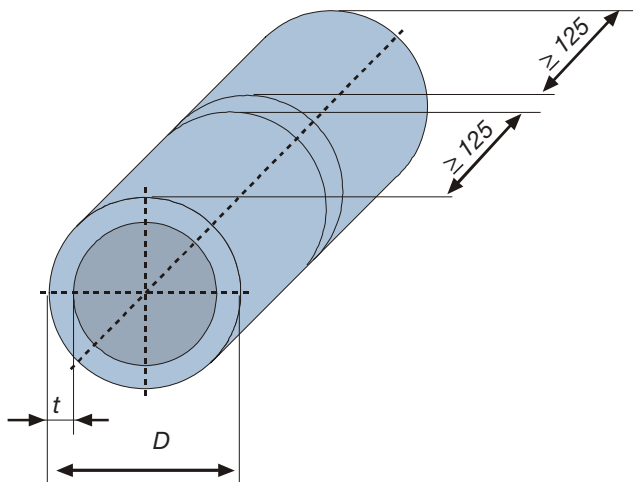
Prófunaraðferðir



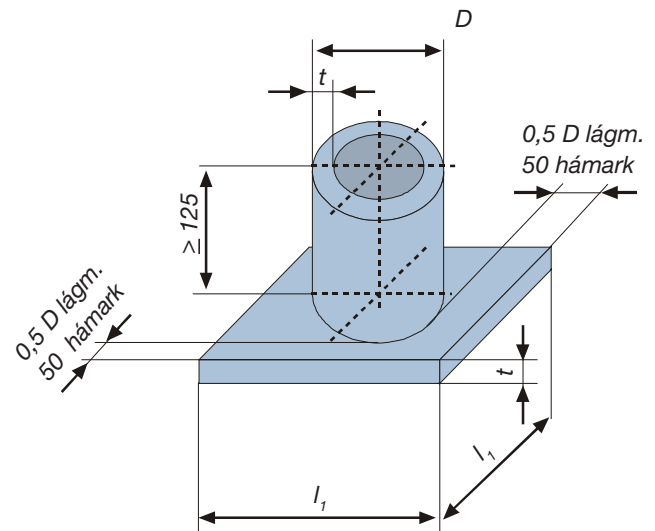
Mál prófstykkja fyrir stúfsuður í plötuefni (mál í mm).



Mál prófstykkja fyrir kverksuður í plötuefni (mál í mm).



Mál prófstykkja fyrir stúfsuður í rör (mál í mm).



Mál prófstykkja fyrir kverksuður í rör (mál í mm).



## Suðuaðstæður

Suðuprófið á að líkjast aðstæðum í framleiðslunni og skal soðið samkvæmt bráðabirgða- eða samþykktri suðuferilslýsingu í samræmi við ÍST-EN ISO 15609-1.

Við gerð suðuferilslýsingarinnar skal hafa eftirfarandi að leiðarljósi:

- a) prófið á að sjóða með þeirri suðuaðferð/aðferðum sem notaðar eru í framleiðslunni.
- b) suðuefnið skal hæfa suðuaðferð/aðferðum og suðustöðu/stöðum.
- c) fúguundirbúningur prófstykkja skal vera með sama hætti og gert er í framleiðslunni.
- d) mál prófstykkjanna skal vera í samræmi við staðalinn, sjá töflur 1 og 2 og myndir 3-6.
- e) prófsuðan skal gerð í þeirri suðustöðu/stöðum og greinihorni/hornum sem tíðkast í framleiðslunni, sjá myndirnar 1 og 2.
- f) suðan skal metin samkvæmt hluta 8.
- g) tíminn til prófsuðunnar skal samsvara þeim tíma sem sambærileg vinna tekur við eðlilegar framleiðsluaðstæður.
- h) prófsuðan skal vera rofin minnst einu sinni í rótarstreng og á yfirstreng, og rofin skulu vera merkt á þeim hluta sem á að prófa.
- i) próftaka er skylt að fylgja leiðbeiningum sem kunna að vera í suðuferilslýsingu um forhitun eða takmarkað hitainnstreymi.
- j) ekki þarf að fylgja leiðbeiningum sem kunna að vera í suðuferilslýsingu um hitameðferð eftir suðu ef beygjuprófunar er ekki krafist.
- k) merkingu prófstykkjanna.
- l) leyft er að fjarlægja minni galla, nema á efsta lagi með slípun, meitlun eða með annarri aðferð sem notuð er í framleiðslunni.

## Gildistími

Prófskírteini suðumanns hefur tveggja ára gildistíma að því tilskildu að hæfni hans sé vottuð skriflega af vinnuveitanda / verkstjóra á sex mánaða fresti og að eftirfarandi skilyrði séu uppfyllt:

- 1) Suðumaðurinn skal án lengri hléa starfa að suðuvinnu sem fellur undir gildissvið prófsins. Styttri hlé en sex mánaðir eru leyfð.
- 2) Starf suðumannsins skal að mestu fylgja þeim tæknilegu aðstæðum sem hafðar voru við hæfnisprófið.
- 3) Engin sérstök ástæða skal vera fyrir hendi til að efast um hæfni eða kunnáttu suðumannsins.

Ef eitthvert þessara skilyrða er ekki uppfyllt fellur prófskírteinið úr gildi.

## Framlenging

Gildistíma prófskírteinis má framlengja um nýtt tveggja ára tímabil að því tilskildu að öll áður nefnd skilyrði séu uppfyllt (1, 2 og 3).

*\*Dagleg suðuvinna viðkomandi suðumanns skal uppfylla eðlilegar gæðakröfur.*

## Viðbót við E.3.2.1 suðuferill-WPS, ÍST-EN 288/ ÍST-EN ISO 156XX

Í þessum hluta er aðeins fjallað um það sem snýr að suðumanninum. Sumt er fengið úr ÍST-EN 288-1, 2 og ÍST-EN ISO 15609-1.

### Hvað er WPS ?

WPS = Welding Procedure Specification, er suðuferilslýsing sem leiðbeinir um framkvæmd suðunnar, svo sem um suðuaðferð, fúgugerð, suðustillibreytur og hreinsun.

Í ÍST-EN 288/ ÍST-EN ISO 156xx, sem er í þremur hlutum, er því lýst hvernig gera skal suðuferilslýsingu. Sjá líka kafla E 7.2.1.

### 1. hluti

**Almennar reglur um ljósbogasúðu** þar sem lýst er bakgrunni staðalsins og gildissviði hans ásamt grunnskilgreiningum.

### 2. hluti

Hér er farið í gegnum það í smáatriðum hvað **suðuferilslýsing, WPS** á að innihalda. Sjá fylgirit.

### 3. hluti

**Suðuferilseftirlit fyrir ljósbogasúðu** á stáli, þar sem gildissviðið er takmarkað við stál, lýsir hvernig á að sannreyna WPS:

- Hvernig framkvæma skal ferilprófunina.
- Hvernig rannsaka skal prófið bæði með skaðlausum prófunum og aflfræðiprófunum.
- Hvernig skjalfesta skal prófsuðuna og rannsóknina.
- Gildissvið hinnar viðurkenndu suðuferilslýsingar. Sjá fylgiskjal.

\* Rannsóknarskýrslu, þ.e. skjalfestingu á skaðlausum prófunum og aflfræðiprófunum eða athugasemdir skipaðs verkstjóra, á að skrá með hæfnisvottorði suðumannsins.

Eftirlitsmaður eða fulltrúi rannsóknarstofnunar á að votta að ofangreindum skilyrðum sé fullnægt og skrifa undir framlenginu á vottorði suðumannsins.

## Hvenær og hvernig hefur ÍST-EN 288 áhrif á suðumanninn?

Þegar taka skal fram samþykka suðuferilslýsingu (WPS) samkvæmt ÍST-EN 288/ ÍST-EN ISO 156xx, getur grunnurinn verið bráðabirgða suðuferilslýsing (pWPS) frá áður þekktum suðustillibreytum. Einnig eru til tölvuforrit, t.d. SVEJSplan, sem geta sett saman pWPS. Í báðum tilfellunum þarf samþykki suðustjóra. Með þessu þarf skýrslu yfir suðuferilinn, WPAR, í þremur hlutum:

- 1. hluti er „prófunarvottorð“ þar sem suðuferilslýsingin er samþykkt. Vottorð um að suða og prófun hafi fullnægt kröfum.
- 2. hluti er „upplýsingar um suðupróf“. Skýrsla sem lýsir suðuferlinu í smáatriðum.
- 3. hluti er „rannsóknarniðurstöður“. Skýrsla sem í heild skýrir frá prófunaraðferðum og niðurstöðum úr þeim; ef suða hefur fullnægt öllum kröfum í prófunum verður til vottuð suðuferilslýsing (WPS) samkvæmt ÍST-EN 288, sjá dæmi á næstu síðu.

## Samantekt yfir gerð suðuferilslýsinga, WPS

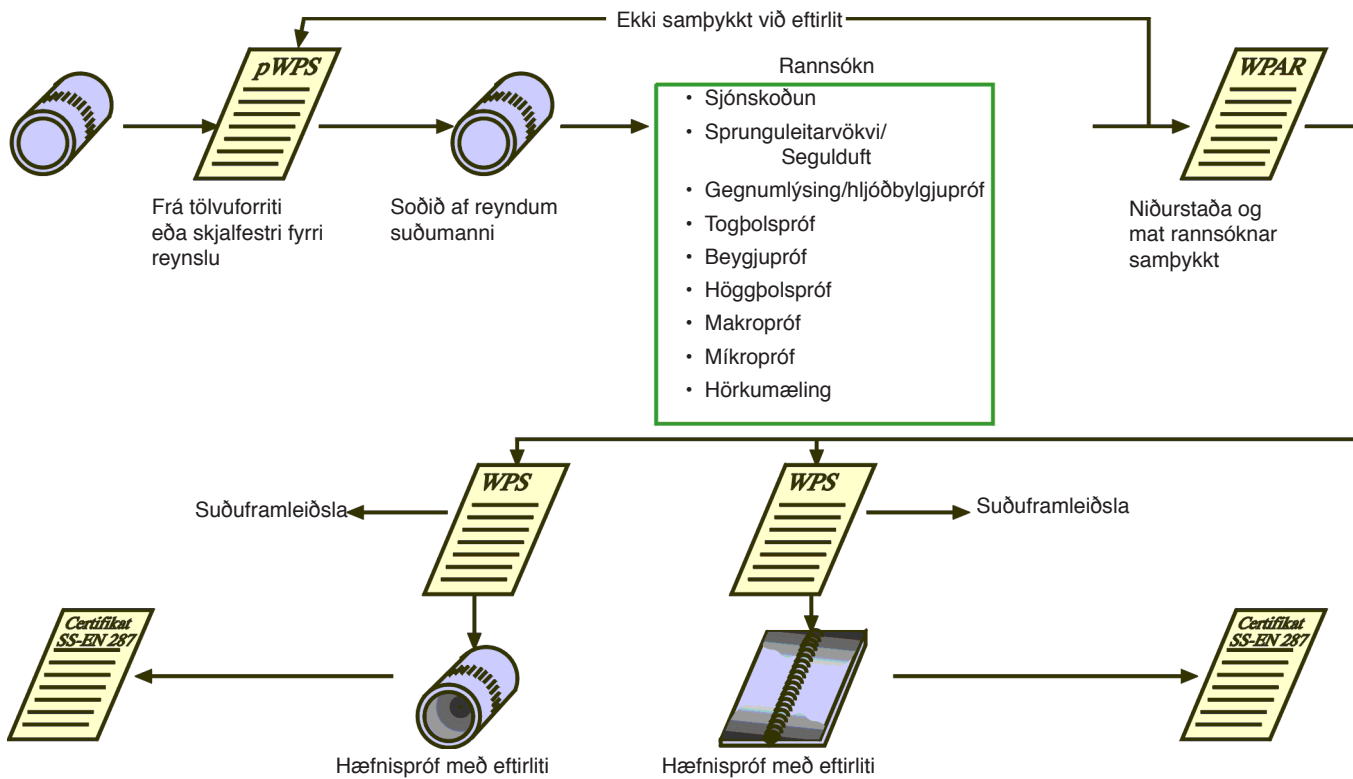
pWPS (ÍST-EN 288)

WPAR (ÍST-EN ISO 15614-1)

WPS (ÍST-EN ISO 1509-1)

### Suðuferilslýsing fyrir framleiðslu og hæfnispróf í suðu

Í sumum löndum er þess krafist að hæfnispróf samkvæmt EN 287 sé gert eftir samþykktu WPS. Það er fyrst og fremst fyrir suðu þrýstkúta. Það er ákveðinn munur á hæfnisprófi samkvæmt ÍST-EN 287-1 og ferlisprófuninni ÍST-EN 288. Mest skilur á milli í flokkun stálsins samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1



| SAMANBURÐARTAFLA                 |                                                       |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Stálflokkar                      |                                                       |
| Hæfnispróf samkv. EN 287         | Ferilsprófsamkv. EN-288-3                             |
| W01                              | 1                                                     |
| W02                              | 4, 5, 6                                               |
| W03                              | 2, 3, 7 Þó ekki stál með<br>5% < NI ≤ 9% <sup>1</sup> |
| W04                              | 8                                                     |
| W11                              | 9                                                     |
| <sup>1</sup> Sérstakt hæfnispróf |                                                       |

Flokkun stáls samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1, sjá flokkunartöflu fyrir neðan.

| FLOKKUN STÁLS (ÍST-EN 288)                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flokkur nr                                                                  | Stálgerð                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1                                                                           | Stál með lágstan leyfðan flotstyrk $Re < 355 \text{ N/mm}^2$ eða $Rm < 520 \text{ N/mm}^2$ og með hlutfall íblöndunarefna sem ekki fer yfir:<br>$C = 0,24\%$ $Si = 0,55\%$ $P = 0,045\%$<br>$Mn = 1,60\%$ $Mo = 0,65\%$ $S = 0,045\%$<br>Önnur einstök efni = 0,30%    Öll önnur efni, samtals = 0,80% |
| 2                                                                           | Normalíserað eða varmaafþræðilega meðhöndlað fínkornastál með lágstan leyfðan flotstyrk $Re > 355 \text{ N/mm}^2$ .                                                                                                                                                                                    |
| 3                                                                           | Seighert fínkornastál með lágstan leyfðan flotstyrk $Re > 500 \text{ N/mm}^2$ .                                                                                                                                                                                                                        |
| 4                                                                           | Stál með Cr mest 0,6%, Mo mest 0,5% og V mest 0,25% (sjá aths. 1).                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5                                                                           | Stál með Cr mest 9%, Mo mest 1,2% (sjá aths. 1).                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6                                                                           | Stál með Cr mest 12%, Mo mest 1% og V mest 0,5% (sjá aths. 1).                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7                                                                           | Stál með Ni max 9% (sjá aths. 1).                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8                                                                           | Ferrítísk og martensítísk ryðfrítt stál með 12-20% Cr (sjá aths. 1).                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9                                                                           | Austenítísk ryðfrítt stál.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ath. 1: Fyrir flokkana 4-8 þýðir innihaldsmagnið nafngildi íblöndunarinnar. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

(úr staðli)

#### Kostir við WPS:

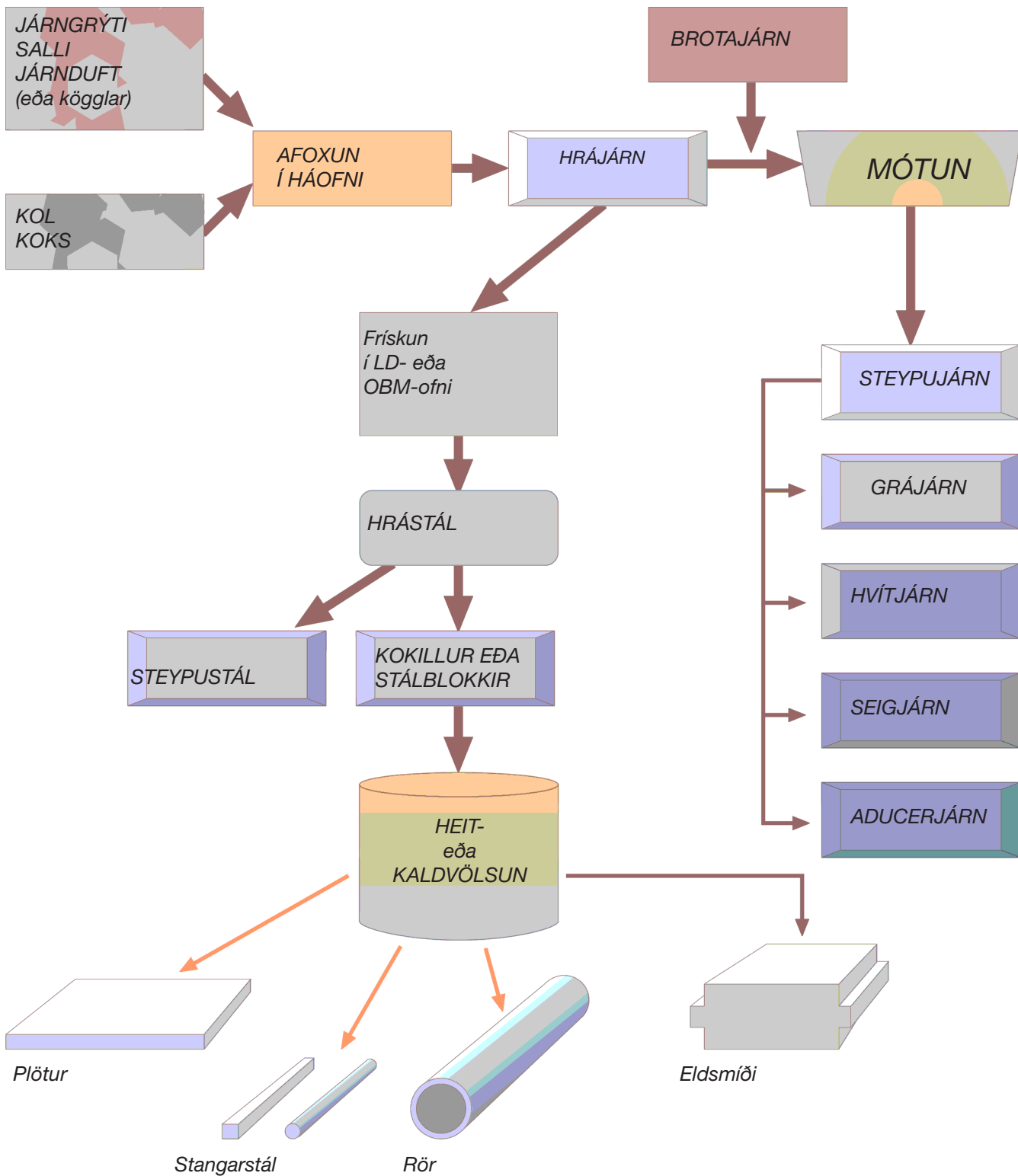
- Gæðastýring
- Gæðatrygging
- Rétt gæði
- Lægra verð á suðuvinnu
- Grunnur fyrir kostnaðaráætlanir
- Grunnur fyrir samningagerð
- Upplýsingar um suðuvinnuna
- Bætt samkeppnisstaða

#### HEIMILDIR:

Svensk Standard SS-EN 287-1. Standardiseringskommissionen  
Vad Du bör veta innan Du svetsar. SAQ.Provning AB

# E3.2.2 Framleiðslutækni: Plötur og stangaefni úr stáli (M3.2.2, G3.2.2\*, T3.2.2)

## Yfirlit yfir stálframleiðslu



\* Fyrir G 3.2.2, sjá líka E6.2.1; Framleiðslutækni: stálrör.

Það stál sem við notum er fengið úr járnrýti, annaðhvort sem hematít ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) eða magnetít ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) og er blandað grágrýti. Þetta grágrýti verður að fjarlægja, og er það gert með ferli þar sem hlutfall járnrýtis er aukið. Í þessu ferli er málmgrýtið malað og það járnrýti sem þá er eftir er kallað „slig“.

Þar sem „sligið“ er fínkornótt og þar með ekki hægt að vinna það, er það blandað með kokssalla, kalki og vatni. Kveikt er í þessari blöndu og þá brennur koxsið upp. Efnið hitnar upp í uþb.  $1.200^\circ\text{C}$  sem dugir til að bræða saman sligkornin sem mynda við það svampkenndan klump sem síðan er malaður. Þetta ferli er kallað *sindrún*.

### Framleiðsla hrájárns

Þessi svampkenndi klumpur er að mestu leyti *járn-oxíð*, þ.e. blanda járns og súrefnis. Til að fá nothæft hrájárn verður að losna við súrefnið, en það er gert í *háofni* (t.h). Járnnoxíð og koks blandast saman og heitu lofti er blásið inn í neðri hluta háofnsins.

Járnnoxíðið nær háum hita með því að koxsið gengur í samband við súrefni loftsins, en líka við það súrefni sem er í járnnoxíðinu, og úr upphituðu járnnoxíðinu fæst þannig járn.

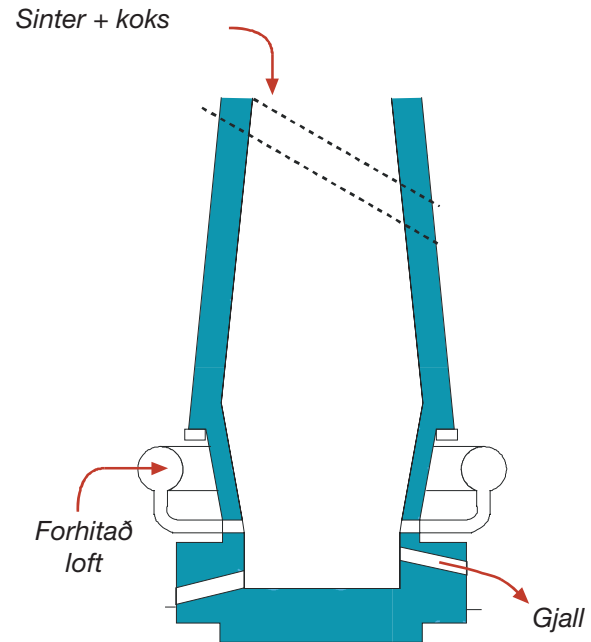
Það *hrájárn*, eða stangajárn, sem nú er fengið inniheldur býsna mikið af kolefni (ca. 3,5%), og þar að auki nokkurt magn kísils, mangans, fosfórs og brennisteins. Hlutfall þessara efna verður að minnka til þess að hægt sé að tala um *stál*. Öðru fremur verður að minnka kolefnið niður fyrir 1,7%.

### Framleiðsla stáls

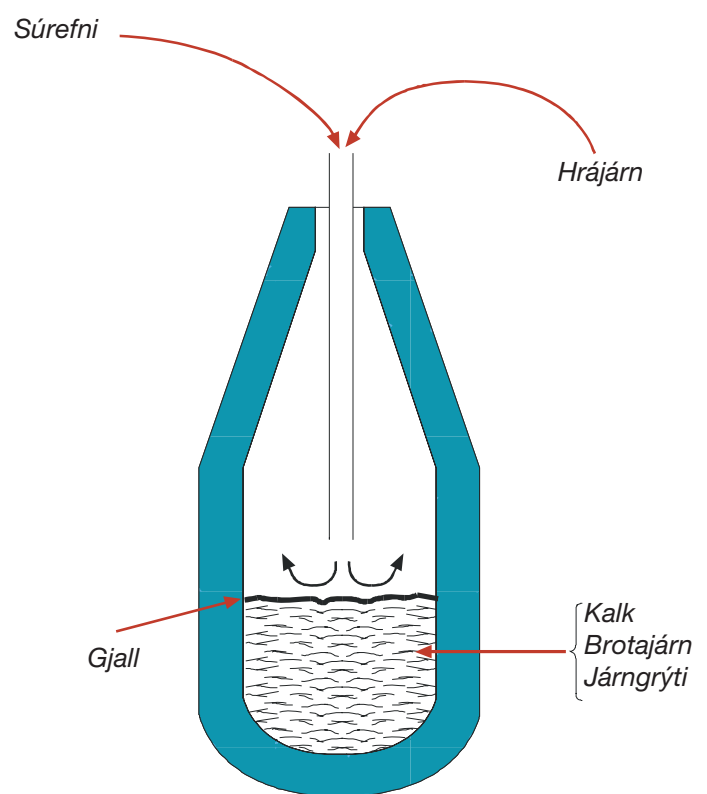
Til þess að fá nothæft stál er hrájárnið meðhöndlað með súrefni. Með súrefninu er bætt í t.d. kalki, til að mynda gjall. Þau efni sem á að fjarlægja bindast súrefninu sem oxíð og safnast fyrir í gjallið.

Þær aðferðir sem eru notaðar við stálframleiðslu geta verið OBM-, LD-, Martin- eða rafstálsferli. Með hrájárninu er oft blandað brotajárni. Til að bræða þessa blöndu af hrájárni, brotajárni og gjallmyndandi efnum þarf gífurlega orku. Hún getur verið fengin með rafmagni, olíu eða gasi. Stundum er fleiri en einni orkugerð beitt.

Það kolefni sem losnar við stálframleiðsluna er fjarlæggt sem koltvísýringur.



Háofn



Stálframleiðsla.

Eftir þetta ferli er íblöndunarefnum bætt í til að fá fram þá eiginleika í stálið sem óskað er eftir. Þeim er ýmist bætt í sem járnblendi sem er blanda íblöndunarefna og járns eða í hreinu formi.

## Stáldeiglu: Uppbygging Hugtakið hitameðferð Áhrif á eiginleika stálsins

Þegar stálframleiðsluferlinu er lokið er eftir að koma bráðinni í fast form, í deiglu. Stálinu er tappað í form sem eru fóðruð með eldföstum tígulsteinum.

Við átöppun er gerður greinarmunur á *kokillumótum* og *stigmótum*. Við kokillumótun er stálinu tappað í mót, s.k. kokillur, og úr þeim fást *deiglu*.

Stálgerðir sem hættir sérstaklega til að springa eru *stigmótadar*. Munurinn á aðferðunum er að við kokillumótun er stálinu tappað í mótið ofanfrá, en við stigmótun neðanfrá.

### Ópétt (óróað) stál

Stálið í ofninum inniheldur ákveðið magn súrefnis í lausu formi. Þetta súrefni getur hvarfast með kolefni og myndar þá koloxíð við storknunina. Koloxíðin valda síðan holrýmum inni í deiglu, en hægt er að valsa þau saman við áframhaldandi vinnslu. Þetta stál er kallað *ópétt*. Kolefni, fosfór og brennisteinn verða eftir í miðju deiglu, en við yfirborðið verður minna magn kolefnis og óhreininda. Samsöfnun óhreininda í miðju deiglu kallast *skiljun*.

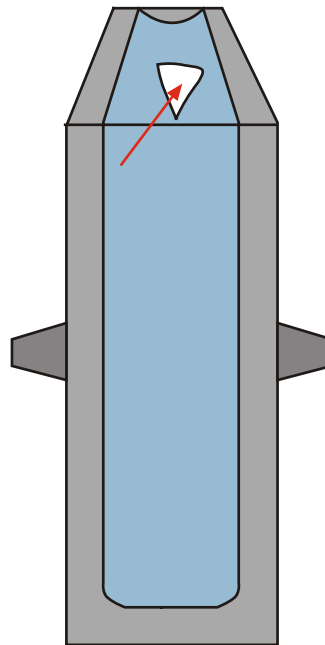
### Þétt (róað) stál

Skiljun er óásættanleg við framleiðslu margra stálgerða, jafnframt því sem efnasamsetningin er slík að stálið storknar ekki ópétt. Þetta er leyst með því að bæta við efnum sem bindast frekar súrefninu en með kolefninu, t.d. áli eða kísil. Þessum efnum er bætt í stálofninn eða við átöppunina - afoxun - og *þetta* þau stálið.

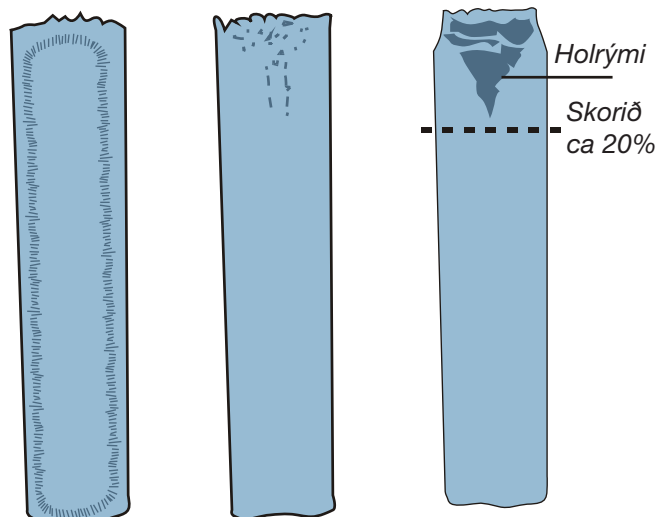
Með sérstökum hætti er efsti hluti deiglu látinn storkna síðast, og þar safnast líka óæskileg efni í holrými, „pipe“. Efsti hluti deiglu er síðan skorinn af og verður brotajárn. Vegna þessa er ekki öll deiglu nothæf til frekari úrvinnslu.

### Hálþétt (hálf róað) stál

Millistig þessara aðferða er *hálfþétt* stál. Það eru líka holrými í því, en skiljunar (samansafn óhreininda) eru ekki eins stórar og í ópéttum stáldeiglu. Ópétt og hálfþétt stál er núorðið að verða minna og minna notað.



Deigla úr þéttu stáli. Takið eftir holrýminu.



Frá vinstri: ópétt, hálfþétt og þétt stáldeigla.

## Stálverkið og völsunarverkið

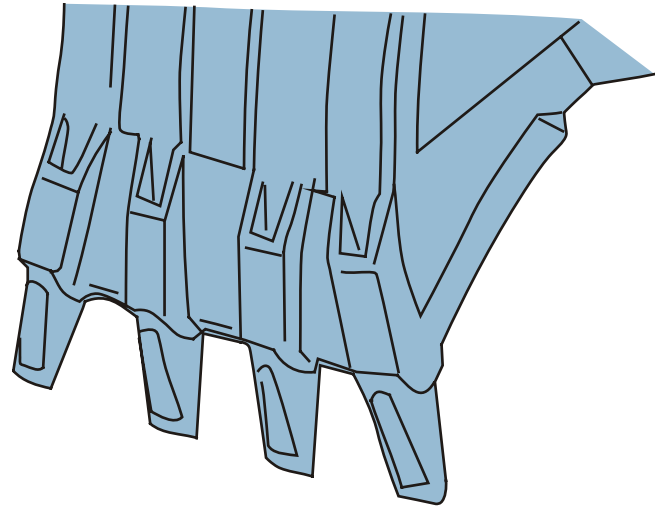
Þegar stálið hefur umbreytt úr fljótandi í fast form, má segja að fyrsta áfanga stálvinnslunnar sé lokið. En stáldeiglan sem slík er ekki nothæf til neins; hún er einungis hráefni, sem þarf að fara í gegnum úrvinnsluferli til að verða að smíðaefni.

Þessi úrvinnsla getur verið steypa, eldmótun eða völsun. Algengasta vinnsluaðferðin er *völsun*.

Suðuhæft steypustál hefur í mesta lagi 0,20% kol-efnisinnihald. Eftir mótun fer steypustálið í gegnum hitameðferð.

Eiginleikar steypustáls eru nokkuð lakari en hjá völsuðu stáli, en valsaða stálið er mun seigara og hefur hærri brotmörk en t.d. grájárn.

Hlutir úr steypustáli eru til dæmis gámafestingar, gröfufennur o.s.fv.



Gröfuskófla með tönnum

## Plötuvölsun: eftirlit með þykkt og sléttleika

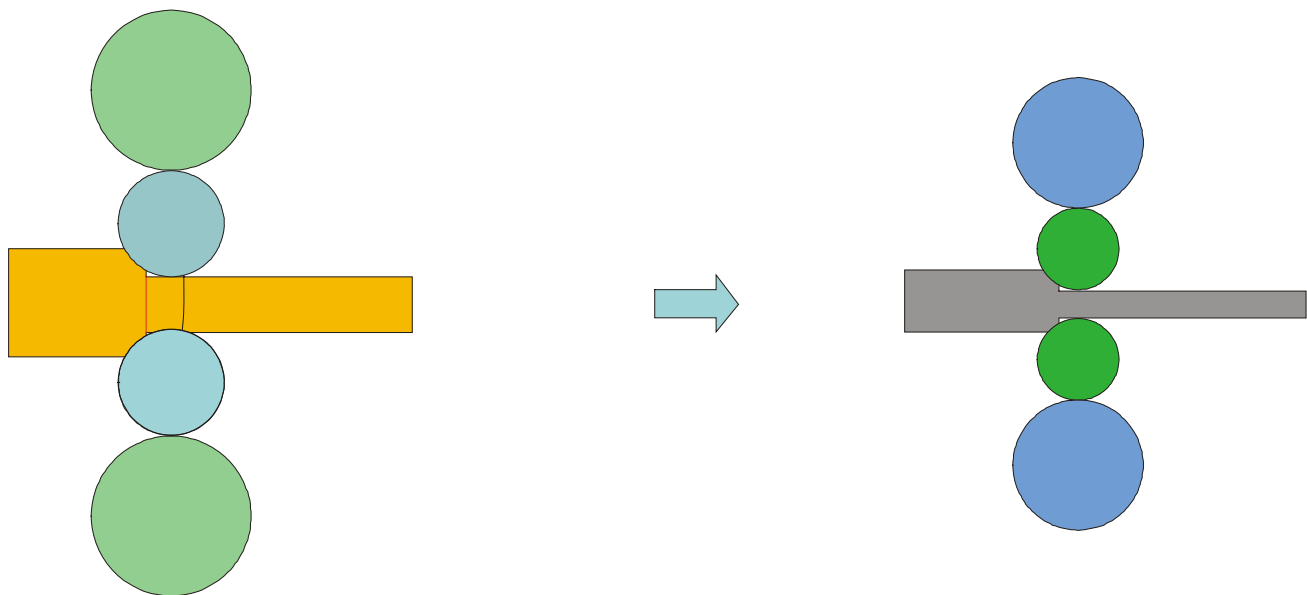
Við völsun er gerður greinarmunur á *kaldvölsun* og *heitivölsun*. Við heitivölsun er deiglan hituð upp í 800-1.100°C, til þess að auðveldara sé að forma stálið. Völsunin fer yfirleitt fram í nokkrum þrepum, frá tiltölulega þykku efni í sífellt þynnra.

Heitivölsunin gerir það ekki bara að verkum að auðveldara er að forma stálið, heldur eykur aðferðin

jafnvel gæði stálsins. Það grófkornótta stál sem myndaðist í deiglunni fær nokkuð fíngerðari uppbyggingu við meðferðina og verður við það seigara.

Framhald heitivölsunarferlisins er kaldvölsun. Með heitivölsun er hægt að framleiða plötuefni allt niður í 1,5 mm, en ef óskað er eftir þynnra efni verður það að vera kaldvalsað.

Kaldvölsun gefur möguleika á nákvæmari málum, sléttara og jafnara yfirborði ásamt auknum styrk, sem gerir kaldvalsaðar plötur að vinsælli vöru með breitt notkunarsvið.



Plötuvölsun, t.v. heitivölsun. t. h. kaldvölsun.



## Formvölsun: eftirlit með málum og formi

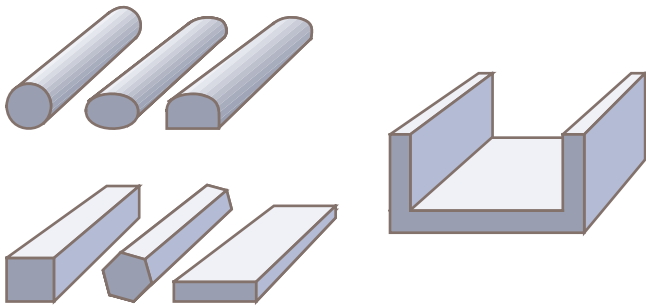
Það eru ekki bara plötur sem eru valsaðar. Margar gerðir stangaefnis eru framleiddar og notaðar við mannvirkjagerð af ýmsu tagi. Það geta verið bitar, sívalt, ferkantað eða flatt stangaefni, sívöl eða ferköntuð rör.

Við framleiðslu á plötum og flatjárnmi eru notuð *slétt* kefli í völsunarverkið. Til að búa til stangir verður hins vegar að nota s.k. *kvarðaða* valsa við mótunina. Kvarðaðir valsar geta verið tvíátta (hægt að breyta völsunaráttinni) eða einátta.

Til kaldvölsunar er notað *fjölvalsaverk*.

Gegnheilt stangaefni er til með eftirfarandi þver-skurðarsniði: Sívalt, sporöskjulagað, hálfsporöskjulagað, ferningslagað, fer-, sex- og áttkantað.

Bitaeefni er til sem U-, I-, H-, L- eða Z-bitar ásamt ýmsum gerðum brautarteina.



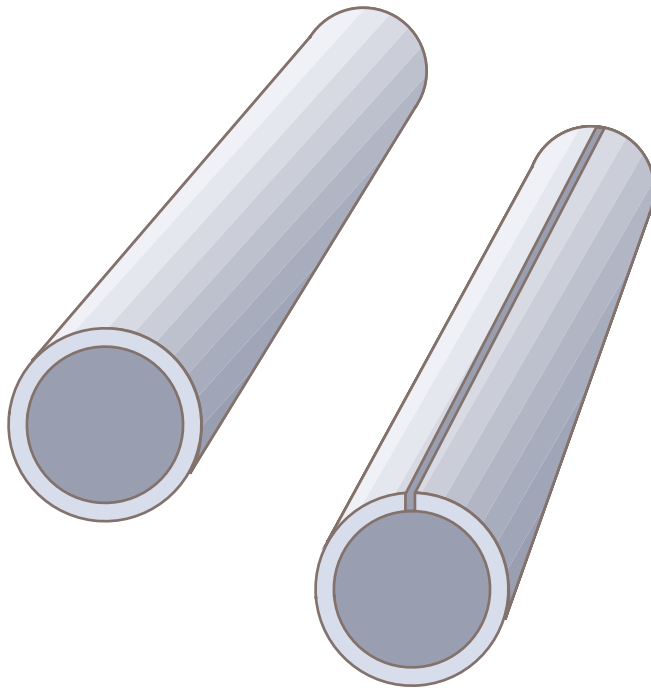
Stangaefni með ólíka lögun.

Þráður er efnisform sem notað er í mörgum gerðum og gæðastigum í suðuefni. Grófari þráður, frá 5 mm og sverari, er framleiddur með heitvölsun. Grennri þráður er framleiddur með *kalddrætti*. Þetta ferli er þannig að þráðurinn er þvingaður (dreginn) í gegnum gat í harðara efni (dragskífu). Við dráttinn kaldvinnst efnið og verður bæði harðara og sterkara. Með þessum hætti er hægt að framleiða þráð allt niður í 0,01 mm í þvermál.

Rör flokkast einnig sem stangaefni. En efni í því formi hefur marga notkunarmöguleika og er m.a. notað til mannvirkjagerðar og sem leiðslur fyrir vökva, gas og föst efni eins og sand eða korn.

Sívöl rör eru aðallega framleidd á tvo vegu. Annars vegar sem *heildregin* rör og hins vegar sem *soðin* rör.

Ein leið til að framleiða heildregin rör er að glóðhita



Heildregið rör til vinstri og soðið rör til hægri.

sívala stálstöng og þrýsta henni á móti dór. Þetta er kallað vinnsla í hitaþrýstibekk. Önnur leið er að steypa rörin úr fljótandi hráefni. Sú þriðja er völsun utan um tappa. Með síðastnefndu aðferðinni er ekki hægt að framleiða rör með minna þvermál en u.þ.b. 28 mm að innanmáli, og í hitaþrýstibekk ekki undir ca. 55 mm. Til þess að framleiða rör með minni þvermál eru röraefnin völsuð niður í sérstöku völsunarverki.

Grennri rör og með betra yfirborði eru kaldunnin. Þannig eru til dæmis rör í innspýtingarspíssa búin til.

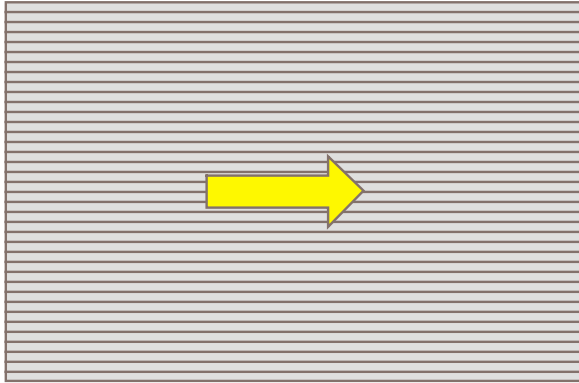
Soðin rör eru gerð úr stálræmum sem eru beygðar eða valsaðar í rörform. Síðan eru samskeytin soðin með heppilegri suðuaðferð.

Hráefnið getur verið hvort sem er kald- eða heitvalsað efni. Suðan er oftast viðnámsuða, en núorðið líka plasma- eða leysigeislasuða.

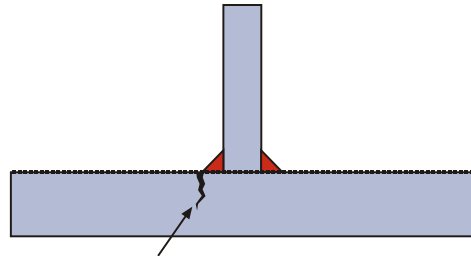
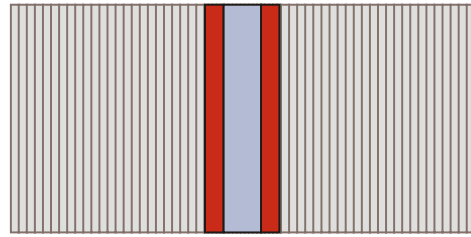
Afbrigði af t.d. ryðfríum rörum er einnig hægt að spíralsjóða. (Meira um röraframleiðslu í E 6.2.1.)

## Yfirborðseiginleikar í völsuðu efni

Valsað efni er afhent annaðhvort sem kald- eða heit-valsað. Hægt er að sjá mun á kald- og heitvölsuðu efni, þannig er kaldvalsað efni gljáandi en það heit-valsaða fær á sig svarta húð, s.k. eldhúð.



Valsarnir gera dauf merki í plötunum.



Ef efnið er beygt eða soðið langsum eftir völsunaráttinni getur það framkallað brot.

Valsaðar vörur er einnig hægt að fá með yfirborðshúð úr t.d. zinki (galvaníserað stál) eða í sjaldgæfari tilvikum – króm, eir eða nikkell.

Fyrir suðumanninn er það áriðandi að vera meðvitadur um völsunaráttina, þ.e.a.s. á hvern veginn förin eftir valsana liggja. Ef suðan liggur í sömu átt og

valsaförin er meiri hættu á broti meðfram suðunni en ef suðan liggur þvert á völsunaráttina. Þetta þarf að hafa í huga við raufarundirbúning! Ef beygja á stálplötu getur völsunaráttin líka haft mikil áhrif á endanlegt burðarþol smíðahlutarins.

HEIMILDIR:

*Framleiðsla og vörur* – Stál: Järnbruksförbundet 1985.

*Efnisfræði* : Karlebo Materiallára 1993.

*MNC handbók nr 4 – Stál*. Metallnormcentralen-SIS 1986.

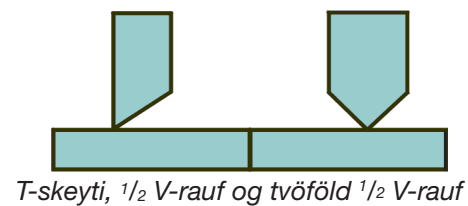
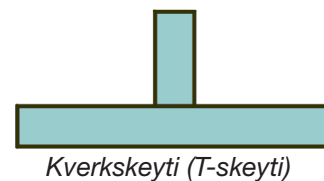
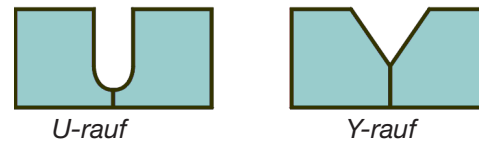
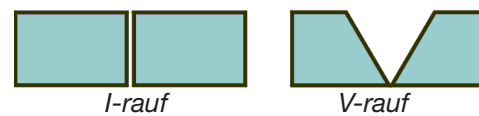
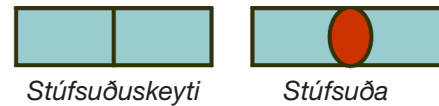
## E3.2.3 Suðuskeyti á plötum (M3.2.3, T3.2.3)

### Suðugerðir: stúfsuða, kverksuða og horn.

Suða er framkvæmd í margar ólíkar raufargerðir og stöður. Segja má að suðurauf sé „formað svæði fyrir suður“, og fylgja þær ákveðnu kerfi.

*Stúfsuður* er það kallað þegar báðir hlutar vinnslustykkisins eru að mestu í sama plani.

Það eru til margar mismunandi stúfsuðuraufar, eins og I-rauf, V-rauf, tvöföld V-rauf, U-rauf, Y-rauf ásamt hálfraufum þar sem aðeins er gerð rauf á annan hluta vinnslustykkisins.



*Kverksuða* er það kallað þegar hlutar vinnslustykkisins eru í ólíku plani (mynda horn hvor á móti öðrum, forma t.d. T eða L), Kverksuður er oft hægt að framkvæma án sérstaks undirbúnings skeytisins. Þegar kverksuðuskeytin eru undirbúin verður t.d. um að ræða T-skeyti með  $1/2$  V-rauf eða tvöfaldri  $1/2$  V-rauf.

Hornsuður eru, eins og nafnið gefur til kynna, soðnar í/á horn.



## Eiginleikar kverksuðu

Þverskurðarform kverksuðu getur verið ýmist jafnarma eða óreglulegt. Í fyrra tilfallinu er stærð suðunnar mæld sem *a-mál* (*a*). Ef armar þverskurðarformsins eru mislangir er stærðin mæld sem *z-mál* (*z*).

Skilyrði fyrir vel heppnaðri suðu er að bræðsla grunnefnisins sé fullnægjandi, þ.e.a.s. innbræðsla suðunnar.

Innbræðsla suðunnar er mæld frá upphaflegu yfirborði fúgunnar og niður á það dýpi sem suðan hefur brætt sig inn í grunnefnið. Hér skiptir útlit suðunnar, lögun eða stærð engu máli. Innbræðslan er háð því magni hita sem beint er að suðusvæðinu, og fer eftir stillibreytum eins og suðuhraða, straumstyrk, suðustöðu o.s.frv.

Fjöldi suðustrengja sem lagðir eru í kverkskeyti er mismunandi. Það fer eftir efnisþykkt grunnefnisins, kröfum suðuferilslýsingarinnar o.fl.

Í óblandað smíðastál, þar sem álagsþol hefur litla eða enga þýðingu, er hægt að leggja tiltölulega fáa og stóra suðustrengi. Þar sem kröfur um álagsþol eru miklar, getur það hins vegar verið afgerandi fyrir endanlegt burðarþol að suðum sé skipt upp í marga strengi.

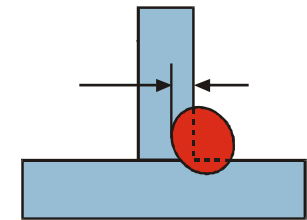
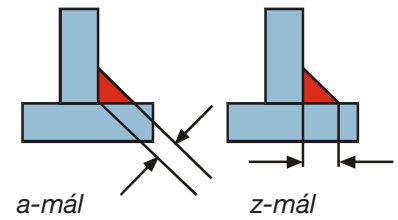
Útlit og lögun suðunnar, eða yfirborðseiginleikar geta einnig haft áhrif á álagsþol suðuskeytanna.

Mjög kúptar suður geta valdið hættu á sprungu-

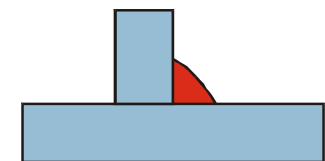
myndun sem verulega minnka álagsþol, sérstaklega þreytuþolið.

Ávallt skal reyna að hafa kverksuður sléttar eða íhvolfar.

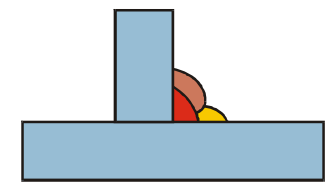
Ef það er gert myndast lítil eða engin spennuþjöppun við suðuskilin og hins vegar þarf enga eftirvinnslu til að bæta t.d. útlit suðunnar.



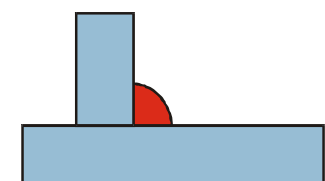
*Innbræðsla kverksuðu.*



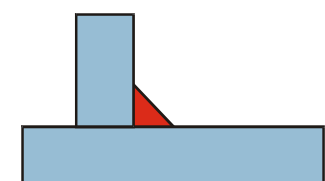
*Kverksuða getur verið gerð með einum streng...*



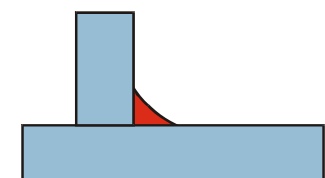
*...eða fleirum*



*Kverksuða getur verið kúpt...*



*...slétt...*



*...eða íhvolf.*

## Eiginleikar stúfsuðu

Eins og áður var nefnt getur skeytagerð stúfsuðunnar verið með ýmsu móti. Lögum fer eftir efnisþykkt, efnisgæðum, kröfum o.s.frv.

Við suðu í þunnt efni er oftast notuð I-rauf. Þegar um er að ræða efnisþykktir á milli ca. 4-15 mm er notuð einhver gerð V-raufa. V-rauf getur verið heil, hálf eða jafnvel tvöföld. Þá síðastnefndu verður að nota þegar efnisþykktin liggur á bilinu ca. 10-30 mm.

Blendingur I- og V-raufar kallast Y-rauf. Þegar um mjög þykkt efni er að ræða er notuð U-rauf, oft með V-rauf í botninn.

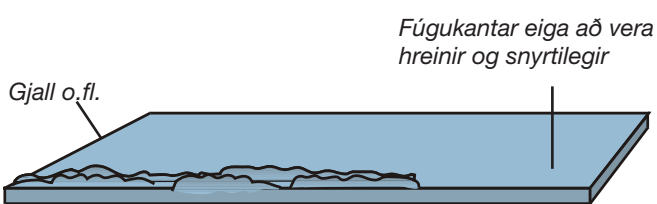


Þverskurðarflatarmál raufarinnar veldur því að hagkvæmara er að nota tvöfalda V-rauf eða U-rauf þegar efnisþykktin verður meiri.

## Raufarvinnsla

Aðferðirnar við raufargerð eru margar og fara eftir aðstæðum hverju sinni.

I-rauf verður oftast til við klippingu, að sjálfsgöðu með tilheyrandi gráðuhreinsun. Í vissum tilfellum verður I-rauf til eftir skurð með slípirokk, eða ef um þunnveggja rör er að ræða, sögun.



Hreinsa verður gráður af fúguköntum vinnslustykkisins, sama með hvaða hætti fúguundirbúningur er gerður.

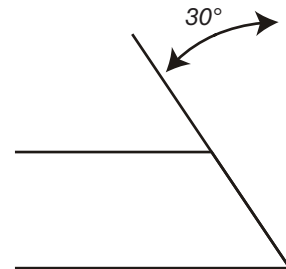
Einnig er algengt að skorið sé með plasma, sérstaklega í ryðfrítt efni. Það er alltaf mikilvægt að hreinsa gráður af raufarköntum vinnslustykkisins til þess að forðast óhreinindi í suðunni.

Ef raufin á að vera V-laga er algengt að skorið sé með gasi, sérstaklega í plötuefni. Gætið þá að því að gjall sé hreinsað burt og að gert sé við sár í yfirborði

raufarinnar. Rétt stilling raufarhornsins er mikilvæg og því þarf að hafa reglulegt eftirlit með gráðustillingu skurðartækjanna.

Þykkveggja rör er einnig hægt að skera með gasi, og er þá oft notaður sérstakur rörskurðarbúnaður. Í sumum

Takið eftir raufarhorninu. Oftast er fösunin 30°, en það er ekki algilt.



tilfellum er raufin formuð um leið og rörið er skorið í þar til gerðri rörskurðarvél.

U-fúgur eru renndar eða fræstar.

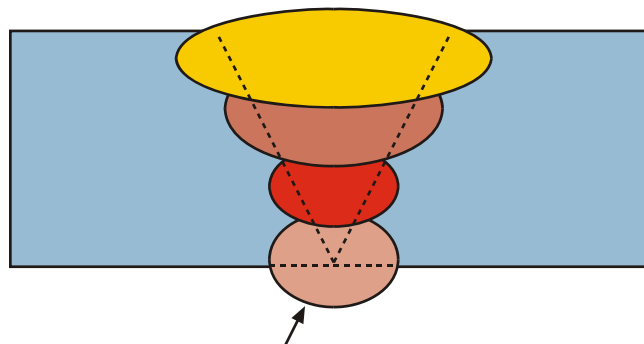
## Einstrengja- eða fjölstrengjasuða

Í þunnt efni er oftast soðinn einn strengur. Jafnframt því sem efnisþykktin eykst, fjölgar einnig suðustrengjunum, þar sem því fylgir aukin hættu á suðugöllum ef hver strengur er mjög stór.

Samsetning efnisins getur stundum valdið því að sjóða verður marga strengi í tiltölulega þunnt efni. Þetta er til þess að halda hitainnstreyminu í lágmarki.

Við fjölstrengjasuðu verður alltaf að hreinsa vel á milli strengja til þess að forðast bindigalla og gjallleifar í suðunni.

Ef hægt er að komast að bakhlið suðunnar eru flestar stúfsuður soðnar með bakstreng, þ.e. að ratarhliðin er lögð til með slípun eða skurði og síðan er lokastrengur soðinn þar. Þetta er gert til þess að raufarvinnslan sé einfaldari og ódýrari.



Fjölstrengjasuða með bakstreng.

## Suðutákn

Með suðutáknum samkvæmt ÍST EN ISO 2553 „*Teiknireglur - Soðin og lóðuð samskeyti. Táknun á teikningum*“, gefur hönnuðurinn upp hvernig framkvæma skal suðuna.

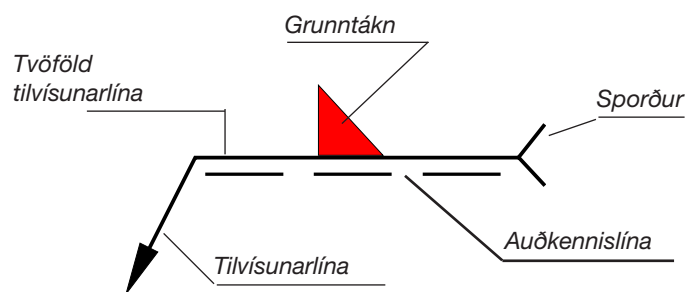
Ein og sama suðuskýring á að geta gefið upp:

- lögun suðuraufarinnar
- þverskurðarmál suðunnar
- innbræðslu
- hvort suðan á að vera órofin
- lengd suðupunkta
- heilsuðu
- hvorum megin sjóða skal
- hvort eigi að gegnumsjóða
- yfirborðslögun suðunnar
- bil á milli suðupunkta

- fjölda suðupunkta
- sikk-sakk suðu
- suðu á byggingarstað
- tilvísun til suðuferilslýsingar
- (1) suðuaðferð (samkv. ÍSN EN 4063)
- (2) kröfur um suðugæði (t.d. samkv. ÍST EN ISO 5817)
- (3) suðustöðu (samkv. ÍST EN ISO 6947)
- (4) suðuefni (t.d. ISO 544, ÍST ISO 2560, ISO 3581)

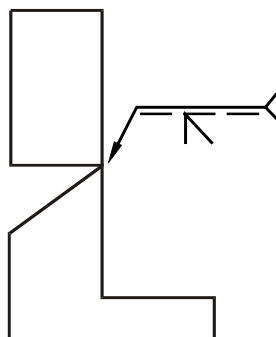
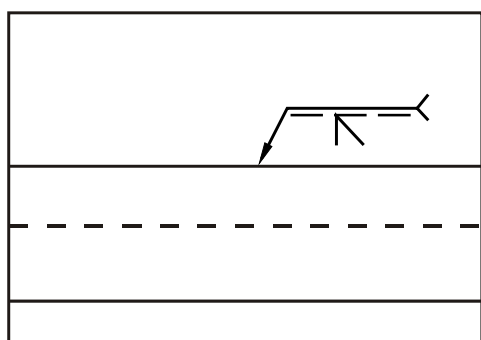
(1, 2, 3, 4) sýnir uppröðunina á sporðinum, upplýsingarnar á að skilja að með skástrikum.

Suðuskýring samkvæmt ÍST EN ISO 2553 inniheldur alltaf *höfuðlínu, tilvísunarlínu, grunntákn og sporð*.



### Tvöföld tilvísunarlína

Tvöföld tilvísunarlína er samsett úr hinni eiginlegu tilvísunarlínu sem er heil og samsíða auðkennislínu sem er strikálína. Fyrir samhverfar suður má sleppa strikálínunni.



### Tilvísunarlína

Tilvísunarlínan tengist öðrum hvorum heildregna enda láréttu línunnar. Línumnar mynda yfirleitt 45 gráðu horn hvor á aðra, en geta einnig myndað annað horn ef lögun vinnslustykkisins krefst þess. Oddur tilvísunarlínunnar beinist að þeirri hlið sem á að vinnast í stúfsuðu, t.d. í hálfra V-rauf eða hálfra Y-rauf.

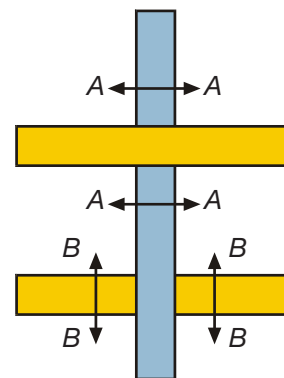
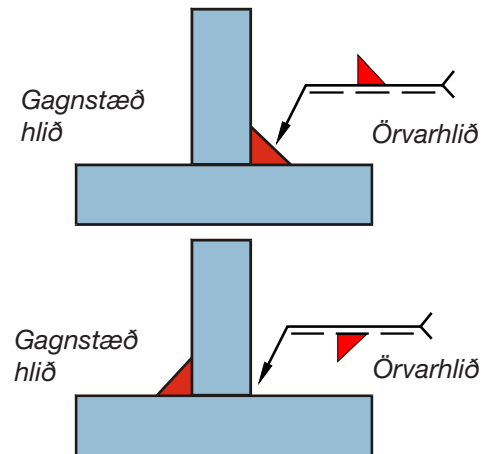
Í öðrum tilfellum hefur staða og stefna tilvísunarlínunnar gagnvart suðunni enga þýðingu.

**Hvað er átt við með „örvarhlið“ og „gagnstæð hlið“?**

**Örvarhlið:** hér stendur suðutáknið á heildregnu línunni, sem þýðir að suðan á að sjóðast þeim megin sem örin bendir.

**Gagnstæð hlið:** hér stendur suðutáknið á strikalinunni, sem þýðir að suðan á að sjóðast á gagnstæðri hlið, þ.e.a.s. beint á móti örvarhliðinni.

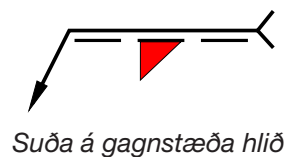
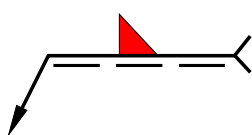
Hugtökin örvarhlið og gagnstæð hlið afmarkast af hlutum vinnslustykkisins, þ.e. fylgja raufinni.



## Uppbygging tilvísunarlínunnar

Algengast er að strikalinan sé teiknuð undir heildregnu línunni. Ef strikalinan er hins vegar höfð yfir þeirri heildregnu af einhverjum ástæðum á að gera það eins á allri teikningunni.

Þetta er gert til þess að koma í veg fyrir misskilning. Það skiptir nefnilega höfuðmáli hvort suðutáknin standa á heildregnu línunni eða strikalinunni eins og fram kom hér að ofan.



Suðustrengur á „örvarhlið“ eða „gagnstæðri hlið“ getur aldrei farið „í gegnum“ efnið, heldur fylgir ávallt suðuraufinni.

## Suðutákn























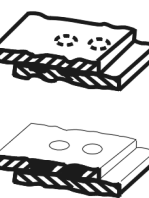

Suðutáknin eru teiknuð á tilvísunarlínuna. Táknin geta verið eingöngu grunntákn eða haft með sér viðbótartákn.

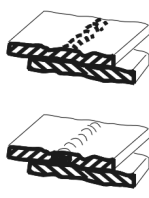







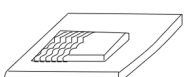

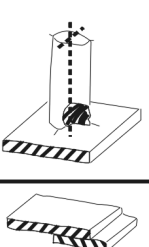





## Grunntákn

Grunntáknin eru í flestum tilfellum eins og þverskurðarmynd af suðunni. Það eru til 20 mismunandi

tákn fyrir soðin og lóðuð skeyti. Fleiri en eitt grunntákn getur verið á sömu suðuskýringu.

### Grunntákn

| Nr | Nafngreining          | Mynd                                                                                | Tákn                                                                                |
|----|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Kantsuða              |    |    |
| 2  | I-rauf, stúfsuða      |    |    |
| 3  | V-rauf, stúfsuða      |    |    |
| 4  | 1/2 V-rauf, stúfsuða  |    |    |
| 5  | Y-rauf, stúfsuða      |  |  |
| 6  | 1/2 Y-rauf, stúfsuða  |  |  |
| 7  | U-rauf, stúfsuða      |  |  |
| 8  | J-rauf, stúfsuða      |  |  |
| 9  | Bakstrengur           |  |  |
| 10 | Kverksuða             |  |  |
| 11 | Tappa- eða raufarsuða |  |  |
| 12 | Punktsuða             |  |  |

| Nr | Nafngreining                | Mynd                                                                                  | Tákn                                                                                  |
|----|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | Saumsuða                    |    |    |
| 14 | Suða í þrönga V-rauf        |    |    |
| 15 | Suða í þrönga 1/2 V-rauf    |    |    |
| 16 | Suða í kantrauf             |  |  |
| 17 | Slitsuða                    |  |  |
| 18 | Yfirborðs- og sköruð skeyti |  |  |
| 19 | Skeyti með hallandi I-rauf  |  |  |
| 20 | Læst rauf                   |  |  |



## Viðbótartákn

Með viðbótartáknum er hægt að gefa upplýsingar um þær kröfur sem gerðar eru til yfirborðs eða róthliðar suðunnar. Þar sem engin fylgitákn eru til staðar þýðir það að engar sérstakar kröfur eru gerðar til yfirborðs suðunnar.

Viðbótartákn

| Yfirborð suðunnar          | Tákn |
|----------------------------|------|
| a) Flöt suða               | —    |
| b) Kúpt suða               | ⤿    |
| c) Íhvolft suða            | ⤿    |
| d) Mjúk skil við grunnefni | ⤿    |
| e) Fast baklegg            | ⌈M⌋  |
| f) Laust baklegg           | ⌈MR⌋ |

Dæmi um notkun viðbótartákna

| Nafngreining                            | Mynd                                                                                 | Tákn                                                                                  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Flöt suða í V-rauf                      |  |  |
| Kúpt suða í tvöfalda V-rauf             |  |  |
| Íhvolft kverksuða                       |  |  |
| Flöt suða í V-rauf með flötum bakstreng |  |  |
| Suða í Y-rauf með bakstreng             |  |  |
| Slétt slípuð eða fræst suða í V-fúgu    |  |  |
| Kverksuða, með mjúk skil við grunnefni  |  |  |

## Viðbótarmerkingar

Það getur verið nauðsynlegt að gefa upp viðbótarmerkingar til að skilgreina aðra hluti sem er mikilvægt að komi fram varðandi suðuvinnuna. Hér eru nokkur dæmi um slíkar viðbótarmerkingar:

### Heilsjóða allan hringinn

Með hring á horninu á tilvísunarlínunni er átt við að heilsjóða á hlutinn allan hringinn. Við stúfsuðu röra er slíkt tákni ekki gefið.

### Suða á byggingarstað / vettvangi

Með flaggi (veifu) er átt við að suðan skal framkvæmd við uppsetningu á byggingarstað.

### Suðuaðferð

Með númeratákni samkvæmt ÍST EN ISO 4063 er suðuaðferðin gefin upp á sporðinum. Ennfremur í hvaða gæðaflokk suðan á að fara í samkv. ÍST EN ISO 5817, suðustöðu samkv. ÍST EN 287 og suðuefni samkv. ÍST EN 499. Númeratáknin á að gefa upp í þeirri röð myndin sýnir.

### Tilvísanir

Það er jafnvel hægt að vísa til sérstakra leiðbeininga eins og t.d. suðuferilslýsingar í lokuðum sporði.

### Stærðarkröfur - kverksuða

Þverskurðarmál kverksuðu er gefið upp annaðhvort sem a- eða z-mál, vinstra megin við suðutáknið. Stærðina verður að tákna með a eða z.

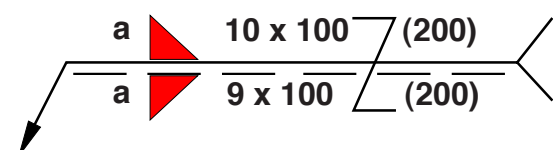
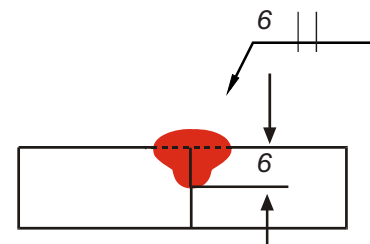
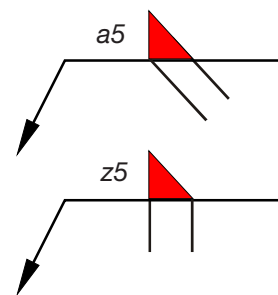
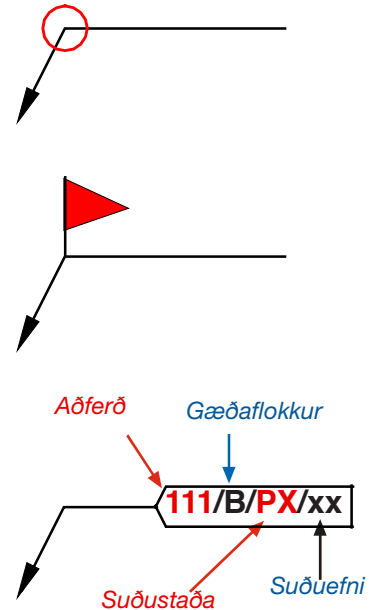
### Stærðarkröfur - stúfsuða

Þverskurðarmál stúfsuðu gefur upp minnsta suðudýpi. Ef ekkert mál er gefið vinstra megin við grunntáknið á að gegnumsjóða.

### Önnur mál

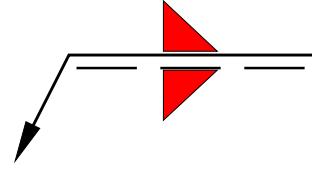
Suðulengd er skrifuð hægra megin við grunntáknið. Ef lengd er ekki gefin, á að sjóða óslitið endanna á milli.

Þegar sjóða á slitrótt er hægt að gefa upp fjölda suðupunktanna, en það er ekki nauðsynlegt. Bilið á milli punktanna verður hins vegar að komi fram og er haft innan sviga. Við zikk-zakk suðu er bætt við stórra Z sem gengur í gegnum höfuðlínuna.

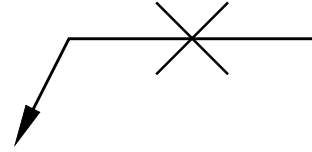


***Tvíhliða suða***

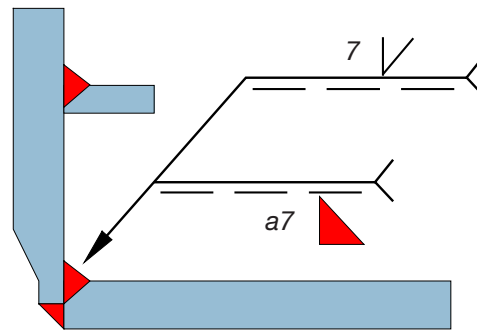
Þegar soðið er frá báðum hliðum eiga suðutáknin að vera beggja megin tilvísunarlínunar, eitt á heildregna hlutanum og annað á strikalínunni.

***Samhverfar suður***

Þegar suðurnar eiga að vera sams konar beggja megin, á að sleppa brotna hluta tilvísunarlínunnar.

***Samtengd suðutákn***

Þegar lögun skeytisins skapar þörf fyrir mismunandi suðutákn, er hægt að bæta við tilvísunarlínu. Þá suðu sem suðutáknin sýnir sem er næst oddi tilvísunarlínunnar á að sjóða fyrst.



## Dæmi um soðin stálvirki úr plötuefni

### Suða þrýstigeymis fyrir heitt vatn

Til þess að ná réttum gæðum við framleiðslu er mikilvægt að reglum og tilskipunum sé fylgt. Einnig þarf eftirlit að vera til staðar meðan á framleiðslunni stendur. Skoðun tilbúinnar vöru gefur einungis takmarkaða mynd, segir ekki hvort gæðakröfum hafi verið fylgt. Þetta á sérstaklega við um suðuvinnu.

### Reglur og staðlar

Um soðin hylki gilda reglur nr. 571/2000 um þrýstibúnað, úr lögum um aðbúnað og hollustuhætti á vinnustöðum, ásamt m.a. eftirfarandi stöðlum:

ÍST EN 1011: Almennt um málmsuðu.

ÍST EN 1708: Samskeytahlutar við málmsuðu, íhlutar undir þrýstingi.

ÍST DS 412: Stálvirki

ÍST EN ISO 13916: Leiðbeiningar við hitameðferð við málmsuðu.

ÍST EN 287: Hæfnispróf suðumanna.

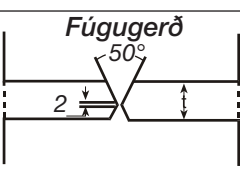
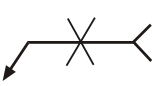
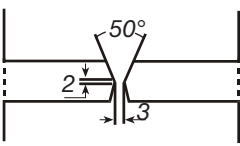
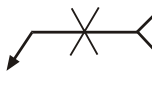
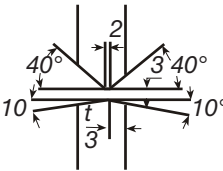
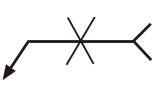
ÍST EN 288 og ÍST EN ISO 156xx:

Samþykki suðuferla fyrir málmsuðu.

### Framkvæmd suðunnar

Allar suðuupplýsingar eiga að koma fram á suðuferilslýsingu. Eftirlit skal haft með því að farið sé eftir suðuferlislýsingunni. Suðubreytur skulu valdar í samræmi við grunnefni, fúgugerð og suðustöðu. Einnig skal tekið tillit til ráðlegginga framleiðanda suðuefnisins. Valdar suðubreytur skulu og vera innan þess ramma sem ferliskröfur fyrir skeytin setja.

Skurðarsár eða aðrir álíka skaðar í efninu skulu fyrst og fremst slípast sléttir. Djúp sár skal fylla með suðu. Slípingin á ekki að skilja eftir sig áberandi rispur. Ljósbogann má aðeins kveikja á yfirborði fúgunnar!

| NÁNARI SKÝRING SUÐUSKEYTANNA                   |                                                                                     |                                                                                                              |                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Suða</b><br/>Plötuskeyti í hálfkúlum</p> |  | <p><b>Suðutákn</b></p>  | <p><b>Skýring</b><br/>Bakhliðin skorin upp með kolboga og slípuð.</p>                                                  |
| <p>Lóðrétt skeyti á hylki</p>                  |  |                         | <p>Bakhliðin róthreinsuð. Fyrir vinnu með kolboga á að forhita grunnefnið í 100°C.</p>                                 |
| <p>Lárétt skeyti á hylki</p>                   |  |                         | <p>Bakhliðin róthreinsuð og slípuð. Grunnefni OX-600. Forhita skal efnið í 100°C fyrir suðu eða vinnu með kolboga.</p> |

## Suðuröð

Tvær gerðir eru til af suðuröðum, staðar- og heildar. Staðarsuðuröð segir til um hvernig ákveðin skeyti eiga að sjóðast og á þátt í að skapa eiginleika skeytanna. Hún lýsir punktun og strengjaröð.

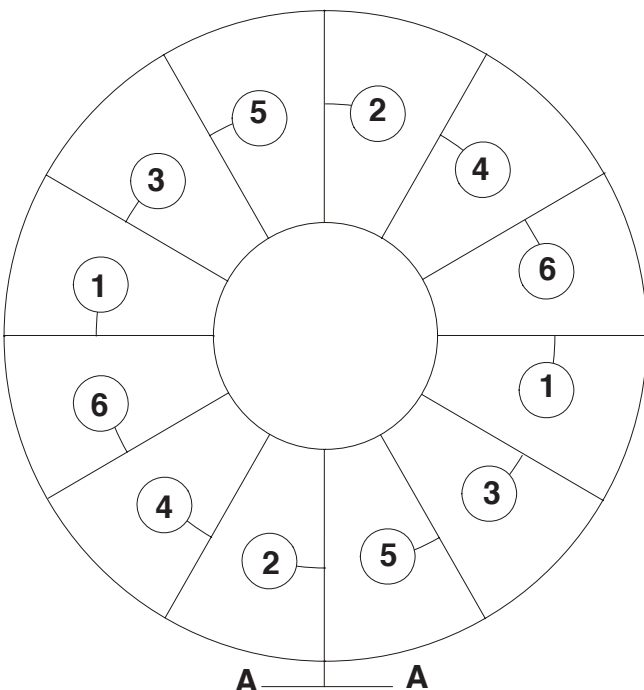
Heildar suðuröð lýsir í hvaða innbyrðis röð skeytin eiga að sjóðast. Hún á að vera gefin upp á teikningum og er til þess að hindra sprungumyndun og aflögun.

Til þess að koma í veg fyrir vandamál eiga plötur alltaf að hafa ákveðinn hreyfinguleika. Fylgja skal eftirfarandi grunnreglum:

- Sjóðið frá miðju (fastspennt svæði) að lausum köntum.
- Sjóðið T-skeyti á undan stúfskeytum.
- Suða rörs í plötu. Sjóðið annan helminginn með a.m.k. 3 strengjum eða að fullu áður en byrjað er á hinum helmingnum. Annars er afar mikil hættan á rótsprungum.

## Dæmi um hálfkúlu og sívalning

Eftirfarandi dæmi sýnir bestu suðuröð suðuskeyta á

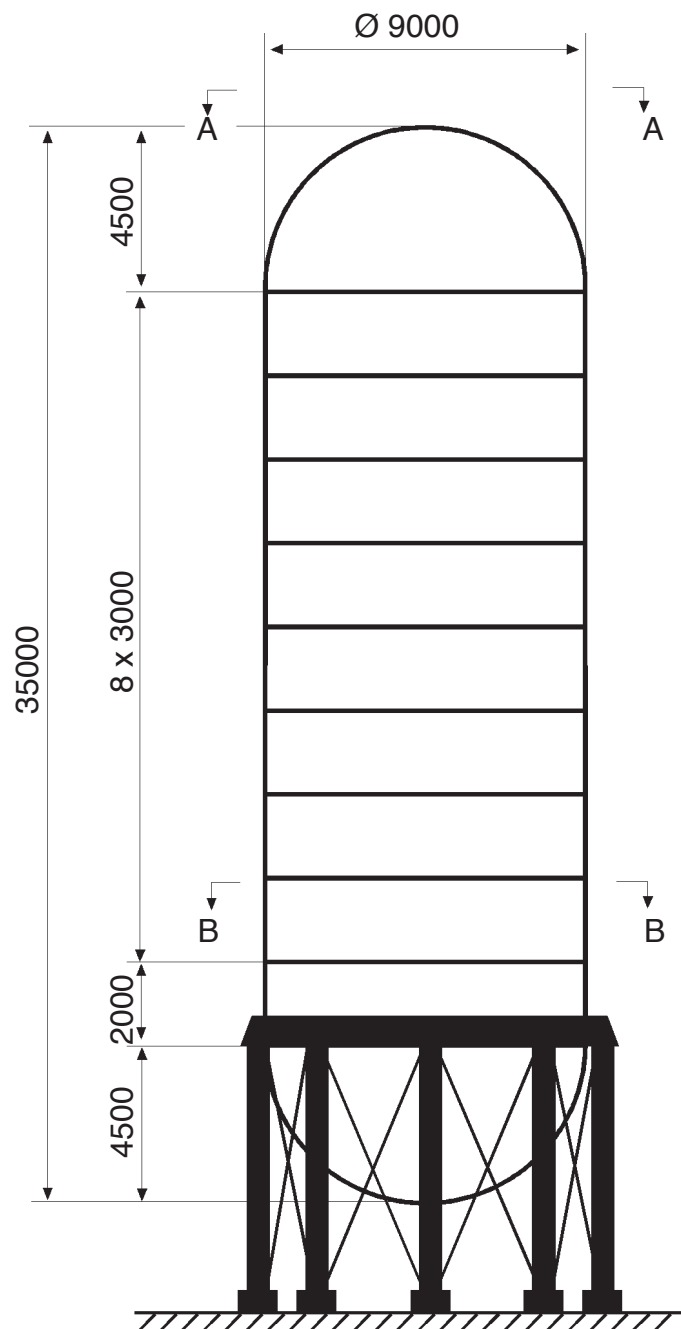


Mynd 1. Suðuröð fyrir hálfkúlu.

vatnsþrýstigeymi. Geymirinn er sívalur með hálfkúlulaga endum. Gert er ráð fyrir að plöturnar hafi verið afhentar tilbúnar til suðu.

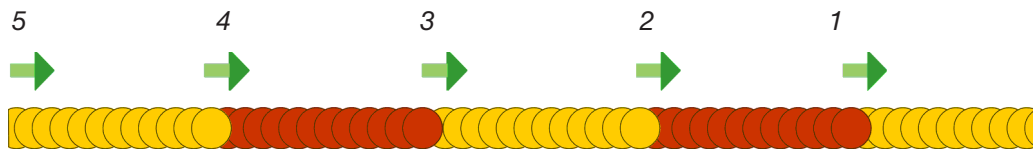
Plötunum, sem mynda eiga hálfkúlurnar, er stillt upp á sléttum fleti og punktaðar samkvæmt suðufelrslýsingu.

Vegna samdráttarins sem verður þvert á suðurnar verður að auka ummálin við miðjuplötu og miðbaug. Reiknað er með tveggja mm samdrætti þvert á hverja suðu, en það fer eftir efnisþykkt. Langsum er gert ráð fyrir þriggja mm samdrætti hvers skeytis.



Mynd 2. Þrýstigeymir fyrir heitt vatn.

Suðan fer fram samkvæmt suðuferilslýsingu og suðuröðin samkvæmt myndum 1 og 2. Rótstrengirnir eru bakskrefssóðnir.



Mynd. 3. Bakskrefssuða

Miðjuplatan er ekki sett á sinn stað fyrr en aðrar plötur hálfkúlunnar eru fullsóðnar. Þegar miðjuplatan er sóðin er suðuröðin samkv. mynd 4. Rótstrengirnir bakskrefsjóðast. Millistrengir og toppstrengir eru sóðnir samfelld, en suðuáttinni er breytt á milli strengja.

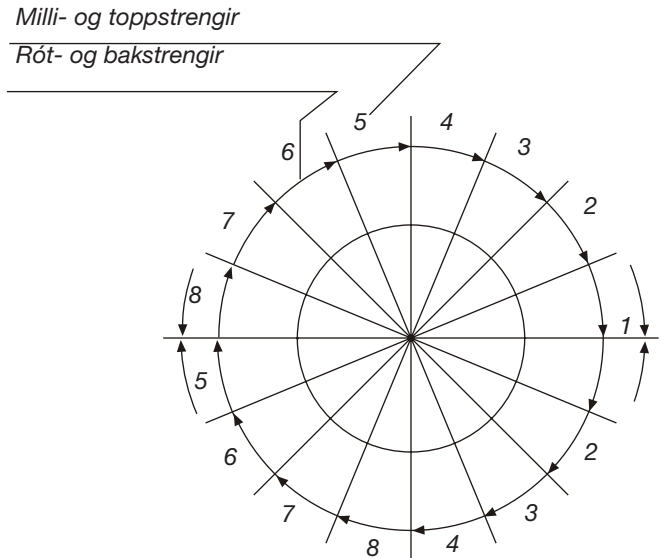
Suðan skal framkvæmd af tveimur eða fleiri suðumönnum samtímis.

Hálfkúluna á að merkja fyrir skoðun, stilla af og rétta eftir þörfum.

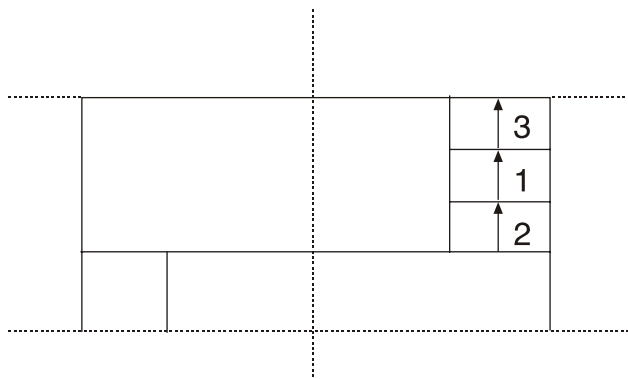
Plötur fyrsta hringins í sívalningnum eru stilltar vandlega af á móti kanti hálfkúlunnar og eru punktaðar að utanverðu við hana og hver við aðra á lóðréttu skeytunum.

Lóðrétt skeyti fyrsta hringins eru sóðin í þeirri röð sem sýnd er á mynd 5.

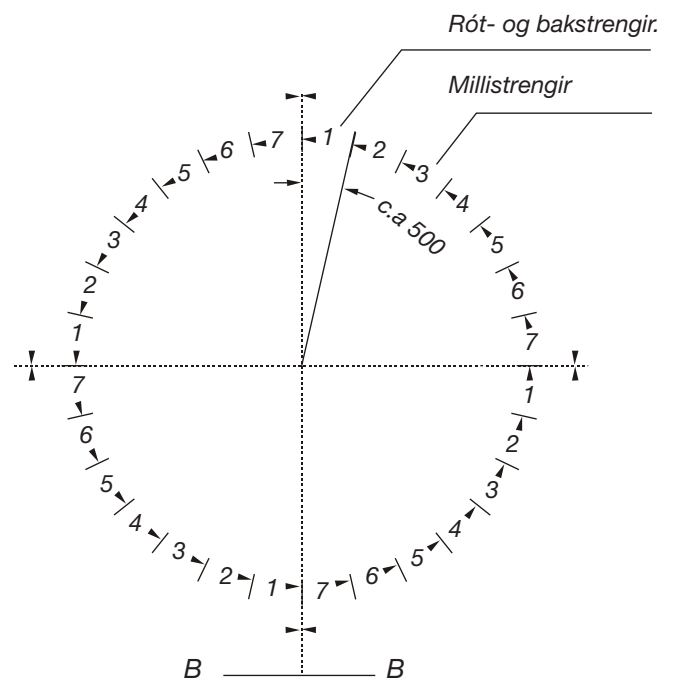
Láréttu skeytin milli neðri hálfkúlunnar og fyrsta hringins eru sóðin samhverft af fjórum suðumönnum samtímis og í þeirri röð sem sýnd er á mynd 6.



Mynd. 4. Suðuröð fyrir miðjuplötu.



Mynd. 5. Suðuröð fyrir lóðrétt skeyti.



Mynd. 6. Suðuröð fyrir lárétt skeyti.

Rótstrengir og bakstrengir eru bakskrefssoðnir. Aðrir strengir eru soðnir samfelld, en suðuáttinni er breytt á milli strengja.

Suða annarra hringja sem og suða láréttu skeytanna við efri hálfkúluna fer fram á sama hátt. Fjöldi suðustrengja fer eftir efnisþykkt.

## Samantekt

Til þess að ná fram réttum gæðum við gerð soðins stálvirkis er nauðsynlegt að fylgja settum reglum m.a. hvað varðar val á grunnefni, meðferð suðuefnis, vinnsluhita, suðuferilslýsingar og umhverfi.

---

HEIMILDIR:

*Suðuskýringar* – Sænska Staðlastofnunin.

*Suðupróf* – Lernia AB.

## E3.2.4 Grunnur að málmfræði stáls (M3.2.4, G2.2.4, T3.2.4)

### Framleiðsla stáls

Í kafla E3.2.2. er fyrsta hluta stálframleiðslunnar lýst.

### Járn-kolefnislínuritið

#### Uppbygging

Við stofuhita hafa járnkristallar uppbyggingu sem er kölluð *miðfyllt*. Sjálfur kristallinn líkist teningi, með járnatómi á hverju horni, samtals 8 stk. Að auki er atóm í miðjum teningnum og þaðan kemur nafngiftin, miðfyllt (eða *BCC* = Body Centred Cube eins og það heitir á ensku). Í þessu ástandi er málmurinn mótanlegur og segulnæmur.

Hreinn járnkristall er kallaður *ferrít* og getur bara

bundið (tekið til sín) lítið magn kolefnis. Ef þessi kristall er hitaður upp í  $+910^{\circ}\text{C}$  (*efri breytimörkin*) breytist uppbygging hans úr ferrítískri í *austeníska* ( $\gamma$ ). Austenítið er ennþá mótanlegra, hitastigið er jú yfir  $900^{\circ}\text{C}$ , en ólíkt ferrítinu er það *ósegulnæmt*. Atómið sem var inni í miðjum kristallinum hefur færst að yfirborðinu og byggingin er nú kölluð *flatarfyllt bygging* (*FCC* = Face Centred Cube).

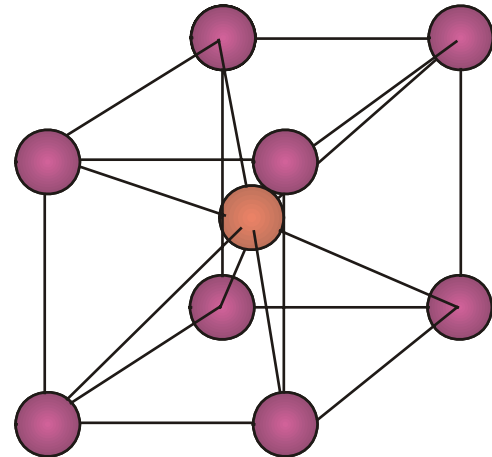
Í þessu ástandi getur kristallinn bundið mun meira kolefni, að því tilskildu að kolefni sé til staðar.

Og þá byrjum við upp á nýtt.

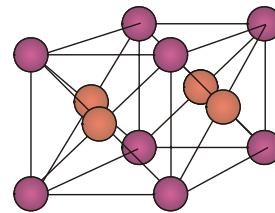
Hreinn járnkristall er kallaður ferrít. En ef kolefni er bætt í hann breytist innihald kristalsins. Kolefnið þarf sitt pláss, sem það fær í flöguformi. Þessi uppbygging járn og kolefnis er kölluð **cementít**, það getur haft allt að 6,67% kolefni, og heitir á efnafræðimáli ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ).

Þegar kolefnið er 0,8% er uppbyggingin kölluð **perlít**, það er nokkuð harðara en ferrít en mun mýkra en cementít.

Þegar kolefnið er frá 0 til 0,8% er talað um ferrítperlít, og frá 0,8% kolefni og meira perlítcementít.



Miðfyllt bygging (BCC).

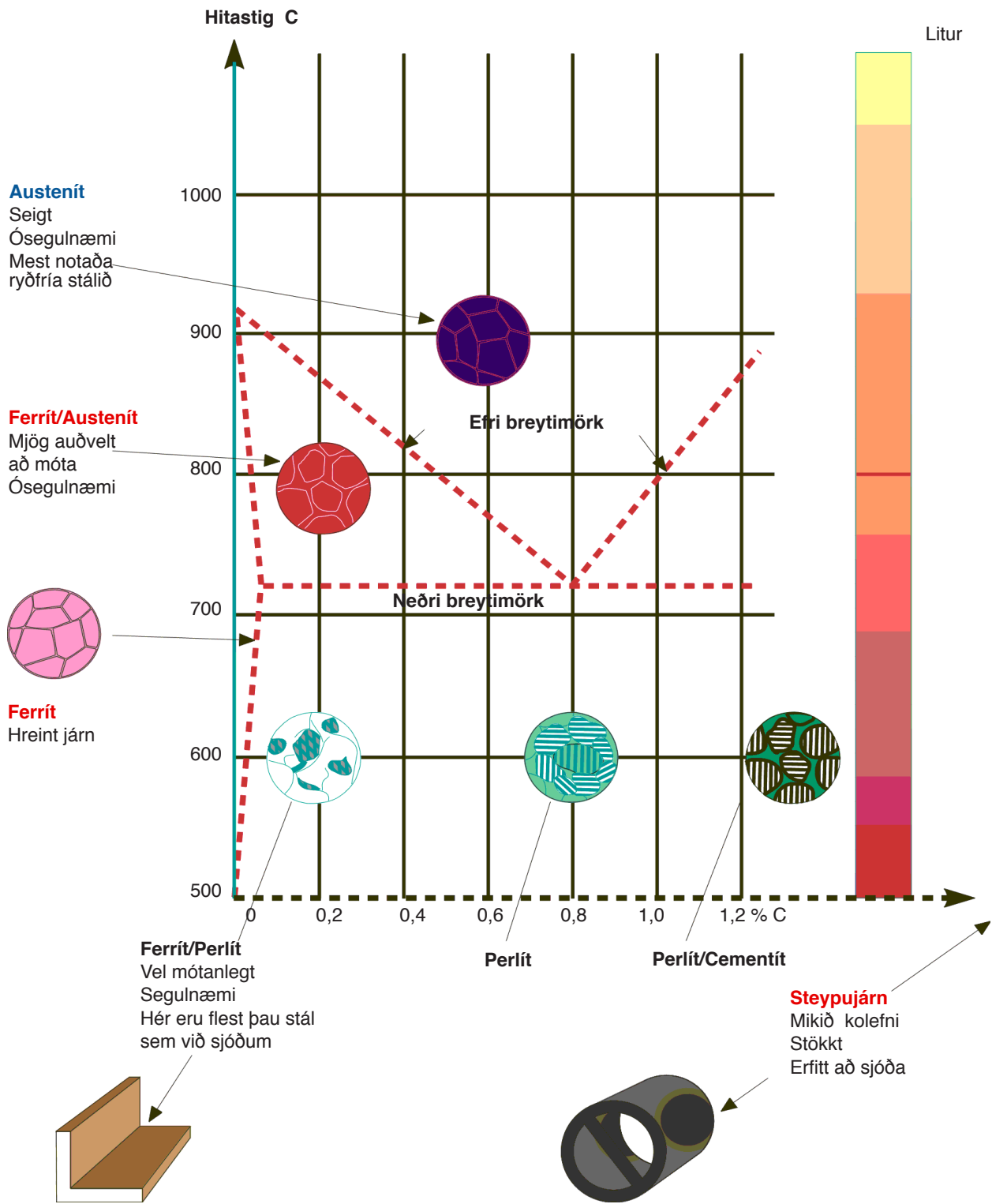


Flatarfyllt bygging (FCC).

En snúum okkur aftur að austenítinu. Það fer eftir kolefnisinnihaldi járnins við hvaða hitastig austenít myndast. Frá  $910^{\circ}\text{C}$  fyrir hreint ferrít niður í  $723^{\circ}\text{C}$  Flatarfyllt bygging austenítsins gerir því kleift að binda meira kolefni en ferrítið, kolefnið fær einfaldlega meira pláss.



### Einfaldað járn-kolefnisgraf



Ef hitinn er lækkaður hægt frá austenítvæðinu að ferrítperlítsvæðinu nær kolefnið, sem bundist hefur við upphitunina, að dreifa sér og efnið fær við stofuhita sömu eiginleika og fyrir hitunina.

En ef kælingin er hröð - snöggkæling - nær kolefnið ekki að dreifa sér heldur verður eftir í kristallinum eins og því væri troðið þangað. Það er eiginlega ekki pláss en kolefnið kemst ekkert. Þessi þvingun leiðir af sér



Á uppbyggingu kristalsins sést að ferrítið (t.v.) hefur minna pláss fyrir kolefni en austenítið (t.h.).

mikla spennu í kristallinum og hann verður harður og stökkur.

Við höfum fengið enn eina uppbyggingu, **martensit** – sem myndast við herslu.

Ef kolefnis- og íblöndunarefnainnihald er lítið verður þvingunin frekar lítil og eiginleg hersla á sér ekki stað. Stálið er *ekki herðanlegt*.

## Er járn-kolefnislínurit fyrir suðumenn?

Er nauðsynlegt að þekkja járn-kolefnislínuritið til þess að verða suðumaður? Já, að sjálfsögðu.

Þegar við sjóðum í vinnslustykki úr stáli á sér stað allt heila breytingaferli járn-kolefnislínuritsins fyrir framan okkur, þótt það sjáist ekki!

Við ljósbogasúðu er farið yfir bæði ferrítperlít og austenítvæðin, allt til bræðslumarka. Að auki blandast - oftast - suðuefni í stálið, sem gerir ferlið enn flóknara.

Ef soðið er í herðanlegt stál, þá á sér stað hersla ef efnið kælist hratt. Bæði suðumálmurinn og efnið næst suðunni verða fyrir áhrifum og fá e.t.v. ekki þá eiginleika sem suðumaðurinn reiknar með. Ef slíkar suður verða fyrir álagi geta hæglega myndast sprungur í þeim.

## Eðli hins „einfalda“ stáls

Stál er oft kallað „svart stál“, en með því er átt við venjuleg smíðastál. Þetta eru óblönduð kolstál, kolmanganstál og míkróblönduð stál.

Stál er, án þess að fara djúpt í framleiðsluferlið, efna-samband járn (Fe) og kolefnis (C). Til þess að mega kallast stál á kolefnismagnið að vera minna en 2%.

Í suðuhæfu kolefnisstáli á magnið ekki að fara yfir 0,25%. Kolefnismagnið stýrir að miklu leyti eiginleikum óblöndaðs stáls, t.d. seiglu, álagsþoli og hörku.

Fyrir utan kolefni er, í óblönduðu stáli, alltaf visst magn kísils, mangans, fosfórs og brennisteins. Þetta eru snefilefni sem koma frá þeim brotamálmum sem er notaður við stálframleiðsluna. Þrátt fyrir hið lága hlutfall þeirra, nokkra þúsundustu hluta, geta þau haft mikil áhrif á eiginleika stálsins.

## Flokkun

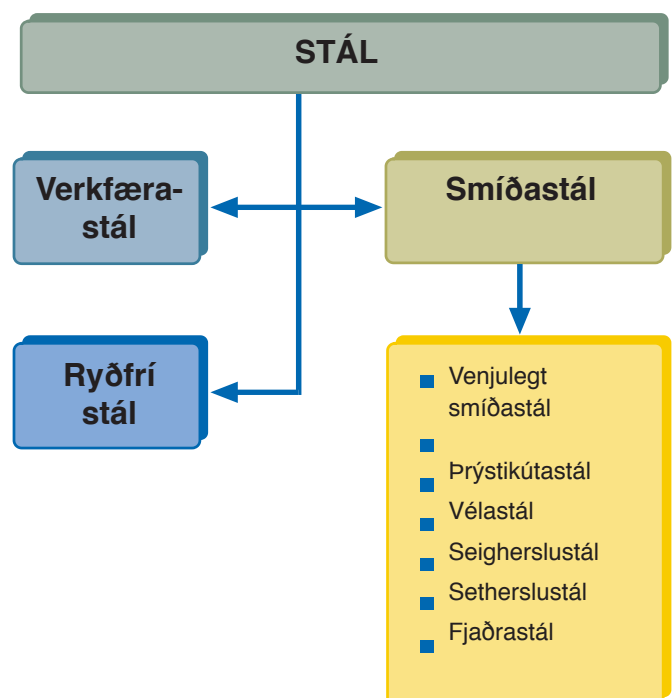
Stáli er skipt í þrjá flokka eftir notkunarsviði:

**Smíðastál** (byggingastál) er fyrst og fremst notað í berandi stálvirki, þrýstikúta, skip og vélahluti. Magn kolefnis er lítið, ca. 0,02 til 0,6%. Það einkennist af miklu álags- og höggþoli og góðri suðuhæfni.

**Verkfærastál**, er notað til að framleiða verkfæri eins og bora, hnifa og beygjuvélar. Kolefnismagnið er frá 0,6 til 1,2%. Einkennin eru harka, seigla og slitþol.

**Ryðfrí stál** eru notuð þar sem hætta er á tæringu. Stálið inniheldur lítið kolefni, en a.m.k. 12% króm, ásamt nikkeli og mólybden sem íblöndunarefni.

Við notum oft hugtökin smíðastál, verkfærastál osv. fr., en þau lýsa frekar notkunarsviði en eiginleikum. Ef lýsa á eiginleikum stálsins þurfa önnur hugtök að koma til.



## Kol- og kolmanganstál

Kol- og kolmanganstál er stærsti stálflokkurinn, með tiltölulega lítið álagspól.

Lágmarks flotmörk ( $R_e$ ) fyrir þessi stál er frá 200 og upp í 360 N/mm<sup>2</sup>. Í þessum flokki er eitt stál sem ekki er suðuhæft, þ.e. SS1300.

## Fínkornastál - mikróblönduð stál

Þessi stál hafa flotmörk ( $R_e$ ) á milli 360 og 390 N/mm<sup>2</sup>. Þau innihalda lítið magn kolefnis – 0,1 til 0,2% (sem sennilega verður 0,25% í nýjum stöðlum). Auk kolefnis innihalda stálin allt að 1,8% mangan og allt að 0,02% köfnunarefni.

*Fínkornameðhöndlun* fer fram með því að blanda áli eða titani í stálið. Í báðum tilfellunum í köfnunarefnissambandi (AlN eða TiN). Þessi íblöndunarefni setjast á *kornamörkin* og valda því að kornin verða lítil og seig.

*Míkróblöndun* þjónar sama tilgangi, þ.e.a.s. að minnka kornin. Hér er notað níob eða vanadíum + köfnunarefni (NbN eða VN).

Míkróblöndun verður *innan* í kornunum.

## Seighert stál

Seighert stál hefur flotmörk ( $R_{p0,2}$ ) milli 500 og 690 N/mm<sup>2</sup>. Þó eru til seighert stál með flotmörk nærri 900 N/mm<sup>2</sup>.

Vinnslan fer þannig fram að fyrst er stálið hert og síðan endurhitað upp í 600°C. Stálið er ætlað til notkunar í soðin stálvirki og hefur mun hærra álagspól en stál sem ekki er hitameðhöndlað og einnig hefur það mun hærra álagspól en normal-glóðað (normalíserað) stál.

Þessi stál eru tiltölulega auðsoðin, þrátt fyrir hitameðhöndlunina. Það er vegna lítills magns kolefnis (0,20%) og mjög fínkornóttar martensít uppbyggingar.

Króm og bór (B) er notað til að gera stálið herðanlegt.

## Hita- og vélunnin stál (TMT-stál)

Eins og nafnið gefur til kynna eru þessi stál vélunnin, oftast með völsun og við ákveðið hitastig. Þau eru mikróblönduð með níob, títan eða bór og eru oft notuð í olú- og gasleiðslur. Þykkt TMT-stál, allt að 120 mm, er oft notað í olúborpalla og slíkt.

Við framleiðslu á TMT-stáli eru eftirfarandi atriði sérstaklega mikilvæg:

- Rétt völsunarhitastig
- Réttur völsunarþrýstingur
- Lágmarks innihald óhreininda
- Lítið magn íblöndunarefna
- Lítið kolefnisinnihald (0,06-0,08%)
- Snögg kæling eftir síðustu völsunina.



Stálið í skriðdrekaþrú er að mestu leyti TMT-stál.

## Kaldmótunarstál

Kaldmótunarstál er framþróun ákveðinna kol- og kolmanganstálgerða, ásamt mikróblönduðu smíðastáli, og kemur meira og meira í staðinn fyrir eldri stálgerðir. Flotmörk eru á milli 280 og 490 N/mm<sup>2</sup>.

Stálið er framleitt sem völsaðar plötur eða flatstangir. Það hefur betri beygjueiginleik en eldri stálin (þolir minni beygjuradíus) og tiltölulega lág brotmörk en mikla brotlengingu.

Ástæðan fyrir hinum góðu beygjueiginleikum er að stálið inniheldur fá og smá brennisteinssambönd með t.d. seríum, kalsíum og títan.

## Þrýstikútastál

Eins og nafnið gefur til kynna er það notað við gerð þrýstikúta og þrýstilagna.

## Gallar í málmmum

Herslueinkenni geta oft komið fram við framleiðslu og eftirvinnslu flestra málma og er það vegna þess að málmar hafa sjaldan hina fullkomnu uppbyggingu.

Það koma fyrir ýmsir gallar (brestir) í málmmum, eins og til dæmis *holrými*. Í holrými vantar atóm í munstrið, það verður tómarúm. Vissulega getur annað atóm fyllt skarðið, en það þýðir bara að holrýmið færast örlítið til.

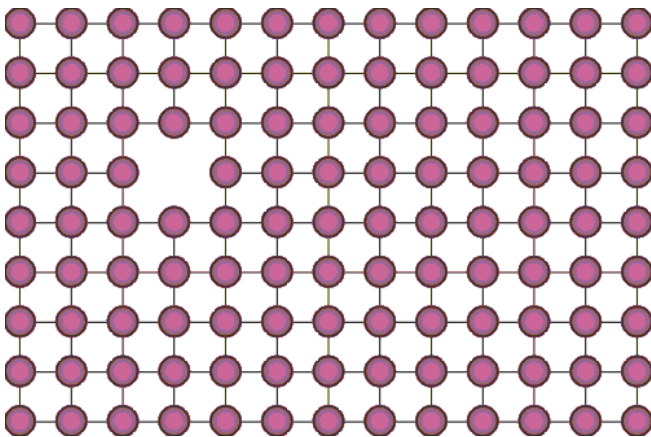
Ef efnið verður fyrir tog- eða þrýstispennum getur það smám saman leitt til sprungumyndunar.

*Óboðin atóm* er einnig hægt að líta á sem galla. Efni eins og brennisteinn, fosfór, kolefni og köfnunarefni hafa lítil atóm sem geta „þrengt“ sér á milli járn-atómanna.

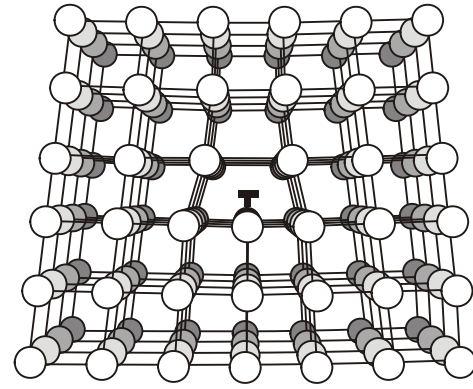
Enn ein gerð galla eru *misfellur*, en það má segja að þær séu duttlungar náttúrunnar. Þeim er hægt að lýsa sem aukalagi af atómum sem getur tekið enda hvar sem er í kristallinum.

Allir málmar hafa fjölmarga innbyggða galla og þeir stefna í allar mögulegar áttir. Á meðan efnið afmyndast ekki (breytir lögun) eru misfellurnar hlutlausar, en strax og álag kemur til, þá er það við misfellurnar sem efnið gefur eftir. Efnið verður *teygjanlegt*.

Misfellurnar færast þá yfir á næsta atómlag, flytja sig um eitt skref eða um eitt atóm í kristallinum, og ef álagið helst, færast þær í gegnum allan kristallinn. Þá verður varanleg aflögun. Kristallinn breytist *plastískt*, hann breytir varanlega um lögun.



Í holrými vantar atóm.



Misfellur eru aukalag atóma sem getur færst í gegnum efniskristallinn.

Misfellur ásamt öðrum göllum verða þess valdandi að efnið hefur þessa ummyndunareiginleika, þ.e.a.s. hæfileika þess til að breyta um lögun. Ef efnið væri alveg fullkomið, án þessara „meðfæddu“ galla, þá væri hægt að gera stálið margfalt sterkara!

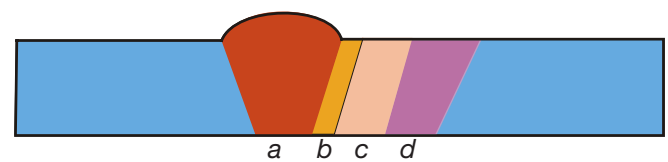
En gallarnir eru til staðar, og ef við viljum fá sterkara efni verður að losna við gallana með einhverjum hætti.

Og þá komum við aftur að herslunni, en e.t.v. að annars konar herslu en lýst er í járnkolefnislínuritinu.

## Áhrif suðunnar

### Áhrif suðu á vinnsluefnið

Við suðu verður vinnsluefnið næst bráðinni fyrir miklum hitaáhrifum. Þetta svæði er kallað hitaáhrifasvæðið eða HAZ (Heat Affected Zone) á ensku.



HAZ er þó ekki einsleitt svæði heldur verður hver hluti svæðisins fyrir mismunandi áhrifum.

**Suðumálmur (a).** Sá hluti vinnslustykkisins sem hefur bráðnað við suðuna og blandast suðuefni.

**Innbræðslusvæði (b).** Sá hluti suðumálmsins sem var vinnsluefni fyrir suðuna.

**Kornavaxtarsvæði (c).** Sá hluti vinnsluefnisins þar sem kornastærð efnisins hefur breyst.

**Formbreytingasvæði (d).** Sá hluti vinnsluefnisins sem tekið hefur breytingum án þess að kornastærðin hafi aukist. Normalglóðun á sér stað á hluta svæðisins.

Ofhitað svæði myndast í vinnsluefninu og suðu þegar hitinn fer yfir ca. 1050°C.

Uppbyggingin verður grófkornótt á þessu svæði, sem er galli, þar sem það þýðir minni seiglu og meiri hörku þ.e. stökkara efni.

Því lengur sem vinnsluefnið er á þessu hitasvæði, því grófkornóttara verður það.

(Sjá meira í kafla E5.2.1.)

### Lausnarhersla

Ein aðferð til að minnka áhrif galla er að lausnarherða efnið. Við lausnarherslu festast óboðin atóm inni í kristallinum og valda spennu sem kemur í veg fyrir t.d. misfellur, þetta er m.a. það sem skeður við íblöndun.

Eir er hægt að blanda með zinki á þennan hátt og verður þannig að messing sem er mun sterkara efni.

## Að bæta íblöndunarefnum í stál

### Áhrif íblöndunarefna á stálið

Þegar kolefni dugir ekki lengur til þess að breyta eiginleikum stálsins er gripið til íblöndunarefna.

Ef íblöndunin er á milli 2 og 12% er stálið kallað *lágblandað*, og ef íblöndunin er yfir 12% kallast það *háblandað*.

Íblöndunarefnunum er sem sagt meðvitað bætt í stálið til þess að stýra eiginleikum þess og hafa áhrif á:

- álagsþol
- mótunarhæfni
- suðuhæfni
- slitþol
- herðanleika
- tæringarþol

Til hægri er tafla sem sýnir nokkur dæmi um íblöndunarefni og hvaða áhrif þau hafa á stálið.

Með íblöndun er verið að hafa áhrif á stálið, þannig að það geti betur þjónað því hlutverki sem því er ætlað.

### Hitameðferðir

Hitameðferð er líka aðferð sem hægt er að nota til þess að fá fram þá eiginleika sem óskað er eftir.

Til þess að auka álagsþol stálsins verður að fjarlægja eða minnka áhrif galla af ýmsu tagi. Þetta er hægt að gera með ýmsum aðferðum, hér eru nokkrar þeirra kynntar.

### Eykur flotstyrk – minnkar seigluna

| Íblöndunarefni | Magn %  | Efnatákn | Eiginleikar                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kolefni        | 0,1-0,3 | C        | Harka og álagsþol vaxa með auknu magni kolefnis, á meðan seigla, höggþol og suðuhæfni minnkar.                                                                                                                                               |
| Kísill         | >0,15   | Si       | Eykur álagsþolið og hersluhitastigið, ásamt því að jafna efnablönduna í efninu í heild. (0,15% Kísill= þettað stál).                                                                                                                         |
| Mangan         |         | Mn       | Eykur álagsþolið og slitþol.                                                                                                                                                                                                                 |
| Króm           |         | Cr       | Eykur hörkuna, hitaþolið ásamt seiglu. Meira en 12% króm gefur góða tæringarmótstöðu (ryðfrítt). Þar sem of mikið af krómi spillir álagsþoli stáls er þetta bætt upp með því að blanda í nikkeli. (Króm eykur stöðugleika ferríts – stökkt). |
| Nikkel         |         | Ni       | Eykur álagsþol og seiglu. (Nikkel eykur stöðugleika austeníts – seigt).                                                                                                                                                                      |
| Mólybden       |         | Mo       | Eykur hörku, höggþol, álagsþol ásamt hitaþoli                                                                                                                                                                                                |
| Wolfram        |         | W        | Bætir herðanleika. Myndar með kolefni harða wolframkarbíta.                                                                                                                                                                                  |
| Kóbolt         |         | Co       | Eykur álagsþol og seiglu. Bætir tæringarmótstöðuna                                                                                                                                                                                           |
| Vanadín        |         | V        | Eykur álagsþol og seiglu Bætir efnisuppbyggingu.                                                                                                                                                                                             |

**Fráskiljuhersla/sameindahersla**

Ál og jafnvel aðra málma er hægt að fráskiljuherða. Þá er efnið hitað upp, og það veldur enduruppröðun atómanna. Þetta ferli er nokkuð tímafrekt og er því einnig kallað *öldrun*.

Enduruppröðun atómanna veldur líka hér spennu í efninu og misfellur stoppast.

Við *sameindaherslu* stáls er bætt við efnum eins og níob og vanadín með köfnunarefni (Nb+N og V+N). Þessi efni koma sér fyrir *innan* í kornunum.

Eitt sameindahert stál er SS 2135 sem er herðanlegt í þeim skilningi að það er gert harðara.

**Eykur flotstyrk – minnkar seigluna****Mótunarhersla.**

Við *mótunarherslu* eru misfellurnar láttnar hindra hver aðra. Mótunarherslan breytir efninu plastískt (hömrún, völsun o.þ.h.) og þá fara misfellurnar að færast til. Þegar tvær þeirra mætast myndast spennuuppsafnanir í efninu og hægt er að segja að misfellurnar vegi hver aðra upp.

Af þessum sökum er t.d. kaldvalsað stál stífara (erfiðara að móta) en heitvalsað stál.

Ryðfrítt austenítískt stál er t.d. hægt að kaldstrekka. Þetta stál er í sjálfu sér mjög seigt, og með kaldstrekkingu fær það þar líka aukið álagsþol.

Eir og ál eru málmar sem verða harðari af t.d. hömrún. En ef málmarir eru glóðhitaðir minnkar þéttleiki misfellanna og málmurinn mýkist aftur.

**Eykur flotstyrk – minnkar seigluna****Fínkornameðhöndlun/Kornamarkahersla**

Fyrir stál er *kornamarkahersla* einnig algeng. Það er alþekkt að stór korn (kristallar) eru stökkari og hafa minna álagsþol en smá. Stálið fær við framleiðsluna og við suðu, stærri og þar með stökkari korn.

Stórum kornum má líkja við „hraðbraut“ fyrir misfellur, sem komast á skrið og ryðja sér inn í næsta korn.

Smá korn bjóða hins vegar bara upp á stuttar leiðir og misfellurnar hægja á sér við kornamörkin. Fínkornótt efni hefur þar að auki mun stærra samanlagt kornamarkayfirborð en grófkornótt, og fínkornótt efni þarf því mun meiri spennu („meiri kraft“) en það grófkornótta til þess að formbreytast. Það er vegna þess að misfellurnar safnast við kornamörkin og reyna að hrinda hver annari á brott. Sú spenna sem þá byggist upp dreifist stöðugt lengra inn í efnið alveg þar til misfellurnar stöðvast.

Herslan felur í sér að bætt er í stálið efni sem hemur stækkun kornanna. Það getur verið ál eða títan, í báðum tilfellunum í sambandi með köfnunarefni (Al+N eða Ti+N).

Þessi efni koma sér fyrir á *kornamörkunum*.

Fínkornameðhöndlun og sameindahersla fara oft saman.

**Eykur flotstyrk og seigluna**

HEIMILDIR:

*Efnisfræði* – Karlebo Materiallära.

*EWS-efni* – Tomas Thulin - Lernia



**MMA**  
**Áfangi E 4**  
**E 4.1 verklegar æfingar**  
**E 4.2 bóklegt nám**





## E 4.1 Kynning

Tími 2 klst

### Áfangi EWF-E4 plötusúða

Í þessum áfanga er haldið áfram að æfa stúfsuður í plötur í stöðunum PA og PF. Ætti því hæfnin í að sjóða stúfsuður að halda áfram að aukast.

Áfanganum lýkur með prófi þar sem soðin eru þrjú stykki, í þeim stöðum sem æft hefur verið í ásamt einu bóklegu prófi.

Til þessa áfanga teljast einnig bóklegu kaflarnir;

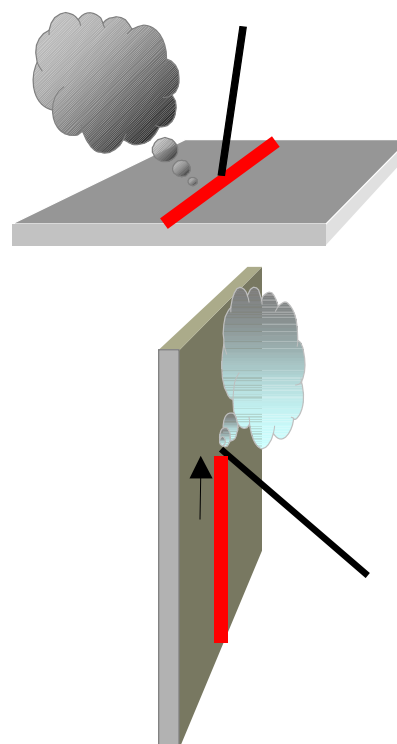
#### E4.2.1 Samdráttur, spennur og aflögun

#### E4.2.2 Suðugallar

#### E4.2.3 Uppbygging og viðhald búnaðar fyrir pinnasuðu

#### E4.2.4 Yfirlit yfir ljósbogaaðferðir

Hverjum bóklegum kafla eru ætlaðar tvær kennslustundir.



Staða PA fyrir ofan og PF fyrir neðan.

### Hitaferlið við ljósbogasúðu

Við suðu breytist rúmmál flestra efna. Við upphitun eykst rúmmálið og við kælingu minnkar það.

Hitinn í grunnefninu er mismunandi, allt eftir suðuáðferð, stillibreytum, hitaleiðnieiginleikum efnisins og stærð og lögun vinnslustykkisins.

Mestur er hitinn í miðjum ljósboganum og hann minnkar jú eftir því sem lengra dregur frá ljósbogasvæðinu.

Hiti ljósbogans er líka mismunandi eftir suðuáðferðum. Í stuttu máli má segja að með þeim suðuáðferðum þar sem hitinn er lítill, sé einnig suðuhradinn lítill. Það hefur í för með sér að hitinn nær að dreifast meira um grunnefnið.

Handstýrð pinnasuða myndar u.þ.b. 6-7000°C í ljósboganum og tilheyrir því ekki hinum heitari suðuáðferðum.

Suðuáðferð Hiti í ljósboganum °C

| Suðuáðferð | Hiti í ljósboganum °C |
|------------|-----------------------|
| Gassuða    | 3 100                 |
| MMA-suða   | 7 000                 |
| MAG-suða   | 15 000                |
| TIG-suða   | 15 000                |
| Plasmasuða | 25 000                |

### Suðugallar

Staðallinn ÍST-EN ISO 5817 „Ljósbogasúða á stáli – Leiðbeiningar um flokkun suðugæða“, ásamt staðlinum ÍST-ISO 6520 „Flokkun samhengisrofa og formgalla í bræðisuðu málma“ eru tveir staðlar sem fjalla um suðugalla.

Suðugöllum er skipt í 6 flokka:

| Flokkur | Lýsir                           |
|---------|---------------------------------|
| 1       | Ýmiss konar sprungur            |
| 2       | Holrými                         |
| 3       | Inniluktur agnir í föstu formi  |
| 4       | Bindigallar og ónóg gegnumsuða  |
| 5       | Formgallar                      |
| 6       | Ýmis samhengisrof og formgallar |

**Sprungur**

Sprungur eru mjög alvarlegir gallar sem undantekningarlaust valda falli á suðuprófi og eru aldrei leyfðar í framleiðslu.

**Holrými**

Holrými geta myndast bæði sem loftbólur og sem samdráttarholrými. Loftbólur er það kallað þegar gas lokast inni í suðunni, en gerður er greinarmunur á nokkrum mismunandi gerðum slíkra loftbólna.

Samdráttarholrými (pipes) verða vegna þess að efnið nær ekki að dragast frítt saman.

**Inniluktur agnir í föstu formi**

Inniluktur efnisagnir eru oftast framandi efni eins og gjall, oxíð, wolfram o.s.frv.

**Bindigallar eða ónóg gegnumsuða**

Bindigallar er ófullnægjandi sambræðsla grunnefnis og suðumálm, eða á milli suðustrengja. Ónóg gegnumsuða er oftast í rót suðunnar og getur verið sjáanleg utanfrá eða verið hulin inni í suðunni.

**Formgallar**

Formgalli er ófullnægjandi aðlögun að útlínum suðuraufarinnar eða frávik í suðustærðum. Þar getur verið um að ræða t.d. röng a- eða z-mál, of stóra eða of litla kúfa á suðum, kantsár, innfallnar suður, gegnumrennsli o.fl.

**Samhengisrof og formgallar sem ekki er hægt að setja á bás með neinu af ofannefndu**

Til þessa hóps flokkast suðugallar sem ekki er hægt að flokka beint með þeim suðugöllum sem rætt hefur verið um hér að ofan en geta þó haft afgerandi áhrif á suðuárangur og mat á honum.

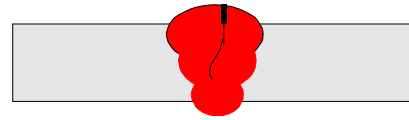
Flesta þessara galla má rekja til kæruleysis eða van-kunnáttu suðumannsins.

## Búnaður til pinnasuðu - uppbygging og viðhald

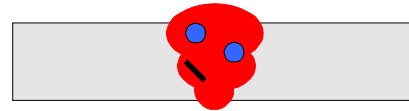
### Suðutransarinn

Meginhlutverk suðuvélarinnar er að lækka hina háu spennu dreifikerfisins (380/400 V) og að gera það mögulegt að fá út hæfilegan straum til suðu (ca. 25-600 A).

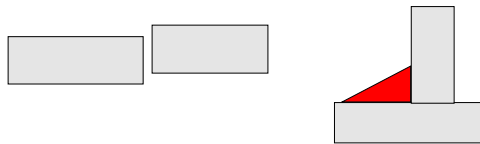
Suðuvélin verður að vera uppbyggð þannig að hægt sé að stilla strauminn fyrir mismunandi suðuverk-efni, og helst stíglaut.



Dæmigerð hitasprungu í miðri suðunni.



Loftbólur eru innilukt gas eða efni í föstu formi t.d. gjall.



Misbrýning og röng stærð suðu eru dæmi um formgalla.

Sumir pinnar hafa betri suðueiginleika á riðstraumi en á jafnstraumi. Dæmi um þetta eru háafkastapinnarnir, sérstaklega þeir grófari, einnig djúpsuðupinnar.

## Suðuafriðill

Afriðilssuðuvélar skila jafnstraumi. Riðstraumur dreifikerfisins er spenntur niður og breytt í jafnstraum í afriðli vélarinnar. Þessi umbreyting er gerð með transistorum (smárum) eða þýristorum.

Til afriðilsvéla teljast líka tíðnibreytivélarnar (Inverter), en í þeim er netspennunni fyrst breytt í jafnstraum og síðan aftur í riðstraum, en nú með mun hærri tíðni. Síðan er spennt niður í 20-50 V og að lokum er breytt í jafnstraum. Þessar vélar eru mun léttari og fyrirferðarminni en hinar hefðbundnu afriðilssuðuvélar og er hreinn draumur að sjóða með þeim.

## Snúningsvélar

Snúningsvélar eru knúnar með rafmótor og hafa rafal sem skilar jafnstraumi.

## Mótorknúinir suðurafalar

Suðuvélar sem knúnar eru sprengimótorum skila jafnstraumi. Minni gerðir þeirra hafa tvígengisbensínsmótor og vega ca. 40 kg. Stærri vélar eru yfirleitt knúnar með fjörgengis- bensín- eða dieselmótor.

## Viðhald búnaðarins

Mikilvægt er að stuðla að góðri endingu suðubúnaðarins með virku og skipulögðu viðhaldi.

Suðumenn eiga að vita hvaða viðhald þeir mega framkvæma án þess að hætta skapist af völdum rafmagns og þeir eiga að kunna að gildismæla búnað sinn svo að suðuvinnan geti uppfyllt þær kröfur sem t.d. eru gerðar við vinnu eftir suðuferilslýsingu.

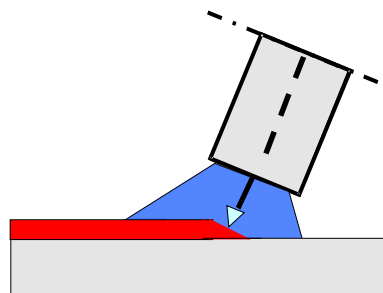
Fyrirbyggjandi aðgerðir eins og starfsvenjur í sambandi við daglegt eða vikulegt viðhald/eftirlit, endurnýjun slithluta, smurning, hreinsun og lekaleit eru nauðsynlegir þættir í starfi suðumannsins. Með þessum hætti er hægt að koma auga á bilanir í tíma og þannig hægt að minnka eða koma í veg fyrir tafir í framleiðslu. Að auki stuðlar það að því að stillingar gildismælds búnaðar haldast óbreyttar!

Ekki er heldur sama hvernig suðubúnaðurinn er staðsettur. Varist að hafa suðuvélina þannig að kælingin teppist eða að neistaflug, ryk eða önnur óhreinindi lendi á henni.

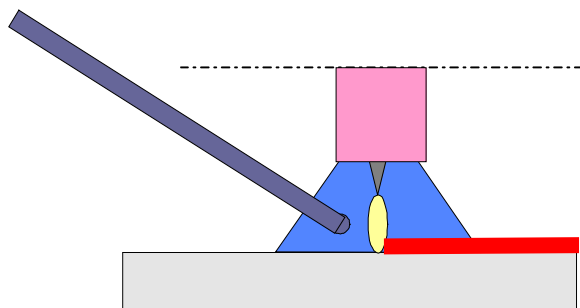
## Yfirlit yfir suðuaðferðir

Það sem kallað er MIG/MAG-suða er í raun þrjár aðskildar suðuaðferðir þar sem hlutlaust (MIG) eða virkt (MAG) gas er notað til að hlífa bráðnum málminum.

Suðuefninu er matað í bráðina af vírrúllu með mótunarbúnaði, í gegnum þráðleiðara og munnstykki (spíss).



Annað afbrigði af hlífðargassuðu er TIG-suðan. Meginmunurinn á henni og MIG/MAG-suðunni felst í mótun suðuefnisins. Við TIG-suðu er notað hlutlaust gas og suðuvír sem mataður er handvirkt í bráðina.



## Verkleg æfing 2

Tími ca.14 klst.

## Stúfsuða V-rauf (E4P-2-1)

Þessi kafli heyrir einnig undir áfangann plötusuða og inniheldur fimm verklegar æfingar, þar af á að sjóða 4 í V-rauf og 1 í K-rauf (tvöfalda ½ V-rauf). Allar V-raufarnar á að sjóða aðeins öðrum megin frá. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E4P-2-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur  
12 x 200 x 300

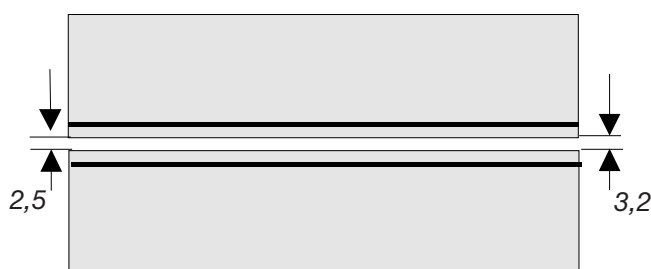
**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

**Staða: PA**

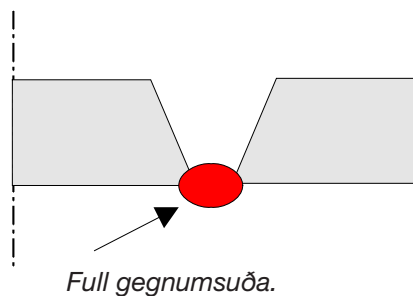


## Framkvæmið:

Fasið báðar plöturnar með 30° raufarhalla, hreinsið gjall. Stillið upp og punktið plöturnar þannig að suðubilið í byrjun verði 2,5 mm og 3,2 mm í hinum endanum. Punktið með einum punkti í hvorn enda.



Sjóðið rótarstrenginn með þeim gildum sem gefin eru í suðuferilslýsingunni. Munið að nú er krafist fullrar gegnumsuðu! Mikilvægt er að halda pinnanum vel ofan í raufinni og nota lítinn ljósboga. Munið að umpóla þannig að tóngin sé á mínus pól þegar soðinn er botnstrengur.

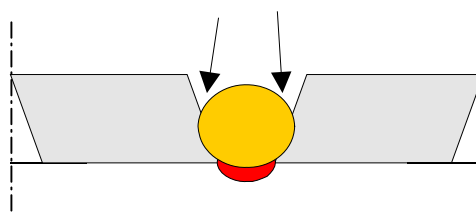


Slípið við pinnaskipti samkvæmt þeim ráðleggingum sem gefnar eru í kafla 3.1.1

Slípið niður þær ójöfnur sem verða við pinnaskiptin og sjóðið strengi 2, 3, 4 og 5.

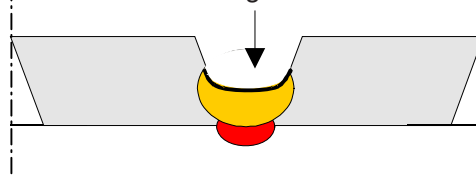
Strengi 2 og 3 á að pendla yfir alla raufina, en strengi 4 og 5 á að leggja hlið við hlið eins og sýnt er í suðuferilslýsingunni.

Hætta á inniluktum gjalleifum.



Reynið að sjóða þannig að losna megi við óþarfa slípun á milli strengja. Með réttum pinnahreyfingum verður eftirvinnsla að mestu óþörf.

Hreint og fínt.



## Verkleg æfing 3

Tími ca. 8 (2) klst.

## Stúfsuða V-rauf (E4P-3-1)

Æfing 3 er suða í stöðunni PF (lóðrétt stígandi). Þessi æfing er á flestan hátt lík æfingu 6 í áfanga E3 að öðru leyti en því að nú er að sjálfsögðu krafist fullrar gegnumsuðu. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E4P-3-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur  
12 x 200 x 300

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF

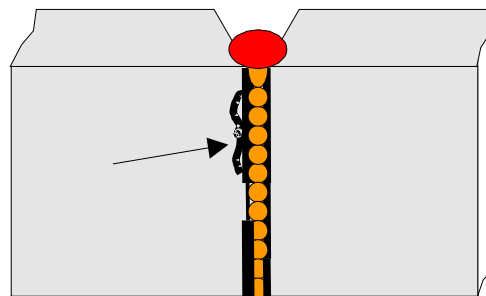


## Framkvæmið:

Gerid eins og í síðustu æfingu nema nú er plötunum stillt til suðu í stöðu PF. Gætið að pinnahallanum og ljósbogalengdinni!

Munið að of langur ljósbogi getur valdið kantsárum og innfallinni suðu á rótarhlið.

Fylgið suðuferilslýsingu við strengjauppbygg-ingu.



## Verkleg æfing 4

Tími ca. 12 (3) klst

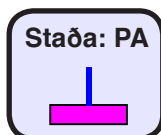
## Stúfsuða V-rauf (E4P-4-1)

Æfing 4 er aftur suða í stöðu PA. En nú er notað þynnra efni eða 5 mm plata. Nota skal suðuferils-lýsingu nr. E4P-4-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur  
5 x 200 x 300

**SUÐUEFNI:**  
OK 48.00 Ø 2,0  
OK 48.00 Ø 2,5

Staða: PA

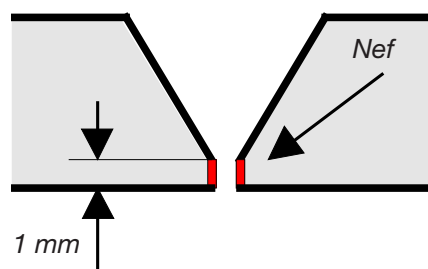


## Framkvæmið:

Fasið báðar plöturnar með 30° raufarhalla, hreinsið gjall og slípið síðan 1 mm nef.

Punktið með suðugapi sem er 2,5 mm í annan endann en 3,2 mm í hinn.

Sjóðið botnstrenginn með 2,0 mm pinna og yfirstrenginn með 2,5 mm.



## Verkleg æfing 5

Tími ca. 14 klst

## Stúfsuða V-fúga (E4P-5-1)

Að sjóða í meðalþykkt plötuefni (3-6 mm) er ekki eins auðvelt og halda mætti. Þetta tiltölulega þunna efni þolir ekki mikinn hita og gerir töluverðar kröfur um færsluhraða og réttan pinnahalla. Fylgið vandlega leiðbeiningunum í suðuferilslýsingunni. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E4P-5-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur  
5 x 200 x 300

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF

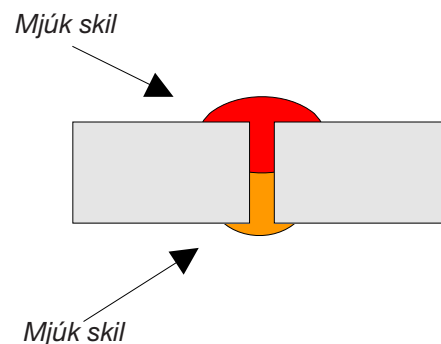
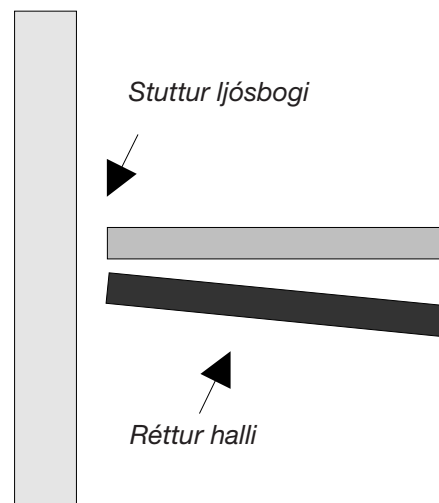


## Framkvæmið:

Punktið plötunnar eins og í fyrri æfingum og festið síðan stykkið til suðu í stöðunni PF.

Sjóðið rótarstrenginn án þess að pendla og hugið að pinnahallanum, ljósbogalengdinni (stuttur) og færsluhraðanum.

Yfirstrenginn á að pendla lítilsháttar en forðist að fara út fyrir raufarkantana.



## Verkleg æfing 6

Tími ca. 8 klst

## Stúfsuða í K-rauf (Tvöföld ½ V-rauf) (E4P-6-1)

Suða í K-rauf er nauðalík suðu í tvöfalda V-rauf, þó hefur halli pinnans nokkuð meiri þýðingu hér þar sem hættan á bindigöllum er meiri. Strengjafjöldinn er nú meiri en áður, vegna þess að efnisþykktin er 15 mm. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E4P-6-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur  
15 x 200 x 300

**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



## Framkvæmið:

Fasið aðra plötuna eins og myndin sýnir.

ATH! *Fashornið á að vera 40°!*

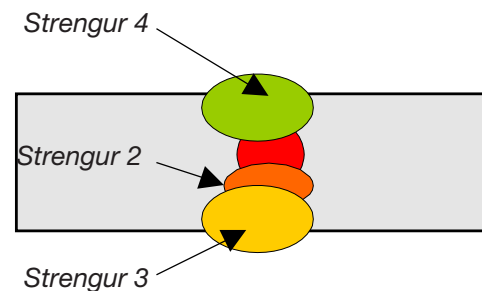
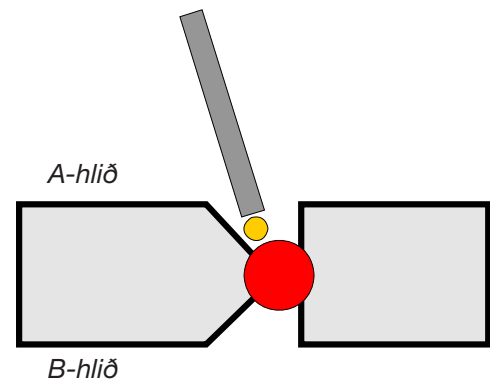
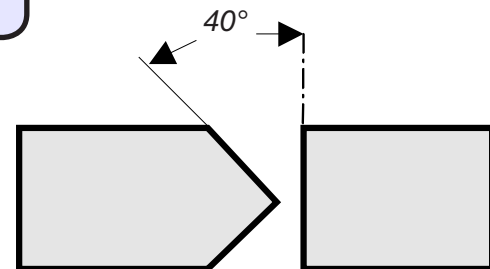
Punktið með 3,2 mm suðugapi í byrjunarendann og með 4 mm bili í hinn endann.

Sjóðið rötstrenginn frá A-hlið. Slípið pinnaskiptin.

Þegar rötin er tilbúin er stykkinu snúið við og strengir 2 og 3 soðnir frá B-hlið. Munið að slípa rötina hreina.

Snúið stykkinu aftur og ljúkið suðunni frá A-hlið.

Hugið að pinnahallanum. Hér verður að beina pinnanum dálítið meira að ófösuðu hlið fúgunnar.



Nú er komið að prófi  
E 4.3!



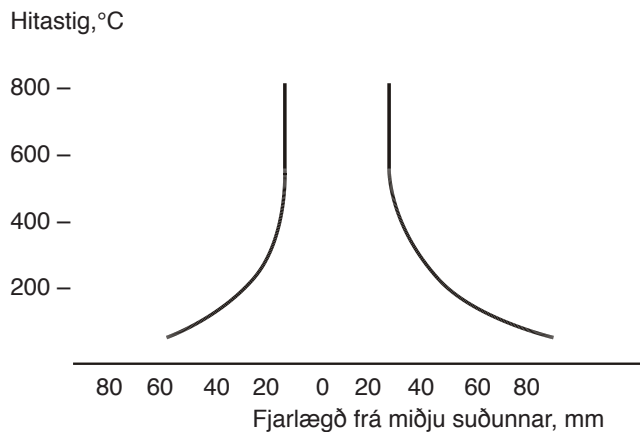
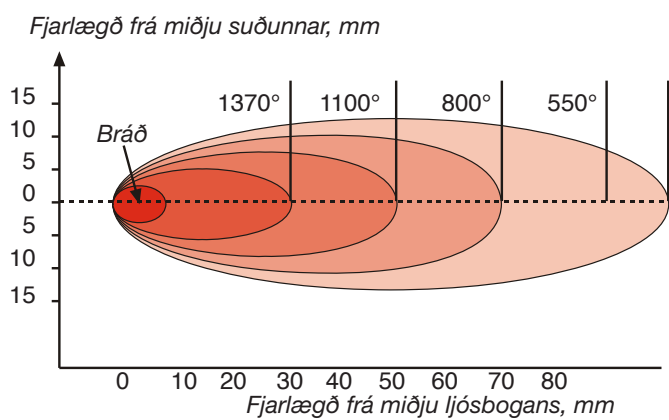
# E4.2.1 Samdráttur, spenna og formbreytingar (M4.2.1, G4.2.1, T4.2.1)

## Varmaútbreiðsla við suðu

Við suðu breytist rúmmál flestra efna. Við upphitun eykst rúmmálið og við kælingu minnkar það.

Hitinn í grunnefninu er breytilegur og fer eftir suða- aðferðinni sem beitt er, suðustillibreytum, hitaleiðni

grunnefnisins og stærð vinnslustykkisins. Mestur er hitinn í miðjum ljósboganum og minnkar því lengra sem dregur frá suðupollinum.



Hitadreifing kringum suðu.

Hitadreifing í kringum suðu sem gerð hefur verið í 12 mm efni úr óblönduðu stáli. Orkuflæðið er 4 kJ/mm.

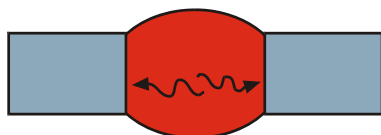
## Tilkoma eftirspennu

Þar sem hitastigið á hverjum stað í efninu fer eftir fjarlægðinni frá suðupollinum, verður þörf efnisins á þenslu við upphitunina ásamt samdrætti og kólnun að vera mismunandi.

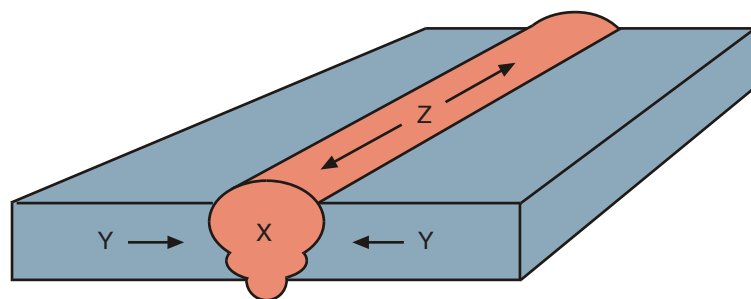
Það efni sem nær að bráðna við suðuna, og efnið næst suðupollinum, hefur mesta þörf fyrir þenslu. Þessi þensla hindrast af kaldara efninu lengra frá

suðupollinum. Efnið kemur þess vegna til með að þjappast. Þegar suðan síðan kólnar, hafa hinir ólíku hlutar efnisins mismunandi þörf fyrir samdrátt, sem leiðir af sér eftirspennu.

Samdrátturinn verður bæði þvert yfir suðuna (Y) og langsum eftir suðunni (Z). Þar að auki verður viss samdráttur á þykkt suðunnar (X).



Þensla upphitaða efnisins hindrast af kaldara efninu lengra frá.

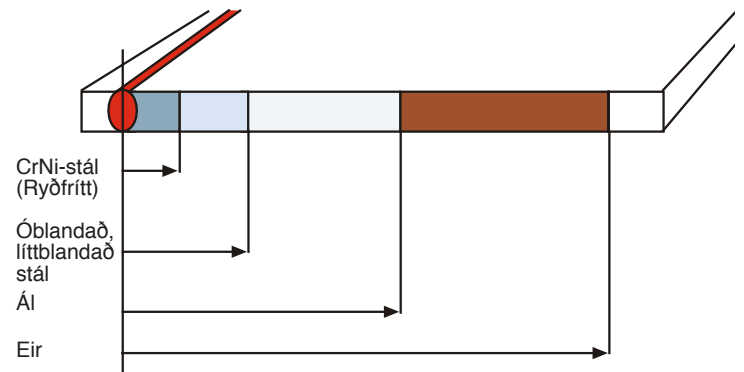


Samdráttur verður í allar áttir.

## Formbreyting vegna samdráttar

Fyrir utan það að samdráttarspennurnar verða eftir í stálvirkinu eftir suðuna, valda þær einnig vissum formbreytingum.

Hve miklar samdráttarspennurnar og formbreytingarnar verða, ræðst af orkuflæðinu, hitadreifingunni, þenslustuðli grunnefnisins og því hve vel stífað stálvirkið er við suðuna.



Hitaleiðni helstu smíðamálna.

## Fastspennt vinnslustykki: Áhrif þess á eftirspennur

Hlutir sem á að sjóða og eru fastspenntir í stálvirkið, geta ekki dregist frjálst saman og verður því í þeim varanleg spenna. Hér skiptir skipulag og suðuáætlun öllu máli. Að sjóða í réttri röð er dæmi um fyrirbyggjandi aðgerð, að sjóða eftir suðuferilslýsingu er annað.

Ef ekkert er gert til þess að fyrirbyggja eða minnka spennuna, getur það í versta tilfalli leitt til þess að efnið brestur.

Viðeigandi aðgerð til þess að losa um spennuna getur t.d. verið að afglóða efnið. Með því að afglóða efnið minnkar/jafnast spennan út sem eru alltaf til staðar í soðnum stálvirkjum.

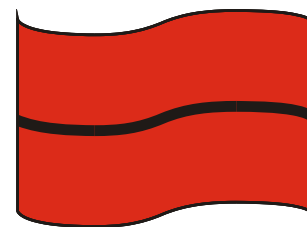
## Áhrif eftirspennu

Samdrátturinn sem verður við suðu hefur oft í för með sér að vinnslustykkið „dregur sig“.

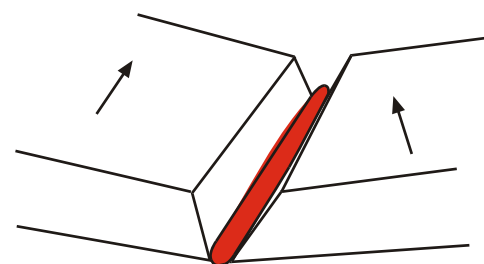
Vinnslustykki úr þunnu efni formbreytist vegna þess að suðan dregst saman á lengdina, styttist. Hluturinn verður ójafn, það koma bylgjur í hann. Samdrátturinn þvert á suðuna hefur lítil eða engin áhrif, vegna þess hve lítil suðan er (mikill suðuhráði) og vegna lítills rúmmáls efnisins.

Hornsamdráttur verður í stúfsuðuskeytum þegar fyrsti strengurinn er soðinn. Hann virkar síðan eins og löm sem hlutar vinnslustykkisins sveigjast utan um við suðuna.

Hvað er hægt að gera til að hindra formbreytingar sem verða vegna eftirspennu?: sjá kafla E5.2.2.



Þunnt efni formbreytist vegna samdráttar í lengdarátt suðunnar og verður bylgjótt.



Hornsamdráttur.

## Afglóðun

Þær hitameðferðaraðferðir sem mest eru notaðar við suðu eru forhitun og afglóðun.

Sá staðall sem lýsir reglum um þetta er ISO 13916. Ef forhita á efnið fyrir suðu eða afglóða eftir á skal það koma fram á suðuferilslýsingu.

### Vinnsluhiti (forhitun)

Til þess að ná æskilegum vinnsluhita getur þurft að forhita. Forhitun hefur ýmsa kosti, jafnvel þar sem aukins vinnsluhita er ekki krafist, eins og t.d. að:

- hægja á kælingu frá suðunni, sem minnkar hættuna á sprungumyndun.
- minnka spennu í suðunni og í efninu í kring.
- hjálpa til við að losna við vetni frá suðunni og nánasta umhverfi.
- hækka hitann á efni sem verið hefur utanhúss og ekki náð stofuhita.

## Afglóðun

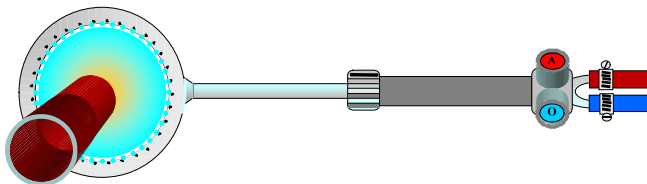
Afglóðun er gerð til þess að losna við spennu sem verður í efninu þegar það kólnar aftur eftir suðu, hitameðferð eða heitvinnslu.

Ekki er með þessu verið að sækjast eftir breytingu á kristallaupbyggingu efnisins eða minni hörku.

Afglóðunarhitastigið er yfirleitt um 550-600°C, og afglóðunartíminn, sem fer eftir stærð viðkomandi stykkis og efnasamsetningu, er um það bil 2 tímar við þann hita sem valinn er. Eftir afglóðunina á stykkið að kólna hægt.

### Búnaður og hjálpartæki

Til hitunarinnar er notaður rafstraumur eða gas. Rafmagnshitun fer fram með mótstöðu- eða spanbúnaði. Straumgjafinn getur verið sérstök vél til hitunar eða suðustraumgjafi.

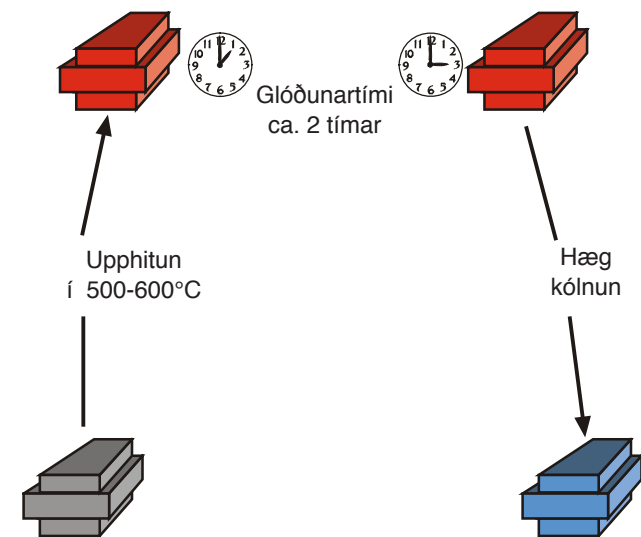


Hringbrennari.

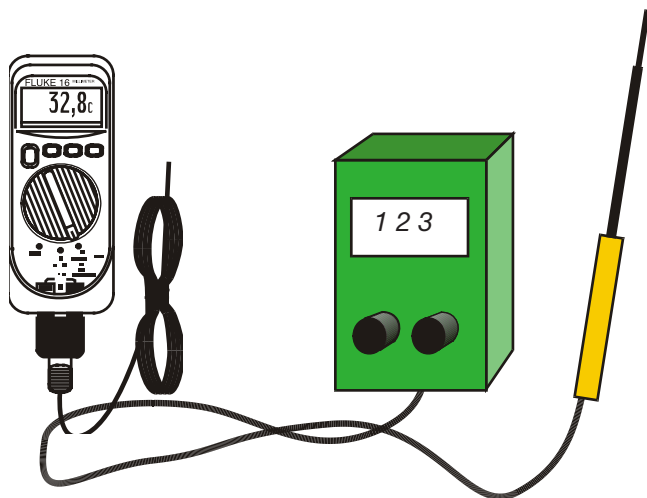
Við upphitun með gasi er notaður hringbrennari eða fjölstútahitari.

Til eftirlits með hitastiginu við forhitun er hægt að nota hitakrítar eða rafmagns hitamælitæki.

Ef mikillar nákvæmni er krafist, t.d. við afglóðun, er rétt að nota stafræn (digital) mælitæki sem sjálfkrafa fylgjast með og skrá hitastig, upphitunartíma, glóðunartíma og kólnunartíma.



Hitastig við afglóðun.



Stafræn og rafeinda-hitamælitæki.

HEIMILDIR:

Lernia

## E4.2.2 Suðugallar (M4.2.3, G3.2.5, T4.2.3)

### Upprifjun: um lögun suðufúgunnar

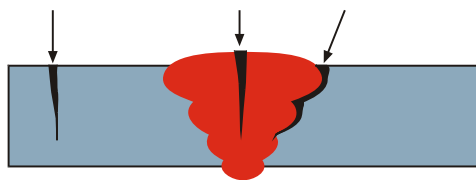
Sjá kafla E 3.2.3

### Ástæður suðugalla: grunnefni, aðferð, suðumaður

#### Grunnefni

Þeir suðugallar sem eiga rætur sínar að rekja til grunnefnisins eru fyrst og fremst sprungur, hitasprungur og/eða samdráttarsprungur.

Algengasta orsökina fyrir hitasprungum er að óhreindindi eins og brennisteinn og fosfór eru í stálinu. Suðuaðferðir sem bræða niður mikið af grunnefninu (hafa háan bræðslustuðul), valda þess vegna frekar hitasprungum en aðrar.



Það er t.d. hægt að bera saman bræðslustuðul duftsuðu sem er 60-80%, við MAG-suðu 30-50% og við MMA 20-40%. Fyrir kol- og kolmanganstál er til jafna sem nota má til þess að meta hættuna á hitasprungum (UCS). Þessi jafna lítur þannig út:

$$UCS = 230 \cdot C + 190 \cdot S + 75 \cdot P + 45 \cdot Nb - 12 \cdot Si - 5,4 \cdot Mn - 1$$

C = kolefni                      Nb = níob  
S = brennisteinn              Si = kísill  
P = fosfór                        Mn = mangan

Ef USC er < 10 er sprunguhættan lítil  
Ef USC er > 30 er sprunguhættan mikil

#### Aðferð

Eins og áður var nefnt fer hættan á sprungumyndun að nokkru eftir ólíkum bræðslustuðli hinna ýmsu

suðuaðferða. En það er ekki bara valið á suðuaðferð sem hefur þýðingu. Sjálf framkvæmdin skiptir líka máli. Val á stillibreytum, suðuhraði, suðustaða o.fl. getur hvert um verið ástæða fyrir suðugöllum.

### Yfirlit yfir ákveðna galla og orsakir þeirra

Suðugöllumum er lýst í þeirri röð sem þeir koma fyrir í ÍST EN ISO 5817 - *Ljósogasuða á stáli - „Leiðbeiningar um flokkun suðugæða“*. Ásamt ÍST EN ISO 6520 *„Málmsuða og skyld ferli - Flokkun rúmfræðilegra ójafna í málmkenndum efnum“*. ÍST EN ISO 5817 leysir af hólmi eldri staðla sem notaðir hafa verið um sama efni.

Suðuaðferðir sem staðallinn gildir fyrir eru pinna-suða (11), duftsuða (12), hlífðargassuða (13), hlífðargassuða án notkunar suðuvírs (14) og plasmasuða (15). Hann gildir fyrir handvirkar, vélvæddar og sjálfvirkar suðuaðferðir.

Í staðlinum er bæði fjallað um þær gerðir galla sem kalla má formgalla og hina sem fremur eru útlitsgallar. Með formgöllum er átt við galla eins og sprungur, loftbólur, ónóga innbræðslu og annað þessháttar sem rýfur heildarformið í samsuðunni.

Útlitsgalli er það kallað þegar lögun suðunnar er ekki sem skyldi. Rangt a-mál og of há kúpa á suðu eru dæmi um þetta.

Í staðlinum er göllumum skipt í 6 flokka:

- 1 *Sprungur*
- 2 *Holrými*
- 3 *Inniluktur agnir*
- 4 *Ónóg innbræðsla/gegnumsuða*
- 5 *Útlitsgallar*
- 6 *Ýmis samhengisrof og útlitsgallar*

Flestir suðugallar hafa bókstafslykil sem vísar til International Institute of Weldings (IIW:s) *„Collection of Reference Radiographs“*.

## Sprungur

Sprungur eru samhengisrof sem á staðbundinn hátt rýfur heildina. Sprungur myndast vegna upphitunar, kælingar eða álags.

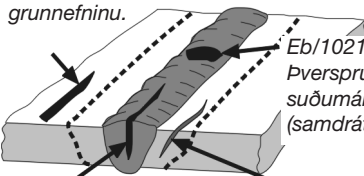
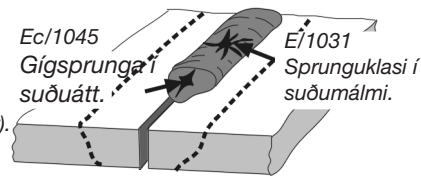
Sprungur eru mjög alvarlegir suðugallar sem ófrá-víkjanlega valda falleinkunn fyrir suðana, hvort sem um suðupróf eða framleiðslu er að ræða.

### Flokkur 1: Sprungur

| IIW-lykill | IST-ISO 6520 | Gerð galla                   | Lýsing suðugallans                                                                                                                                                        | Sennileg orsök gallans                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann                                                                                                                                                                                 |
|------------|--------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ea         | 101          | 1011<br>1012<br>1013<br>1014 | Sprungur í suðuáttina í suðumálminum.<br>Sprungur í suðuáttina á mörkum suðumáls.<br>Sprungur í suðuáttina á hitaáverkuðu svæði.<br>Sprungur í suðuáttina í grunnnefninu. | Flestar sprungur sem myndast í suðuefninu eru s.k. hitasprungur. Þær myndast í þeim hluta suðunnar sem storknar seinast, þ.e. í miðri suðunni. Þær ná oft upp til yfirborðsins, en geta verið huldar þar undir.<br>Gallinn verður vegna óhreininda í grunnnefninu (hátt fosfór-, kolefnis- og/ eða brennisteinsinnihald) ásamt of háum suðuhita. Aðrar sprungur myndast af sömu ástæðu þ.e. óheppilegri samsetningu grunnnefnisins. | MMA: Notið basískt suðuefni.<br>MAG-Rörþráður: Sama<br>MAG-Gegnheill: Hafði vara á hlutfalli hæðar og breiddar suðunnar.<br><br>Almennt: Of hár suðustraurmur eða of lítill suðuhraði eykur á líkurnar á þessum sprungugerðum. |
| Eb         | 102          | 1021<br>1023<br>1024         | Þversprungur í suðumálminum.<br>Þversprungur á hitaáverkuðu svæði.<br>Þversprungur í grunnnefninu.                                                                        | Þversprungur eru oftast kaldsprungur. Þær verða vegna of lágs orkuflæðis, samhliða samdráttarspennu í suðuskeytunum.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Almennt: Aukið orkuflæðið og minnkið samdráttarspennuna í suðuskeytunum með því að sjóða í réttri suðuröð.                                                                                                                     |
| E          | 103          | 1031<br>1033<br>1034         | Útgeislandi eða greinaðar sprungur ásamt sprunguklössum í suðumálminum.<br><br>Sama, á hitaáverkuðu svæði.<br><br>Sama, í grunnnefninu.                                   | Sprungur sem verða vegna hersluáhrifa í suðu- eða grunnnefni.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Almennt: Gætið þess að sjóða með réttum stillibreytum. Forðist hraða kælingu eftir suðuna. Kveikið aldrei ljósbogann fyrir utan suðufúguna.                                                                                    |
| Ec         | 104          | 1045<br>1046<br>1047         | Gígsprungur í suðuátt<br>Gígsprungur þvert á<br>Stjörnulaga gígsprungur.                                                                                                  | Gígsprungur geta myndast vegna rangt endaðrar suðu samhliða röngu suðuefni.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | MMA/MAG/MIG: Endið suðuna með réttri hreyfingu. Notið passandi suðuefni.<br>TIG: Notið „slope-down“ stillingu til að fá rétta ending suðunnar.                                                                                 |

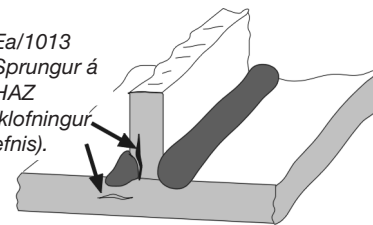
Ea/1014

Sprungur í suðuátt í grunnnefninu.

Eb/1021  
Þversprungur í suðumálminum.  
(samdráttarsprungur).Ea/1011  
Sprungur í suðuátt í suðumálminum  
(hitasprungur).Ea/1013  
Sprungur í suðuátt á hitaáverkuðu svæði.Ec/1045  
Gígsprungur í suðuátt.  
E/1031  
Sprunguklasi í suðumálmi.

Ea/1013

Sprungur á HAZ (klofningur í efnis).



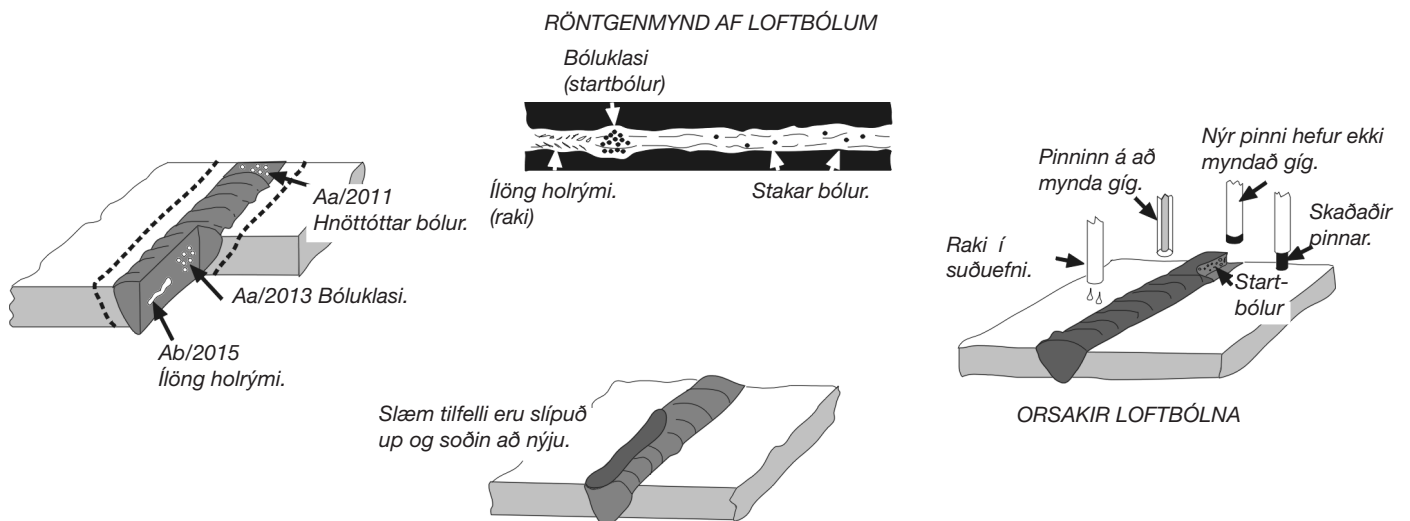
Dæmi um sprungur.

## Holrými

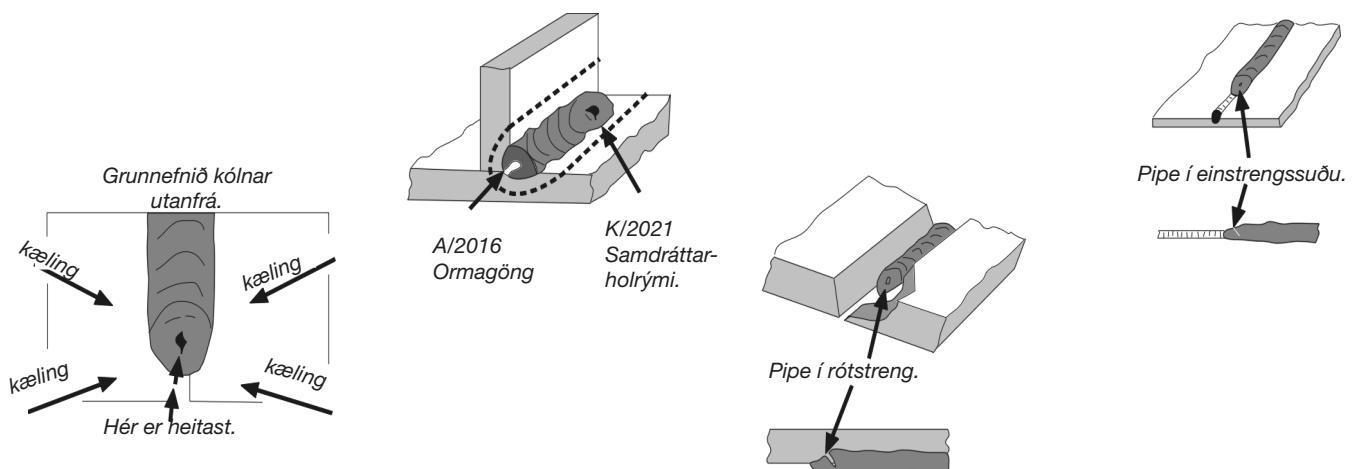
Holrými geta myndast bæði sem loftbólur og sem samdráttarholrými (pipes). Loftbólur innihalda gas og er gerður greinarmunur á milli margra gerða þeirra. Hér er hins vegar aðeins fjallað um þrjár gerðir þeirra. Samdráttarholrými verður vegna þess að efnið nær

ekki að dragast saman eins og þörf krefur. Það verður efnisskortur í lok suðunnar (suðugígur).

| Flokkur 2: Holrými |              |              |                                       |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IIW -lykill        | IST-ISO 6520 | Gerð galla   | Lýsing suðugallans                    | Sennileg orsök gallans                                                                                                                                                                                                               | Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann.                                                                                                                                                                                                            |
| Aa<br>Ab           | 201          | 2011<br>2015 | Loftbólur, ílöng holrúm eða ormagöng. | Loftbólur verða vegna óhreininda í fúgu og/eða suðuefni, ófullnægjandi gashlíðar, of langs ljósboga, rangrar pólnar o.fl. Startbólur geta myndast í byrjun suðu áður en gígur myndast í enda suðupinnans, en það stýrir gashlífinni. | Almennt: Fúguyfirborð og suðuefni á að vera hreint og þurr. Suðan á að framkvæmast með réttri pólnun fyrir suðuefnið. Kveikið ljósbogann frammi í fúgunni og bakkið að startpunktinum, þannig er komið í veg fyrir startbólur. MAG/TIG: Gætið að gasflæði. |
| K                  | 202          | 2021         | Samdráttarholrými (endagígar/pipes).  | Samdráttarholrými getur myndast ef suðunni er lokið á rangan hátt.                                                                                                                                                                   | Almennt: Ljúkið suðunni með því að fara örlítið til baka inn í suðuna frá endapunktinum. TIG: Notið „slope-down“ stillingu.                                                                                                                                |



Dæmi um loftbólur og orsakir þeirra.

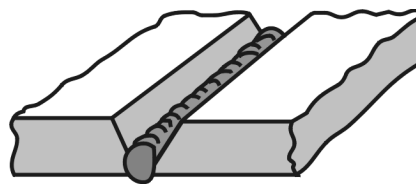


Dæmi um samdráttarholrými.

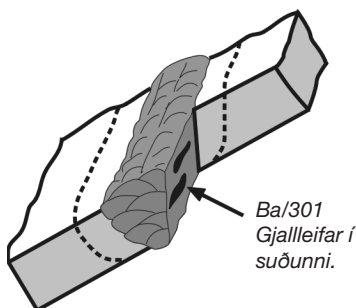
## Inniluktar agnir í föstu formi

Inniluktar agnir í föstu formi geta verið framandi efni eins og gjall, oxíðir, wolfram o.s.frv. Þær eru flokkaðar sem „framandi efni innilukt í bræddum málminum“.

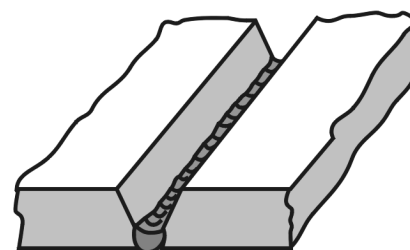
| Flokkur 3: Inniluktar agnir |              |            |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                  |
|-----------------------------|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IIV-lykill                  | IST-ISO 6520 | Gerð galla | Lýsing á suðugallanum                                                                                                  | Sennileg orsök gallans                                                                                                                                                                 | Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann                                                                                   |
| Ba                          | 301          | 301        | Gjalleifar í suðu er gjall sem verður eftir í bráðinni þegar hún storknar. Það geta verið einstaka gjallagnir eða..... | Kæruleysi við gjallhreinsun. Gjalleifar ásamt röngum strengjastærðum við fjölstrengjasuðu. Of líttill suðuhraði og/eða of lágar stillibreytur.                                         | Almennt: Gjall á í öllum tilfellum að fjarlægja vandlega. Fordíst kúptar suður. Sjóðið með réttum stillibreytum (ekki of lágum). |
| Bb                          |              | 3011       | ....lengri gjallrákir eða rendur, þ.e. samhangandi inniluktar gjalleifar.                                              |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                  |
| G                           | 302          |            | Flux eða suðuduftleifar í suðunni.                                                                                     | Ófullnægjandi hreinsun á milli strengja.                                                                                                                                               | Almennt: Flux, duft og oxíðir verður að fjarlægja vandlega.                                                                      |
| J                           | 303          |            | Inniluktar oxíðir eða oxíðhúð                                                                                          | Ófullnægjandi hreinsun skurðarflata. Illa hreinsað á milli strengja við MAG-suðu.                                                                                                      | TIG: Skiptið yfir í grófara rafskaut ef auka þarf suðustrauminn.                                                                 |
| H                           | 304          |            | Inniluktar málmagnir, eins og wolfram, eir o.fl.                                                                       | Wolframleifar í suðu geta verið vegna of hás suðustraums við TIG-suðu eða að oddur rafskautsins hefur festst í bráðinni og brotnað af. Eirleifar geta komið frá rótarstuðningi úr eir. |                                                                                                                                  |



Kúptar suður (sérstaklega í V-fúgu) bjóða heim hættunni á gjalleifum.



Ba/301  
Gjalleifar í  
suðunni.



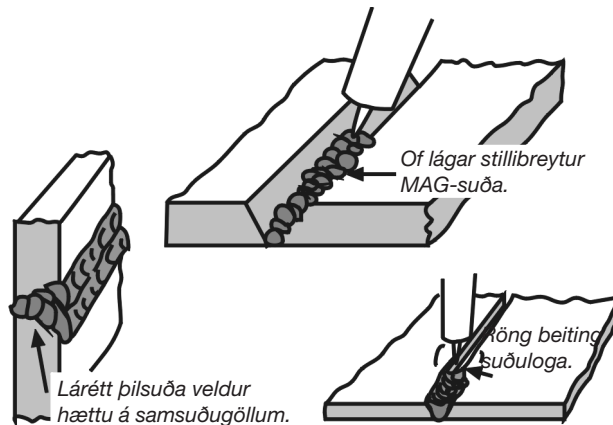
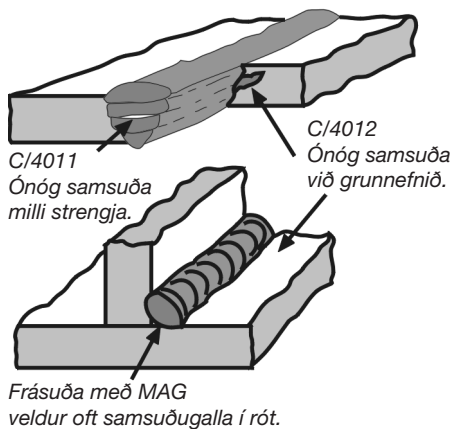
Íhvolfar suður gera slípun og aðra vinnslu suðunar óþarfa.

Dæmi um inniluktar agnir í föstu formi.

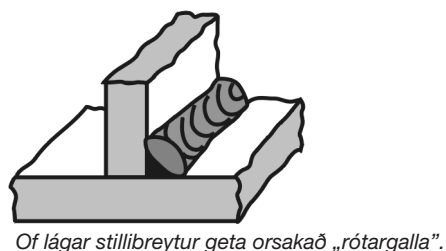
## Ónóg samsuða eða ófullnægjandi gegnumsuða

Ónóg samsuða þýðir að sambræðslan milli suðumálms og grunnefnis eða á milli suðustrengja er óviðunandi. Ófullnægjandi gegnumsuða (rótargalli) kemur fram á bakhlið (rótargalli) suðunnar þegar soðið er frá annarri hlið eða falin inni í henni við suðu beggja megin frá.

| Flokkur 4: Ónóg samsuða eða ófullnægjandi gegnumsuða |              |                  |                                                                                        |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------|--------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IW-lykill                                            | ÍST-ISO 6520 | Gerð galla       | Lýsing á suðugallanum                                                                  | Sennileg orsök gallans                                                                                                                                       | Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann                                                                                                                                                                                                                                        |
| C                                                    | 401          | 4011<br><br>4012 | Ónóg samsuða við grunnefnið.<br><br>Ónóg samsuða við annan suðustreng.                 | Ónóg samsuða er algeng við MIG/MAG-suðu og gassuðu, og orsakast af því að ljósboginn/loginn nær ekki að bræða upp grunnefnið eða suðustrenginn undir.        | MMA: Frekar óalgengt. Getur komið fyrir ef mál fúgunnar eru röng, t.d. við stúfsuðu í stöðu PC (lárétrri þilsuðu).<br>MAG: Of lágar stillibreytur, rangur halli suðubyssu, fallandi suða eða frásuða.                                                                                 |
| D                                                    | 402          |                  | Ófullnægjandi gegnumsuða (rótargalli) þýðir að suðan nær illa eða ekki í gegnum efnið. | Rangur eða ónógur undirbúningur fúgunnar (rangur halli fúgunnar, of lítið suðubíl, of stórir kantar).<br>Ónógur undirbúningur fúgunnar fyrir suðu á bakhlið. | Almennt: Nákvæmur undirbúningur fúgunnar er mikilvægur við alla suðu. Ef vinna á bakhlið fyrir suðu verður að sjá til þess að allir gallar séu fjarlægðir. Við slípun/meitlun verður að sjá til þess að fúgan verði nægjanlega breið. Það er auðvelt að spilla fyrir með slípvélinni. |



Dæmi um ónóga samsuðu.



Dæmi um ófullnægjandi gegnumsuðu.

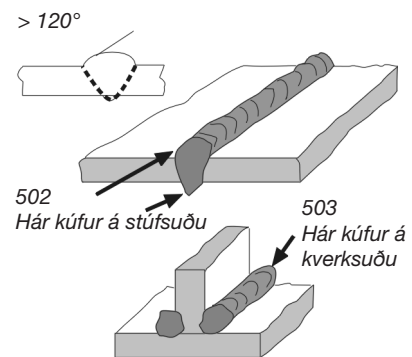
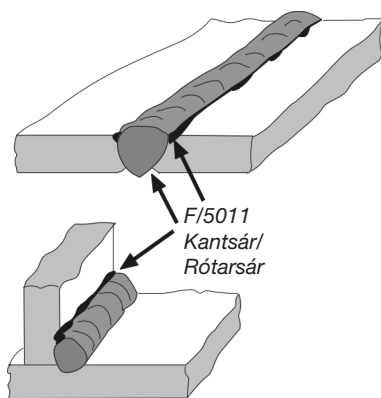


## Útlitsgallar

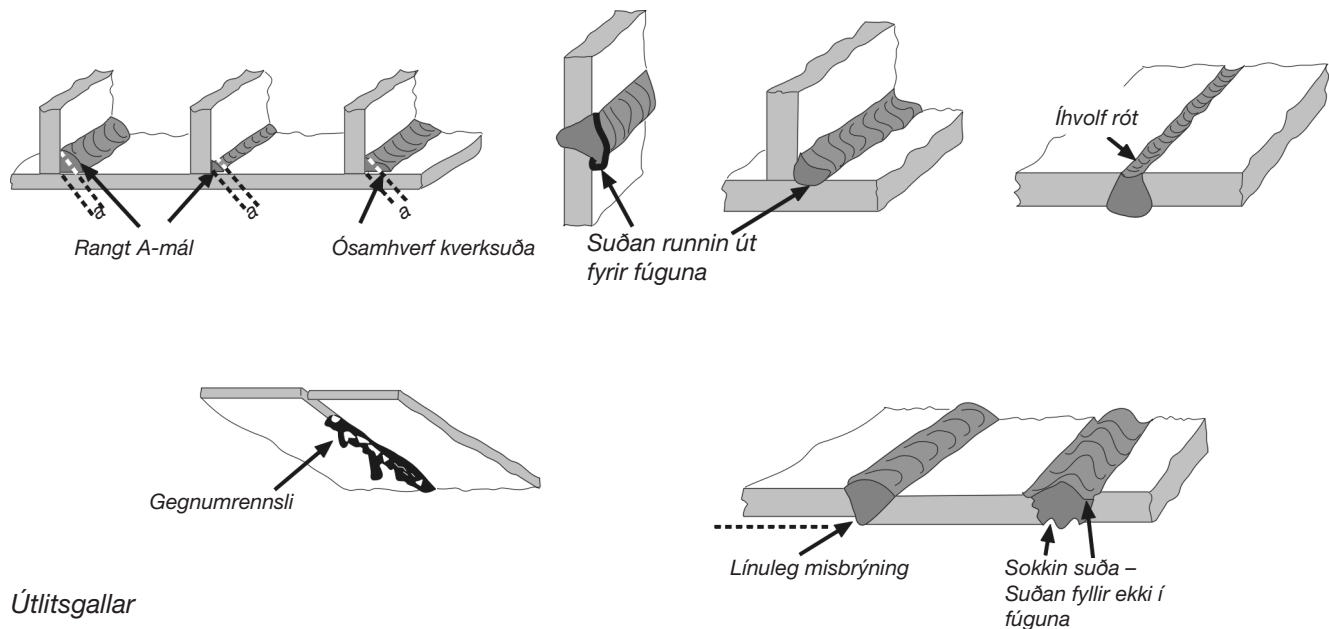
Útlitsgalli er það kallað þegar suðan fylgir illa lögum suðuraufarinnar eða þegar lögum eða stærð suðunnar er röng. Röng stærð getur verið rangt a- eða z-mál, röng lögum er t.d. of stór eða of lítil kúfur á suðunni, kantsár

eða fallin suða, of mikil gegnumsuða o.fl. Það getur líka verið of stórt eða of lítið bil milli hluta sem tengja á saman.

| Flokkur 5: Útlitsgallar |              |            |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IIV-lykill              | IST ISO 6520 | Gerð galla | Lýsing á suðugallanum                                                                                                              | Sennileg orsök gallans                                                                                                                                                                                                         | Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| F                       | 501          | 5011       | Kantsár eða rötarsár sem eru n.k. rásir eða díki á mörkum suðu og grunnnefnis.                                                     | Rangur færsluhraði, rangar stillibreytur eða rangur halli á suðupinna/suðubyssu.                                                                                                                                               | Almennt: Gætið að halla suðupinnans/-byssunnar. Sjóðið með réttum stillibreytum. Sýnið sérstaka aðgát við suðu í lóðréttri stöðu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| F                       | 502<br>503   |            | Of há kúpa við stúfsuðu.<br><br>Of há kúpa við kverksuðu.                                                                          | Lögum suðunnar er röng.                                                                                                                                                                                                        | Almennt: Of lítill færsluhraði eða of lágar stillibreytur. Röng uppröðun/ stærð strengja.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Enginn lykill           |              |            | Rangt a- eða z-mál, ósamhverf kverksuða (misstór z-mál).<br><br>Suðan runnin út fyrir fúguna, of mikil gegnumsuða eða sokkin suða. | Rangur færsluhraði sem veldur rangri stærð suðunnar. Rangur halli suðupinna/-byssu.<br><br>Of háar stillibreytur. Rangur undirbúningur fúgu (t.d. of stórt suðubil).                                                           | Almennt: Það þarf þjálfun til að suðurnar verði af réttri stærð. Gætið að halla suðupinnans/-byssunnar.<br><br>Almennt: Sjóðið með réttum stillibreytum – ekki of háum. Vandíð fúguundirbúning svo suðubil og kantar verði réttir. Hitastig og þar með gegnumsuðu er hægt að finnstilla með því að breyta ljósbogalengd og suðuhalla.                                                                                                    |
| Enginn lykill           |              |            | Línuleg misbrýning.<br><br>Suðan fyllir ekki í fúgu, ójöfn suðubreidd, óreglulegt yfirborð suðu.<br><br>Íhvolft röt.               | Rangur undirbúnigur skeyta.<br><br>Rangur suðuhraði/strengja-stærð. Kæruleysi/kunnáttuleysi við framkvæmd suðunnar.<br><br>Rangar stillibreytur. Rangur undirbúningur fúgu. Rangur halli suðupinna/-byssu. Of langur ljósbogi. | Almennt: Gætið þess að hlutar vinnslustykkisins passi saman.<br><br>Almennt: Fylgist með fúguköntunum svo að suðan fylli í fúguna án þess að flæða útfyrir.<br><br>Almennt: Vandamálið kemur oftast upp í PE-stöðu. Vandíð fúguundirbúninginn. Hallið ekki pinnanum/byssunni of mikið í suðuáttina. Hafið eins stuttan ljósboga og unnt er.<br><br>MMA: Ef suðuferilslýsingin og pinninn leyfa; prófið að sjóða á jafnstraumi, mínuspól. |



Formgallar – kantsár og háir kúfar.



Útlitsgallar

## Samhengisrof og útlitsgallar sem ekki passa í neinn af áðurnefndum flokkum

Af þessu tagi eru gallar sem ekki beint eru suðugallar, en geta þó haft mikil áhrif á gæði suðunnar og á það mat sem suðan fær. Í flestum þessum tilfellum er um að ræða kæruleysi eða kunnáttuleysi hjá suðumanninum.

| Flokkur 6: Annað |              |            |                       |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
|------------------|--------------|------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IIW-lykill       | ÍST-ISO 6520 | Gerð galla | Lýsing á suðugallanum | Sennileg orsök gallans                                                                               | Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann                                                                                                                                    |
|                  | 601          |            | Kveikisár.            | Agaleysi hjá suðumanninum.                                                                           | Kveikið ljósbogann í fúgunni – ekki til hliðar við hana.                                                                                                                          |
|                  | 602          |            | Suðuspraut.           | Rangar stillibreytur, of langur ljósbogi.                                                            | MMA: Haldið réttum ljósboga og suðustraumi.<br>MAG: Minnkið spennuna eða aukið á þráðmötunina.                                                                                    |
|                  | 603          |            | Skaðað yfirborð.      | Yfirborðsskaðar sem verða þegar fjarlægðar eru styrkingar og festingar, göt eftir prófborun o.s.frv. | Almennt: Öll ásoðin hjálpartæki á að fjarlægja þannig að engin ummerki verði eftir. Suðuleifar á að slípa slétt, sár á að fylla með suðu og slípa slétt.                          |
|                  | 604          |            | Slípisár.             | Staðbundnir skaðar vegna óvarkámi við slípun.                                                        | Almennt: Sýnið varkárni við slípun svo að forðast megi sár.                                                                                                                       |
|                  | 605          |            | Meitiláverkar.        | Staðbundnir skaðar vegna óvarkámi við meitlun, gjallhreinsun o.þ.h.                                  | Almennt: Fjarlægjið gjall o.s.frv. með aðgát og helst án vegsummerkja.                                                                                                            |
|                  | 606          |            | Ofslípun.             | Þykktarminnkun vegna ofvirkni við slípivinnu.                                                        | Almennt: Slípið aldrei af slíku ofurkappi að skaðleg þynning verði á grunnefninu. Ef það gerist samt, á að fylla í með suðu. ATH! Farið þó ekki út fyrir ramma suðuferilsýsingar! |

HEIMILDIR:

Svenska Standard SS-ISO 5817 – Svenska Standard SS ISO 6520 – Standardiseringskommissionen.

Marten Huisman – Filarc

## E4.2.3 Búnaður til pinnasuðu: Uppbygging og viðhald (M4.2.4<sup>1</sup> – G1.2.1<sup>2</sup> – T4.2.4<sup>3</sup>)

### Rafsuðuspennir, vafningar, kjarni, hitastigshækkun og stýring

Meginhlutverk suðuvélarinnar er að lækka netspennuna (380/400 V) og gera það mögulegt að fá út nýtanlegan suðustraum (ca. 25-600 A). Suðuvélin verður að vera þannig byggð að hægt sé að stilla suðustrauminn fyrir hin ýmsu verkefni, og það helst stíglaut. Það eru til margar ólíkar gerðir suðuvéla og margar ólíkar útfærslur.

Aðrar kröfur sem suðuvélin þarf að uppfylla:

- Hún á að gefa mikinn hita í ljósboganum.
- Hún á að gefa stöðugan ljósboga.
- Hún á að gefa stöðugan hita við langtíma suðuvinnu.
- Það verður að vera hægt að stýra hitanum.

Suðuvélar skiptast í tvo meginflokk, riðstraums- og jafnstraumsvélar. Jafnstraumsvélum er síðan skipt í þrjár gerðir, afriðla, snúningsvélar og inverterar.

Þróun suðuvéla hefur orðið frá frumstæðum spennum til transara, afriðla, invertera o.s.frv. í takt við þróun rafeindatekninnar.

### Rafsuðuspennir (Transari)

Transarinn lækkar netspennuna og skilar hæfilegum suðustraumi. Transarinn skilar riðstraumi, þar sem hann breytir bara netspennunni í kveikispennu sem er ca. 60-75 V.

Suðustrauminn er hægt að stilla á ólíkan hátt, en algengast er að hreyfanlegur kjarni breyti s.k. lekaflæði á milli for- og eftirvafninga í transaranum. Sumir suðupinnar hafa betri suðueiginleika á riðstraumi en á jafnstraumi. Meðal þeirra eru svokallaðir háafkastapinnar, sérstaklega þeir grófu ásamt djúpsuðupinum.

Kostir riðstraumsvéla:

- Hár virknisþáttur (80-85%)
- Engar truflanir vegna segulmögnunar
- Ódýrar í innkaupum

Ókostir:

- Nota þarf sérstaka „riðstraumspinna“.
- Valda misálagi á dreifikerfið, vegna tveggja fasa tengingar.



Suðutransari frá ESAB.

<sup>1</sup> Búnaður til MIG-MAG-suðu. <sup>2</sup> Búnaður til gassuðu. <sup>3</sup> Búnaður til TIG-suðu.

## For- og eftirrásir, að hlífa netverkinu

Sú straumrás sem leiðir frá úttaki í vegg að suðuvélinni er kölluð forrás (primary circuit á ensku) en rásin á milli suðuvélar og vinnslustykkis er kölluð bakrás (secondary circuit).

Til þess að valda ekki misálagi á dreifikerfið er straumnum deilt á þrjá fasa (nema í sumum trönsurum). Ef suðuvélin verður fyrir yfirálagi rofnar straumurinn þar sem öryggi á einum eða fleiri fösom slá út. Því er það mikilvægt að nota rétta stærð öryggja (upplýsingar um það er að finna á merkispjaldi suðuvélarinnar). Ef of stór öryggi eru notuð getur vélin eyðilagst áður en örygginn slá út.

## Stilling suðustraumsins

Suðustraumurinn er hægt að stilla á ýmsan hátt, allt eftir gerð vélar. Því er það mikilvægt að skoða vandlega leiðbeiningar framleiðandans.

Á eldri suðuvélum geta verið stigstillar sem straumnum er breytt með. Aðrar gerðir véla eru stilltar með því að tengi eða suðukapall er fluttur á milli úttaka.

Nútímalegar suðuvélar hafa stiglausu stillingu suðustraumsins. Stillingin getur farið fram á framhlið vélarinnar eða í gegnum fjarstýringu. Sumar nýlegri vélar hafa tölvustýrða forritun suðustraumsins, þar sem hann er forritaður eftir kröfum verkefnisins. Annað nútímalegt hjálpartæki er s.k. púlssstillir.

## Púlssstillir

Púlssstillar eru notaðir við púlssuðu, sem felur í sér að suðustraumurinn hleypur á milli ákveðins grunnstraums og púlssstraums sem alltaf er hærri en grunnstraumurinn. Hægt er að stilla lengd og styrk púlssanna.

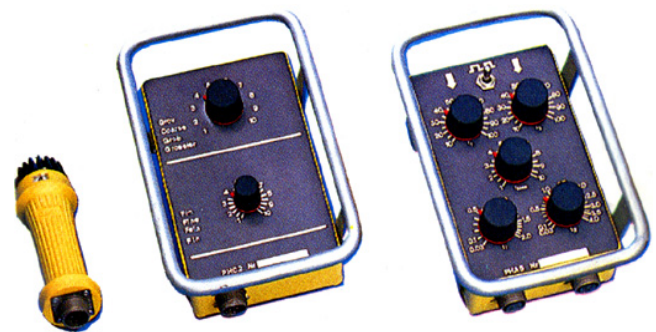
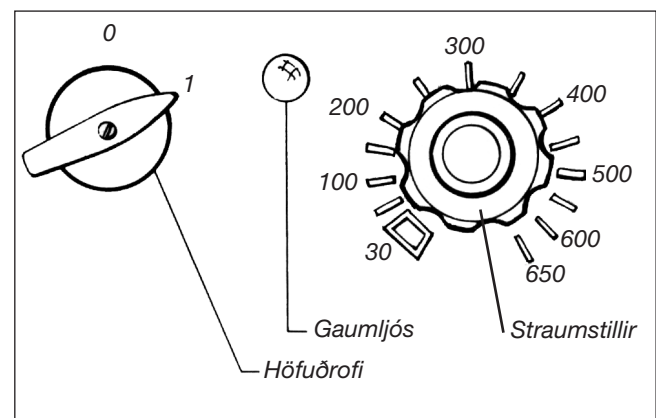
Kostir:

- Auðveldara að ráða við stórt suðugap.
- Auðveldara að sjóða í þunnt efni.
- Betri stjórnun á hitaflæði.
- Auðveldara að sjóða stöðusuðu.
- Minni hætta á suðugöllum.

## Stjórnþúnaður

Stjórnþúnaðurinn er tiltölulega einfaldur á suðuvélum fyrir pinnasuðu:

- Rofi til að kveikja og slökkva.
- Takki/hjól/sveif með ámerktum gildum til að stilla suðustrauminn að framan eða ofan á straumgjafanum.
- Rofar og tengingar fyrir fjarstýringu og/eða púlssstilli.
- Úttök fyrir suðu- og jarðleiðara. Sumar vélar hafa stillihapp til að breyta á milli MMA- og TIG-suðu.



Mismunandi gerðir fjarstýringa.

Mælur til að lesa af stillingu suðustraums og spennu eru yfirleitt ekki til staðar. Ef stilla á þessar breytur með mikilli nákvæmni verður að mæla straum og spennu með lausum amper/voltmælum.

Tengingar fyrir suðu- og jarðleiðara eru á öllum suðuvélum.

Riðstraumsvélar hafa fastar tengingar suðukapla, en jafnstraumsvélar aftur á móti hafa + og - tengingar. Sú tenging sem valin er hverju sinni fyrir suðuleiðarann ræðst af gerð suðupinnans og í vissum tilfellum ræðst það af suðustöðunni.

Tengingarnar eru staðlaðar og hæfa öllum vélum.

## Suðuafriðill

Suðuafriðill skilar jafnstraumi. Riðstraumnum frá dreifikerfinu er breytt í jafnstraum í afriðilshlutanum. Þetta er gert með díóðum eða týristorum. Straumstyrkurinn er stilltur með hreyfanlegum kjarna í spenninum eins og í transara eða með rafeindastýringu.

Kostir afriðilssuðunnar:

- Tekur bara straum við suðu.
- Veldur ekki misálagi á dreifikerfið.

Ókostir:

- Lágur virknispáttur (70-75%).

Önnur gerð jafnstraumsvéla er **Inverterinn**. Þessi gerð suðuvéla hefur náð miklum vinsældum þrátt fyrir tiltölulega hátt innkaupsverð.

Inverterinn skilar jafnstraumi og samanstendur af:

- afriðli sem breytir riðstraumi dreifikerfisins í jafnstraum.
- tíðnibreyti sem breytir jafnstraumnum aftur í riðstraum en nú með mun hærri tíðni.
- spennubreyti sem lækkar spennuna frá dreifikerfinu í 20-50 V.
- suðuafriðli sem breytir eftirspennunni í jafnstraum.

Einkenni inventera er að þær eru léttar og fyrirferðarlitlar. Þar sem bæði virknispáttur og nýtni eru há, er oftast hægt að nota grennri tengileiðslur og minni öryggi en hægt er með t.d. afriðlum.

## Snúningsvélin

Snúningsvélin samanstendur af rafmótor og rafli sem í sameiningu breyta riðstraumi dreifikerfisins í jafnstraum.

Kostir:

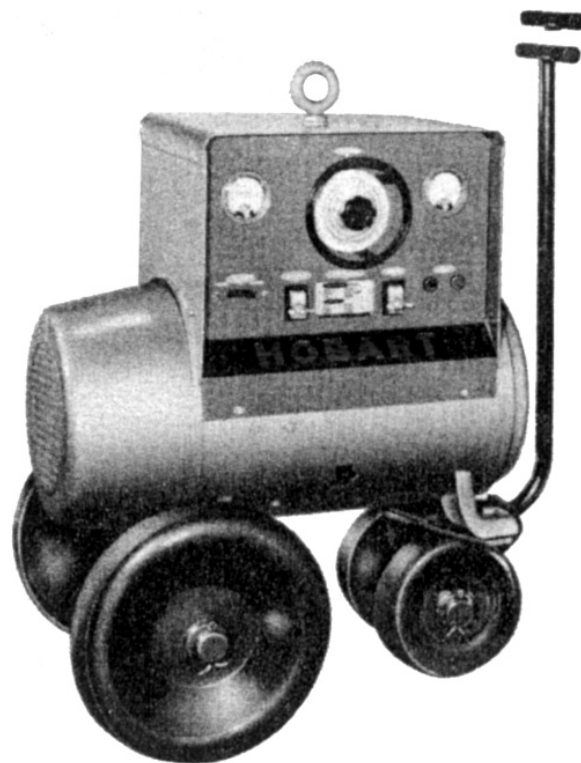
- Stöðugur og góður jafnstraumur.

Ókostir:

- Hreyfanlegir hlutir sem slitna.
- Tekur straum líka í lausagangi.
- Hávær.
- Lágur virknispáttur (50-55%).



Afriðill og inverter frá ESAB.



Snúningsvél.

## Mótorknúnar suðuvélar (bensín/dieselsuður)

Suðuvélar sem knúnar eru með bensín- eða dieselmótorum skila jafnstraumi. Minni gerðir eru knúnar tvígangis bensínhreyfli og vega u.þ.b. 40 kg. Stærri vélar eru knúnar fjörgangis bensín- eða dieselhreyfli.

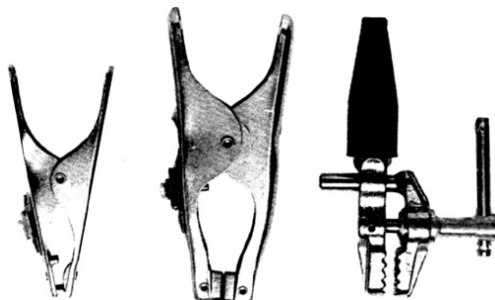


Mótorknúin suðuvél.

Algengt notkunarvið fyrir mótorknúnar suðuvélar er m.a. við aðveitulagnir hitaveitu þar sem vegalengdir gefa vart kost á öðru en færanlegum rafstöðvum og sjálfknúnum suðuvélum af þessu tagi.

## Búnaður til jarðtengingar

Til þess að rafsúða sé möguleg verður að loka hringrásinni, þ.e. að straumurinn verður að komast frá suðuvél eftir suðukapli/leiðslu í vinnslustykki og til baka til suðuvélar eftir jarðkapli. Jarðkapallinn verður að hafa minnst sama þvermál og suðukapallinn. Til festingar í vinnslustykkið er notuð jarðklemma/-þvinga. Þessar klemmur, sem geta verið af ólíkum stærðum og gerðum, eiga að vera sterkbyggðar og þola álagið sem verður við suðuna. ATH! Jarðklemmuna á að festa beint í vinnslustykkið og eins nálægt suðustaðnum og unnt er!



Festingar fyrir jarðkapla (klemmur og þvinga).

## Kaplar og suðutangir

Suðukaplar og suðutangir eiga að hafa verkefninu, þ.e.a.s. vera úr réttu efni og af hæfilegri stærð.

Mótstaðan í suðuköplunum hefur nefnilega í för með sér töluvert orkutap sem hefur áhrif bæði á suðugæði og kostnað.

Suðutangir eru til af mörgum gerðum og stærðum.

Það skiptir verulegu máli hvernig farið er með suðukapla og tangir. Þessum hlutum þarf að halda heilum og hreinum og samsetningar þurfa að vera góðar svo leiðnin verði fullnægjandi.

Kjaftar suðutanganna slitna vegna óteljandi pinna-skipta. Smám saman getur leiðnin í þeim versnað, en það getur gert suðuna mun erfiðari en ella og haft slæm áhrif á suðugæðin.

Útslitnar suðutangir á að laga eða endurnýja.



Algengustu suðutangir eru með klemmu eða

Suðukaplana á að skoða og hreinsa reglubundið. Ef kapallinn er stífari á ákveðnum kafla en annars staðar má búast við að þar sé skemmd. Í slíkum tilfellum á að skera burt skemmdina og tengja saman að nýju með viðurkenndum tengjum.

Granna kapla og litlar suðutangir á að nota á lágum straumi með grönnum pinnum.

## Viðhald búnaðar

Það skiptir máli að minnka slit á suðubúnaði með vel skipulögðu eftirliti og viðhaldi. Suðumaðurinn á að vita hvaða viðhaldsvinnu hann má framkvæma án áhættu og hann á að geta gildismælt búnað sinn svo hægt sé að mæta kröfum sem settar eru t.d. í suðuferilslýsingum.

Fyrirbyggjandi aðgerðir eins og skipuleg dagleg, vikuleg og hálfárs skoðun (tékklistar), endurnýjun slithluta, smurning, hreinsun og lekaleit eru nauðsynlegir þættir í nútíma suðuvinnu. Þannig koma bilanir snemma í ljós og hægt er að komast hjá eða stytta framleiðslustopp. Það auðveldar líka að halda réttum stillingum gildismældra suðuvéla!

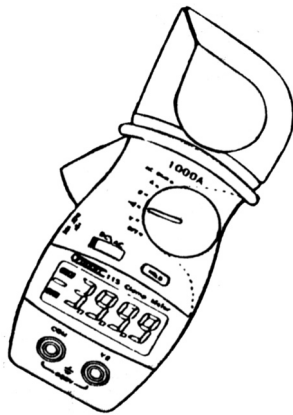
Staðsetning suðuvélarinnar skiptir líka máli. Setjið suðuvélinu aldrei:

- beint á gólfíð
- þétt upp að vegg
- þannig að loftinntak lendi í flaumi suðusprauts og annarra óhreininda
- þannig að hún sé notuð fyrir vinnuborð

## Kvörðun til að fylgjast með stilliskekkjum

Stilling suðuvélarinnar er oft önnur en sú sem kvarðinn sýnir. Við langvarandi notkun geta stillihnappar orðið fyrir hnjaski og getur þá skekkjan orðið mjög mikil.

Af þessum sökum ætti að kvarða allar suðuvélar með reglulegu millibili, þ.e. að bera hið innstillta gildi fyrir t.d. suðustrauð saman við gildi mælt með ampermæli.



Amper- og voltmælir  
(Tangarmælir).

Ein leið til að kanna hve mikil orka tapast vegna slæmrar leiðni í suðuköplum og tengingum er að mæla spennuna. Við kapaltengingarnar á suðuvélinni er hægt að mæla vinnuspennuna sem hægt er að bera saman við ljósbogaspennuna sem mæld er í suðutönginni.

## Eftirlit tryggir rétta virkni

Til að tryggja rétta virkni verður að hafa eftirlit með afkastagetu vélarinnar, stillingum o.fl. Afkastageta suðuvélar er skráð á merkispjald sem oft er staðsett á bakhlið vélarinnar. Hér fyrir neðan sést merkispjald af ESAB Caddy 200.

### MERKISPJALD

Merkispjaldið er staðsett á bakhlið suðuvélarinnar. Hér sést merkispjald af Caddy 200 með skýringum og túlkun.

|                                                                 |                       |                               |                               |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Esab Arc Equipment AB<br>S-695 81 Laxå Sweden<br>Made in Sweden |                       |                               |                               |
| 1                                                               | <b>LHN 200</b>        |                               |                               |
| 2                                                               |                       |                               | IEC 974-1                     |
|                                                                 | 5 A/20 V - 200 A/28 V |                               |                               |
|                                                                 | X                     | 35 %                          | 60 % 100 %                    |
|                                                                 | I <sub>2</sub>        | 200 A                         | 150 A 115 A                   |
|                                                                 | U <sub>0</sub> =      | 53-75V                        | U <sub>2</sub> 28 V 26 V 25 V |
| 3                                                               |                       | U <sub>1</sub> 400<br>50/60Hz | I <sub>1</sub> 17 A 12 A 10 A |
|                                                                 | AF                    | IP 23                         |                               |

1. LHN 200 er innahússnafn ESAB yfir Caddy 200.
2. Sýnir að Caddy hefur tíðnibreyti, spennu og afriðil.
3. Gefur upp tengingu við þriggja fasa stofn, 50 eða 60 Hz.
4. Þessar bókstafa- og talnarunur sýna að ESAB fylgir alþjóðlegum viðmiðunum. Mikilvæg trygging fyrir notandann þar sem viðmiðanir eru ábendingar sem ekki er nauðsynlegt að fylgja. IEC er alþjóðleg viðmiðun.
5. Sýnir straumsvið 5–200 A. Spennurnar 20 og 28 sýna að fylgt er hinni alþjóðlegu ljósbogalínu. Ljósbogalínan er meðaltalsgildi fyrir alla suðupinna. Framleiðandi sem ekki gefur upp getu búnaðarins eftir þessari línu getur gefið upp mun stærra straumsvið án þess að getan sé í raun meiri.
6. X sýnir virknispátt, I sýnir straum við ákveðinn virknispátt, U sýnir spennu samkvæmt ljósbogalínunni. Virknispátturinn segir til um hve lengi er hægt að sjóða með gefnum gildum. Virknispáttur er mældur í % af tíu mínútna tímabili.
7. Sýnir stofnspennu 400 V og inntaksstraum við mismunandi suðustrauð.
8. Hlíðarnúmer – segir til um hversu vel vernduð vélin er gagnvart vatnsgusum og öðru og að hún hafi kæliviftu.

## VIÐHALDSÁÆTLUN MMA

| Viðhald      |        |           |              |                                      |                 |              |
|--------------|--------|-----------|--------------|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| Vélarategund | Gerð   | Framl. ár | Vélarúmer    | Skr. nr                              | Deild           | Athugasemdir |
| Tíðni        |        |           | Framkvæmt af |                                      |                 |              |
| Dagl.        | Vikul. | Mán.      | Hálfsárs.    | Viðhaldsaðgerð MMA                   | Athugasemdir/ár |              |
|              |        |           | S            | 1. Hreinsun suðuvélarinnar           |                 |              |
|              |        | S         |              | 2. Skoðun suðukapla/tenginga         |                 |              |
|              |        | S         |              | 3. Hreinsun ryksíu                   |                 |              |
| S            |        |           |              | 4. Kveikja og slökkva á vélinni      |                 |              |
|              |        |           | R            | 5. Prófun rafeindabúnaðar *          |                 |              |
|              | S      |           |              | 6. Athuga hvort skaðar séu á vélinni |                 |              |
| S            |        |           |              | 7. Þrifa suðuvinnustaðinn            |                 |              |
|              | S      |           |              | 8. Þrifa verkstæðið                  |                 |              |

S = Suðumaður R = Rafvirki eða viðgerðamaður \* = Árlega

## Skýring aðgerða

- Suðuvélina á að blása hreina með þurru og hreinu lofti, helst með minnkuðum þrýstingi. Notið gjarnan ryksugu við þriffin.
- Togið í kaplana við tengingarnar. Með þessu má finna hvort tengingar séu lausar og leiði þar með illa.
- Ryksíuna er best að þvo í vatni, e.t.v. má nota fitu- og olíuleysandi hreinsiefni, t.d. uppþvottaefni.
- Að kveikja og slökkva á vélinni. Til að koma í veg fyrir óþarfa slit á vélinni skal slökkva á henni í lok hvers vinnudags.
- Prófun rafeindabúnaðar. Skoðið leiðbeiningahandbók framleiðandans. Flestar nútíma suðuvélar eru viðhaldsfrjár.
- Athugið hvort skaðar séu á vélinni. Suðuvélar sem fluttar eru á milli vinnustaða geta orðið fyrir hnjaski. Notið alltaf lyftilykkjur vélarinnar ef lyfta þarf vélinni.
- Þrif á suðustað. Slökkvið á suðuvélinni svo hún dragi ekki til sín málmryk við þriffin.
- Þrif verkstæðis. Á verkstæðum þar sem þrifið er að lokinni vinnu er mikilvægt að byrja á því að slökkva á öllum vélum og rúlla saman köplum og slöngum. Þannig verður betur þrifið og betur farið með búnaðinn.

(Sjá líka kafla E 1.2.3.)

**Notið aldrei eldfim leysiefni!**

HEIMILDIR:

Vélahandbækur – ESAB, Kemppi o.fl. – Jan Jönsson, Lernia



## E4.2.4 Yfirlit yfir málmsuðuaðferðir

**Upprifjun:**  
**Ljósboginn sem hitagjafi**  
**(sjá E1.2.2)**

**Upprifjun:**  
**Suðubúnaður**

(sjá E1.2.3)

**Upprifjun:**  
**Suðupinnar**

(sjá E2.2.1)

### Grunnatriði hlífðargassuðu

Þegar soðið er með húðuðum pinnum (MMA) mynda efni í hulu pinnans hlífðargas sem ver suðupollinn fyrir óæskilegum áhrifum andrúmsloftsins og stuðla þannig að hreinni, loftbólulausri suðu.

Logsuða fær sína hlíf gegn áhrifum andrúmsloftsins með rétt stilltum gasloga sem myndar afoxandi svæði, en á því svæði haldast utanaðkomandi efni frá suðupollinum.

Af ýmsum ástæðum er erfitt í mörgum tilvikum að láta suðuefnið mynda hlífðargas til að verja suðuna eins og í pinnasuðu, því þarf við ýmsar suðuaðferðir sérstakt hlífðargas að koma að suðuferlinu. Þetta á við hinar svokölluðu hlífðargassuðuaðferðir en þær helstu eru MIG, MAG og TIG auk plasmasuðu.

Í sumum tilfellum, t.d. við plasma- og TIG-suðu, er ekki heldur alltaf notað suðuefni.

Við MIG/MAG hlífðargassuðu með gegnheilum þræði er notað argon, kolsýra eða helíum, eða blanda þessara gastegunda til að mynda gashlíf. Munurinn á MIG og MAG felst í því hvaða gastegundir eru notaðar við suðuna. Við **MIG**-suðu (Metal Inert Gas) eru óvirkar gastegundir (argon, helíum) notaðar en við **MAG**-suðu (Metal Active Gas) er virkt gas notað (kolsýra eða kolsýru/argon blöndur).

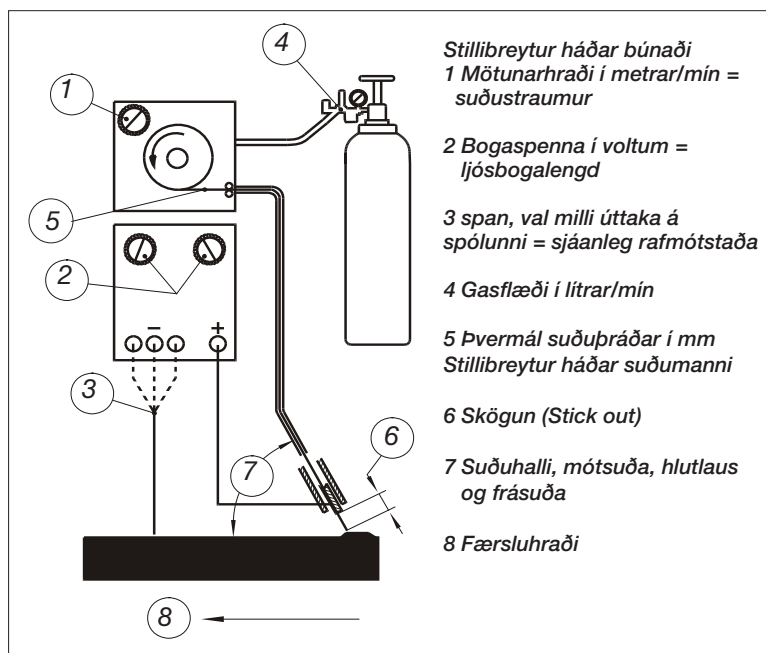
Við TIG-suðu (Tungsten Inert Gas) er alltaf notað óvirkt gas.

Hlífðargasið er geymt í hylkjum og streyminu frá þeim er stýrt með þrýstijafnara og flæðimæli. Sjálfvirkir segullokak sjá um að opna og loka fyrir gasflæðið.

### Grunnatriði MIG/MAG-suðu

Metal Inert Gas, stýtt í MIG, þýðir að gashlífín er óvirk, þ.e. hlífðargasið tekur ekki þátt í efnahvarfinu í suðubráðinni. Metal Active Gas, stýtt í MAG þýðir að gasið tekur virkan þátt í efnahvarfinu sem verður í suðubráðinni og meiri hiti myndast heldur en þegar soðið er með óvirku gasi. Við MIG/MAG-suðu eru notaðir afriðils- eða inverter straumgjafar.

Við straumgjafann er tengdur þráðmötunarbúnaður þar sem suðuvirinn er á rúllu eða kefli.



Suðustillibreytur MIG/MAG-suðunnar.

### Búnaður til MIG/MAG-suðu

Eitt eða fleiri pör mötunarkefla þrýsta þræðinum fram í þráðleiðarann, í gegnum suðuspíssinn í suðubyssunni og í suðupollinn. Gasinu er beint að suðunni með gashulsu. Eitt af því sem skilur á milli pinnasuðu og MIG/MAG-suðu er fjöldi stillibreyta. Við pinnasuðu nægir að stilla suðustraur og velja pólun, en við MIG/MAG-suðu þarf að velja spennu, vírmötunarhraða, span (A,B,C) og gasflæði.

Suðustrumur og vírmötun fylgist að og eru stillt með sama hnappi.

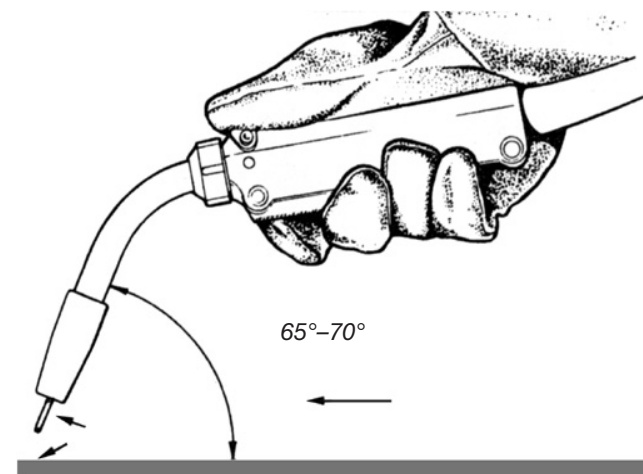
Annar mismunur er fólgin í eiginleikum straumgjafanna. Fyrir pinnasuðu þarf fallandi suðueinkenni, þ.e.a.s. að umbreytingin frá kveiki- í ljósbogaspennu verður að gerast snögg eftir fallandi kúrfu. Einkenni MIG/MAG-suðunnar eru hinsvegar býsna flöt suðukúrfa, þar sem vélin þarf að geta leiðrétt snögg fallandi straum og stígandi spennu.

Það sem kallar á þessa eiginleika eru þær stillibreytur sem háðar eru suðumanninum. Ef ljósboginn lengist við pinnasuðu hækkar spennan og straumurinn lækkar. Þetta er ómögulegt við MIG/MAG-suðu, þar sem ljósbogalengdin er háð innstilltri spennu. Ef suðumaðurinn lyftir suðubyssunni, lengist ekki ljósboginn, en aftur á móti eykst skautlengdin, þ.e. sá hluti suðuþráðarins sem stendur út úr spíssinum. Með aukinni skautlengd eykst einnig viðnámið í rafskautinu og þá þarf aukinn straum, um leið og spennan minnkar. Flatir eiginleikar nema þetta hraðar en brattir.

Af þessum sökum er ekki hægt að nota sama *afriðilsstraumgjafa* fyrir MIG/MAG- og pinnasuðu. Hins vegar er hægt að nota sama *inverter straumgjafa*. Þar er hægt að breyta einkennunum eftir því sem óskað er.

búnaðurinn er einfaldur og kröfurnar litlar. Oftast er notuð hátíðnikveiking til þess að kveikja ljósbogan, en þar sem hátíðnitraumur truflar m.a. útvarpsbylgjur hafa aðrar gerðir kveikibúnaðar lítið dagsins ljós. Ein þeirra er s.k. „lift-arc“, en þá er rafskautið látið snerta vinnslustykkið, straumnum hleypt á og rafskautinu síðan lyft, en þá kviknar ljósboginn.

Við TIG-suðu er bara notað óvirkt gas – argon eða helíum.



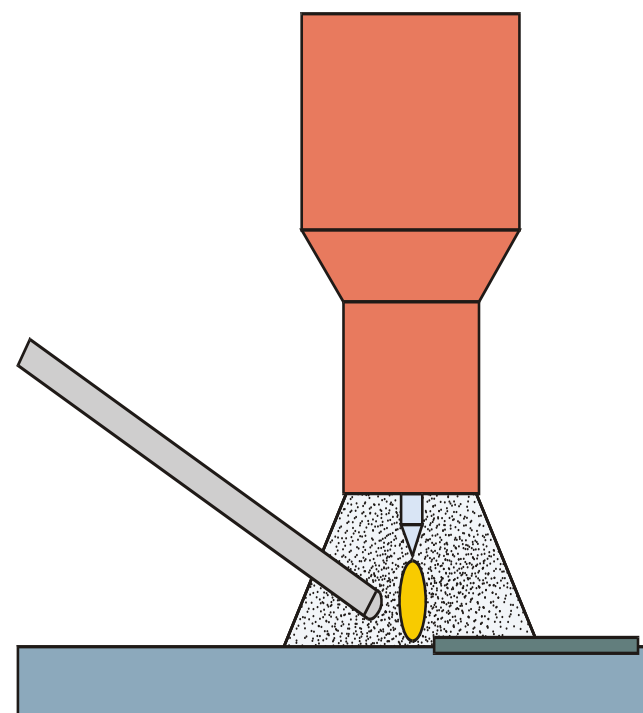
Stillibreytur háðar suðumanni eru m.a. skögun, byssuhalli og færsluhraði.

## Grunnatriði TIG-suðu

TIG-suða er að mörgu leyti ólík MIG/MAG-suðu. Við MIG/MAG-suðu er rafskaut og suðuefni sami hlutur. Við TIG-suðu kviknar ljósboginn á milli wolframrafskauts og vinnslustykkis, en suðuefnið er oftast matað handvirkt en einnig vélrænt í suðupollinn. Með öðrum orðum, suðuefni og rafskaut eru tveir ólíkir hlutir.

TIG-suða er framkvæmd ýmist með jafnstraumi eða riðstraumi, allt eftir eiginleikum málmanna sem soðnir eru. Stál, ryðfrítt stál, eir og eirblöndur eru soðnar á jafnstraum. Ál og álblöndur verður hins vegar að sjóða á riðstraum vegna þess hve torbrædd oxíðhúðin á álinu er. Riðstraumurinn brýtur upp oxíðhúðina þannig að komist verður að hreinum málmnum. Það er hægt að sjóða ál á jafnstraum plúspól (+), en þá er hætta á að wolframrafskautið bráðni.

Við TIG-suðu er hægt að kveikja ljósbogann með því að strjúka skautinu við vinnsluefnið, þ.e.a.s. eins og þegar kveikt er á eldspýtu. Þessi aðferð er notuð þegar



TIG-suða fer fram undir hlíf af óvirku gasi. Suðuefnið er fært handvirkt að suðupollinum.

## Búnaður til TIG-suðu

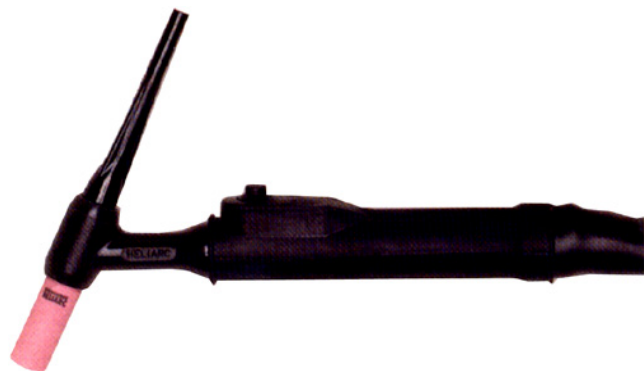
Straumgjafinn fyrir TIG-suðu getur verið afriðill, inverter, transari eða straumgjafi sem hefur bæði rið- og jafnstraum, þar sem hægt er að stilla á þann straum sem hentar hverju sinni. Á eldri búnaði var straumgjafinn sér og kveikibúnaðurinn sér, en á nýrri vélum er allt sambyggt í sömu einingu.

Fyrir utan straumgjafa og kveikibúnað er stýribúnaður fyrir gasflæði hluti af TIG-suðuvélinni. Nútíma TIG-suðuvélar hafa búnað eins og tíðnistilli, stillingu fyrir forgas og eftirgas, stillingu fyrir upp straum (slope up) og niður straum (slope down).

Stærri vélar, yfir 150 A hafa oft vatnskælda suðubyssu.

Rafskautið er úr hreinu wolfram eða blöndu af wolfram og zirkóníum fyrir suðu á riðstraumi, og wolfram með thorium fyrir suðu á jafnstraumi. Til eru fleiri afbrigði rafskauta s.s. með zirkóníum, lanthani og ceriumi.

Suðubyssan samanstendur af suðuhandfangi, festingu fyrir rafskautið og gasdreifara. Fremst er gashulsa (postulínshulsa) og aftast er rafskautsskaft sem rúmar rafskautið og hlífir því.



TIG-suðubysa

## Örugg vinna við hlífðargas-suðu; geymsla og meðferð gashylkja

Gashylki sem er í notkun, á að geyma vel fest, á suðuvélinni eða í námunda við hana. Þetta á jafnt við um suðugas sem bakgas.

Flutningur og tilfærsla gashylkja á að fara fram með þar til gerðum gaskerrum. Þetta á að tryggja örugga meðferð hylkjanna en kemur líka í veg fyrir óþarfa erfiði suðumannsins.

Þegar ekki er verið að sjóða á að loka fyrir gashylkið!

Hylki sem ekki eru í notkun á að geyma á merktum stað, helst nærri útidyrum. Þetta auðveldar vinnu slökkviliðs við hugsanlegan eldsvoða.

Hlífðargastegundir eins og argon, kolsýra og helíum eru í sjálfu sér ekki eldfimar. Hins vegar er til rót-hlífðargas sem er blanda vetnis og niturs, og vetnið brennur, jafnvel í blöndunni.

Þrýstingurinn í hylkjunum er hár, 150-200 bar, og skal því aðgát höfð við meðferð þeirra.



Straumgjafi fyrir TIG-suðu.

**Beinið aldrei hita  
beint að gashylkjum eða suðubúnaði!**

## Grunnatriði logsuðu

Logsuða líkist TIG-suðunni að því leyti að suðuefnið er matað handvirkt í suðupollinn.

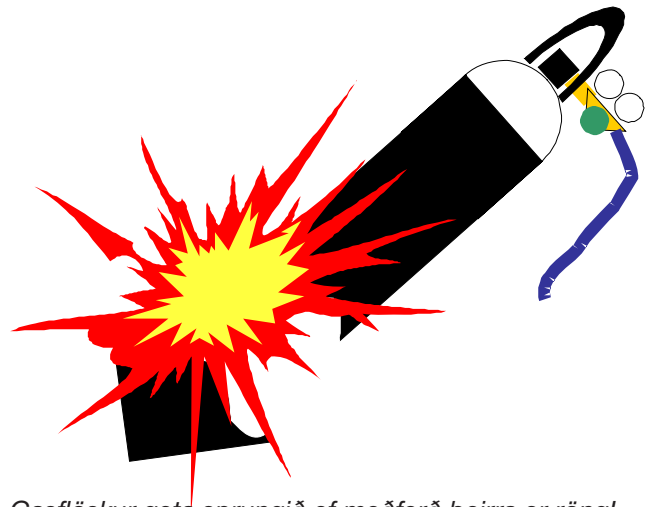
Það er hið eina sem er sameiginlegt með þessum aðferðum. Sá hiti sem notaður er við logsuðuna fæst við það að brennt er blöndu acetylen ( $C_2H_2$ ) og súrefnis ( $O_2$ ). Rétt blanda gefur loga sem í heitasta hluta sínum er  $3000^\circ C$ .

Suðugas er geymt í hylkjum, sem stundum eru tengd mörg saman í s.k. búnt. Þeir sem nota mikið magn fá súrefnið í fljótandi formi.

Á gashylkin eru settir þrýstijafnarar, sérstakur þrýstijafnari er fyrir hverja tegund af gasi. Hlutverk þessara þrýstijafnara er að minnka þrýstinginn í hylkjunum niður í hæfilegan vinnuþrýsting.

Frá þrýstijöfnurunum er gasið leitt eftir gasslögum að handfangi og brennara.

Loganum má skipta í kjarnaloga og ytri loga. Heitastur er loginn rétt framan við kjarnalogann.



Gasflöskur geta sprungið ef meðferð þeirra er röng!

## Örugg vinna við logsuðu

Ef rétt er hirt um búnaðinn eru nútíma gastæki mjög örugg og óhöpp eru fátíð. Hafa skal þó í huga að þrýstingurinn á hylkjunum er 200 bar á súrhylkjunum og 15 bar á acetylenhylkjunum.

Acetylenið er líka viðkvæmt fyrir s.k. útfalli, þ.e.a.s. ef það myndast holrými í massanum sem gasinu er „pakkað“ í getur gasið fallið út og sprungið.

Við þrýstijafnarana á að tengja bakslagsloka. Engin gastæki í dag eiga að vera án þessara sjálfsgöðu öryggistækja. Á suðuhandfanginu eiga einnig að vera einstremislokar.

Innan seilingar frá gastækjunum á einnig að vera hlífðarhanski sem nota skal við að loka gashylkjunum ef bruna ber að höndum.

### HEIMildir:

„Suðuhandbækur“ – ESAB, AGA, Kemppi

„Nýtt efni“ – Bengt Westin, Lernia



**MMA**  
**Áfangi E 1**  
**E 5.1 verklegar æfingar**  
**E 5.2 bóklegt nám**



## E5.1 Kynning

Tími 2 klst.

### Áfangi EWF-E5 plötusuða

Í þessum áfanga er ætlunin að þjálfa enn betur færni í stúfsuðum, nú í stöðunum PC, PE og PF.

Áfanganum lýkur með prófi þar sem soðin eru fjögur stykki í þeim stöðum sem æft hefur verið í ásamt einu bóklegu prófi.

Þessum áfanga tilheyra einnig bóklegu kaflarnir;

#### E5.2.1 Suðueiginleikar stáls

#### E5.2.2 Stjórnun á aflögun

#### E5.2.3 Örugg vinnubrögð á byggingarstað

#### E5.2.4 Heilsuskaði vegna mengunar

Gert er ráð fyrir 2 kennslustundum fyrir hvern kafla bóklegs efnis.

### Suðueiginleikar stáls

Suða á hefðbundnu byggingarstáli (S235 - S355) veldur yfirleitt engum verulegum erfiðleikum. Það er tiltölulega auðsoðið með hvaða suðuaðferð sem er. Úrvalið af suðuefni er þar að auki fjölbreytt.

Hins vegar er suða á meira efnablönduðu stáli, eins og HS, EHS, Weldox o.fl. mun erfiðari og gerir mun meiri kröfur, bæði til suðumannsins og líka til hönnuðarins. Þessar stálgerðir hafa verið þróaðar til þess að mæta þeim kröfum sem gerðar eru við framleiðslu á t.d. kjarnaofnum, olíuborpöllum, brúm, krönum og öðrum mannvirkjum sem þola verða mikið álag.

Suða slíks stáls krefs bæði skipulags og aga við vinnuna.

Þannig stál verður að sjóða eftir vel prófuðum suðuferilslýsingum til að það haldi álagspoli sínu.

Gæðakröfur við suðuvinnu eru ekki bara settar af viðskiptavininum, heldur einnig af yfirvöldum, flokkunarfélögum og eftirlitsstofnunum.

### Stjórnun aflögunar

Eitt af stóru vandamálunum við suðu er að ætíð myndast þensla og samdráttur í stálinu við þá upphitun og kælingu sem óhjákvæmileg er við suðuna. Vandamál sem gerir miklar kröfur bæði til suðumanna og hönnuða.

### Hvernig verður aflögun?

Þegar sjóða á saman tvö vinnslustykki felur það meðal annars í sér að tveir hlutir verða að einum. Við suðuna myndast býsna mikill hiti og við hita verður þensla. Ef allt vinnslustykkið hitnar jafnmikið og samtímis gerist ekki svo mikið. Vinnslustykkið heldur að mestu lögun sinni eftir kólnunina, og hugsanleg afleiðing getur verið minniháttar formbreyting; skekkja, beyglur o.þ.h.

Hins vegar ef aðeins hlutar vinnslustykkisins eru hitaðir þenst upphitaða svæðið út, en efnid í kring verður ekki fyrir áhrifum af hitanum og þenst því ekki út. Efnid sem ennþá er kalt stöðvar þensluna. Heita efnid getur þar með ekki þanist út í efnisáttina, heldur verður að þenjast út á þykktina og í suðuáttina. Við þetta pressast suðan saman, verður þykkari og lengri. Þegar efnid svo kólnar niður „vantar“ efni og suðan verður minni. *Eftirspenna* hefur myndast í efninu og það hefur breyst frá upprunalegri lögun sinni og málum.

Þensla og samdráttur suðunnar sést strax og ratarstrengur er soðinn í V-fúgu. Það líður ekki á löngu áður en suðubilið hefur minnkað eða jafnvel alveg horfið.

### Örugg vinnubrögð á byggingarstað

Það er óhjákvæmilegt að hluti suðuvinnunnar verður að fara fram sem uppsetningarvinna á vettvangi, á byggingarsvæðum eða um borð í skipum.

Þetta gerir sérstakar kröfur til suðuvinnunar, en líka til vinnuumhverfis suðumannsins. Vinnan verður fyrir áhrifum, oft neikvæðum, vegna vinds, úrkomu, kulda o.fl., um leið og taka verður tillit til áhættuþátta eins og hæðar eða hrinhættu.

Þegar unnið er utanhúss er mikilvægt að skýla vinnslustykkinu fyrir áhrifum veðurs. Þinnasuða og þráðsuða án hlífðargass (innershield) þola ekki mikinn vind, það ætti því alltaf að hlífa suðustaðnum á viðeigandi hátt. Suðuaðferðirnar TIG og MIG/MAG eru hins vegar viðkvæmar fyrir minnstu áhrifum vinds og henta því ekki til notkunar utanhúss.

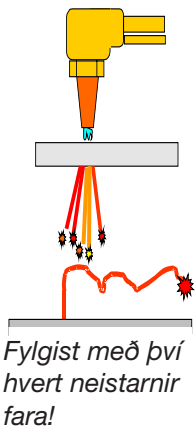


**Skýlið umhverfinu**

Hafið alltaf í huga hættuna á bruna. Hreinsið burt eldfim efni frá vinnustaðnum.

Breiðið yfir það sem ekki er hægt að flytja burt.

Skoðið ekki bara svæðið undir vinnustaðnum. Á uppsetningar- og byggingarstöðum getur eldfimt efni líka verið handan veggja og á gólfum yfir vinnustaðnum.



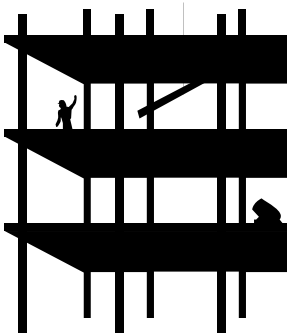
Fylgist með því hvert neistarnir fara!

Varist að dreifa skurðarneistum, heitu gjalli, heitum afskurði eða öðru þannig að það valdi hættu fyrir aðra. Hugið að eigin öryggi með því að nota alltaf öryggishjál, góða vinnuskó og heil vinnuföt. Notið öryggislínu ef hætta er á falli og festið suðukapla og gasslóngur vel.

**Örugg vinna í mikilli hæð og í skurðum, gryfjum o.þ.h.**

Það má aldrei hunsu öryggi við vinnu í mikilli hæð. Óhöpp sem tengjast slíku, föll af vinnupöllum o.þ.h., er því miður of stórt hlutfall vinnuslysa ár hvert.

Vinna í mikilli hæð krefst stöðugar árverkni, og þess vegna er áriðandi að vinnupallarnir séu stöðugir og að öll handrið séu á sínum stað. Sýnið einnig varkárni við vinnu í skurðum og gryfjum, sérstaklega þar sem jarðvegurinn getur verið gljúpur af regni eða öðru. Munið að vatn sem safnast saman í botni skurða getur valdið hættu í sambandi við rafmagn.



Slys, sem verða þegar menn eða hlutir falla af vinnupöllum, eru því miður allt of algeng.

**Jarðleiðslur**

Jarðsambandið á alltaf að festa eins nærri suðustaðnum og hægt er. Því lengri sem leiðin er frá jarðsambandinu að suðustað, því meiri er hættan á að suðustraumurinn fari óvæntar, og jafnvel stórhættulegar leiðir.

Til dæmis getur suðustraumurinn gert jarðtengingu rafrása óvirka, skaðað rafmagnstæki og rafeindabúnað og brennt í sundur lyftuvíra o.fl. Gætið sérstakrar varúðar við jarðtengingu í járnabindingu.

**Heilsuskaði vegna mengunar**

Öll sú loftmengun sem myndast við suðu kallast einu orði suðureykur.

Vegna hins háa hita í ljósboganum sem veldur því að efni í suðupinnanum breytast í gufu, myndast oxíðir. Oxíð er súrefnissamband. Í þessum háa hita geta myndast oxíðir af flúorsamböndum og jarðefnaryki.

Suðureykur samanstendur af mismunandi gastegundum og efnisögnum, meira eða minna heilsuskaðlegum, sem gufa upp úr bráðnum málminum.

**Þættir sem hafa áhrif á reykmagnið**

**Straumur:** Hár straumur veldur meiri reyk, sem og blandbogasvæðið við MIG/MAG suðu.

**Spenna:** Há bogaspenna veldur meiri suðureyk þar sem myndun oxíða eykst. Munið að langur ljósbogi eykur bogaspennuna!

**Suðuefnið:** Grófir pinnar þurfa meiri straum og spennu. Mestan straum þurfa svokallaðir djúpsuðu- og háafkastapinnar.

Ryðfrír pinnar og pinnar fyrir manganstál gefa af sér hættulegasta reykinn.

**Hættulegar efnisagnir í suðureyk**

Þegar magn efnisagna í loftinu fer yfir ákveðin mörk teljast þau hættuleg. Þegar þetta magn er mælt er talað um milligrömm í rúmmetra lofts (mg/m<sup>3</sup>)

**Hættulegt gas í suðureyk**

Gas inniheldur engin föst efni og er mælt í ppm (point per miljon). Af þeim gastegundum sem geta myndast við suðu er kannski fosgen sú hættulegasta. Við suðu myndast líka fleiri gastegundir eins og kolmonoxíð, ózón, niturgas o.fl.

**Reykflokkar fyrir suðuefni**

Suðuefni er skipt upp í 7 flokka eftir því hve hættulegur reykurinn frá því er. Efni í flokki 1 valda minnstri hættu og efni í flokki 7 þeirri mestu.

## Verkleg æfing 2

Tími ca. 6 klst.

### Stúfsuða V-rauf (E5P-2-1)

5. áfangi er síðasti áfanginn í plötusuðu og samanstendur af fimm æfingum, þar af eru fjórar sem á að sjóða í V-rauf og ein sem á að sjóða í K-rauf (tvöfalda  $\frac{1}{2}$  V-rauf). K-raufin er soðin beggja megin frá, en í öllum tilfellum eiga V-raufarnar að sjóðast aðeins frá annarri hliðinni. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E5P-2-1

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur 15 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PC



### Framkvæmið:

Skerið eða notið nibbler til að fá 30° fösun. Fjarlægjið gjall og eldhúð, slípið hreint.

Punktið eins og áður með 2,5 mm bili í þeim enda sem suðan á að byrja, og 3,2 mm í þeim enda sem suðunni lýkur.

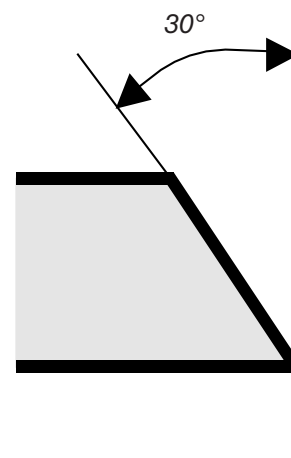
Festið vinnslustykkið í suðustöðunni PC.

Munurinn á þessari æfingu og þeim fyrri er sá, að nú á að fylla raufina með ekki minna en 11 strengjum. Það þýðir að suðuhraðinn verður að vera eins mikill og mögulegt er.

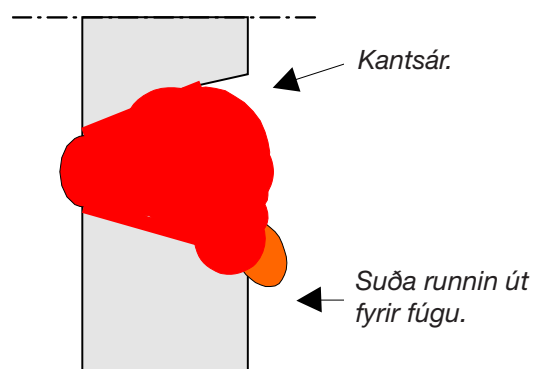
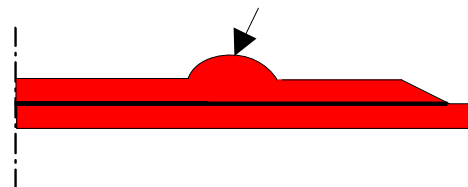
Gjallhreinsið vandlega á milli strengja og slípið varlega í burtu umframsuðu t.d. við pinnaskiptin.

Botnstrengurinn á að vera alveg gegnumsoðinn, án sýnilegra mistaka eins og við pinnaskipti, rógalla eða kantsár. Yfirstrengirnir eiga að vera sléttir og falla vel hver að öðrum og að raufarköntunum, kantsár eiga ekki að sjást, né heldur suða sem runnið hefur út fyrir fúguna eða innfallið.

Gefið vinnustellingunni gaum. Sitjið eða standið þannig að vinnan verði ekki óþarflega erfið.



Slípa burt alla „toppa“ við pinnaskiptin.



## Verkleg æfing 3

Tími ca. 6 klst

Stúfsuða K-rauf (Tvöföld  $\frac{1}{2}$  V-rauf) (E5P-3-1)

Það getur oft verið erfitt að sjóða í K-rauf (eða tvöfalda  $\frac{1}{2}$  V-rauf eins og hún er stundum kölluð), því suðan getur svo auðveldlega fengið óæskilega lögun vegna rangs pinnahalla. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E5P-3-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur 15 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PC



## Framkvæmið:

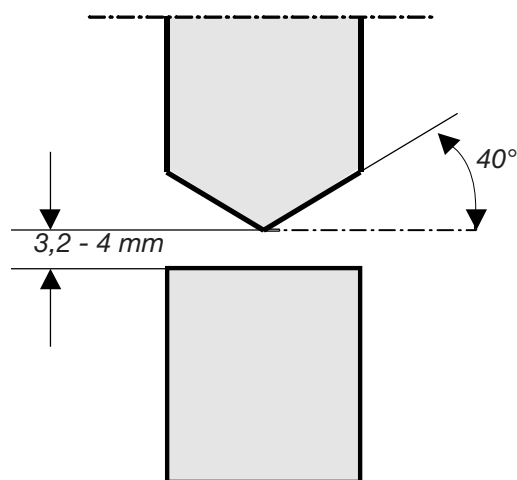
Fasið aðra plötuna og punktið (sjá mynd). ATH! fösunarhornið á að vera  $40^\circ$ .

Þar sem aðeins önnur platan er fösuð bráðna ekki fúgukantarnir jafn auðveldlega og því er suðubilið stækkað upp í 3,2 mm í byrjun og 4 mm í lokin.

Sjóðið rótina og fyllið síðan í fúguna öðrum megin.

Snúið vinnslustykkinu og slípið rótina hreina. Sjóðið þá hlið.

Kröfurnar á yfirborð suðunnar eru þær sömu og í síðustu æfingu.



## Verkleg æfing 4

Tími ca. 14 klst.

### Stúfsuða í V-rauf (E5P-4-1)

Suða í V-rauf í stöðu lárétt uppundir (PE) er, eins og áður hefur verið sagt, ekki erfiðari en aðrar stöður, nema hvað hún er líkamlega erfið. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E5P-4-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur 15 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

**Staða: PE**



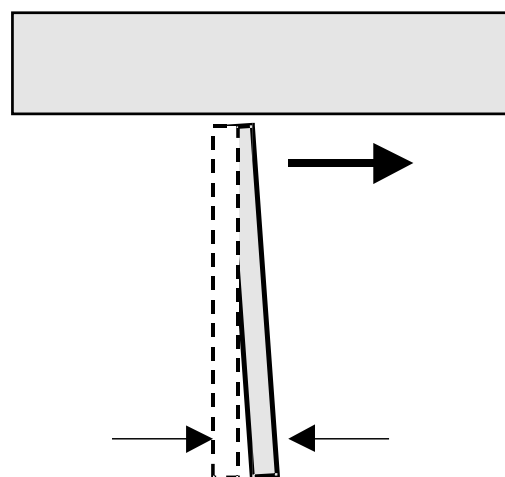
### Framkvæmið:

Skerið, hreinsið og punktið saman plöturnar eins og í fyrri æfingum. Suðugapið á að vera 2 mm!

Sjóðið botnstrenginn og hafið mjög stuttan ljósboga svo að leið suðuefnisins frá enda pinnans í suðubaðið sé sem allra styst. Strengi 2 og 3 þarf að pendla.

Strengir 4 - 7 eru lagðir með óverulegum pendúl-hreyfingum.

Hugið að pinnahallanum (nánast enginn).



## Verkleg æfing 5

Tími ca. 10 klst.

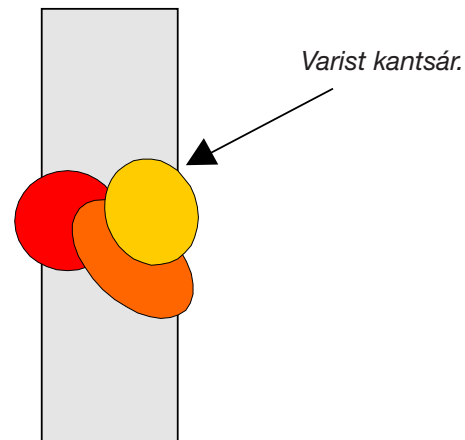
## Stúfsuða í V-rauf (E5P-5-1)

Suða í V-rauf í stöðunni PC er orðin kunnugleg þegar hér er komið, nú er notað þynnra efni en í fyrri æfingum. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E5P-5-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur 6 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PC



## Framkvæmið:

Að sjóða þrjá strengi í plötu sem er aðeins 6 mm á þykkt getur verið dálítið erfitt. Mikilvægt er þess vegna að skipuleggja strengjauppbygginguna þar sem plássið er svo takmarkað.

Fylgið suðuferilslýsingunni nákvæmlega, sérstaklega hvað varðar strengjalengdina, m/mín. Of lítill færsluhraði þýðir að strengirnir verða of stórir, þannig að síðasti strengurinn kemst ekki fyrir.

## Verkleg æfing 6

Tími ca. 14 klst.

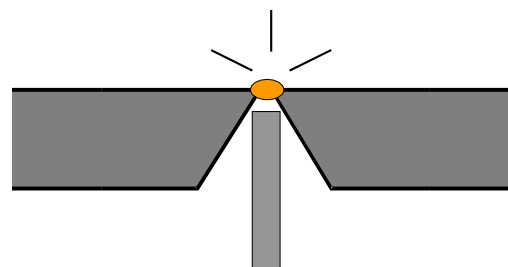
## Stúfsuða í V-rauf (E5P-6-1)

Suða í stöðunni PE er nú einnig orðin kunnugleg. Notið suðuferilslýsingu nr. E5P-6-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur 6 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PE



Sjóðið eins „djúpt“ í fúgunni og hægt er.

## Framkvæmið:

Reynið að komast eins djúpt ofan í raufina og hægt er við suðu botnstrengsins. Færsluhraðinn á að vera eins mikill og suðuferilslýsingin leyfir.

Gjallhreinsið botnstrenginn og slípið hann sléttan eða lítilsháttar íhvolfan. Sjóðið yfirstrenginn með smá pendúlreyfingum.

## Verkleg æfing 7

Tími ca. 2 klst.

## Stúfsuða í V-rauf (E5P-7-1)

Nú skal æfa aftur suðu í stöðunni PF (lóðrétt stígandi), en nú í 15 mm efni. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E5P-7-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálplötur 15 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



## Framkvæmið:

Punktið eins og áður með 2,5 mm bili í þeim enda sem suðan á að byrja, og 3,2 mm í þeim enda sem suðunni lýkur. Festið vinnslustykkið í stöðunni PF.

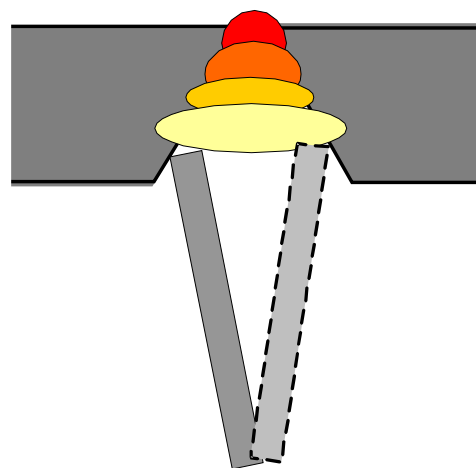
Sjóðið botnstrenginn með  $\varnothing$  2,5 mm pinna. Notið sömu pinnastærð í streng 2, sjóðið með pendúlhreyfingum.

Strengir 3 og 4 eru soðnir með  $\varnothing$  3,2 mm pinna. Takið eftir hinni miklu hækkun sem þarf að vera á suðustraumnum.

Síðustu 3 strengirnir eru soðnir með  $\varnothing$  2,5 mm pinna.

Það krefst mikillar einbeitingar að pendla eins breitt og þarf við strengi 3 og 4 en lítið má út af bregða til að suðan verði ójöfn.

Hugið að vinnustöðunni. Við mikla einbeitingu þarf þægilega vinnustöðu. Hægt er að taka þrúsuðu án þess að kveikja á ljósboganum og finna þannig góða vinnustöðu.



Pendlið með rólegum og umfram allt jöfnum hreyfingum.



Sitjið eða standið eins þægilega og hægt er svo vinnan valdi ekki óþarfa þreytu, en þreyta getur stuðlað að lélegum árangri við suðuna.

Nú er komið að prófi  
E 5.3!

## E5.2.1 Suðuhæfni stáls (M3.2.5, T3.2.5, G3.2.4)

### Áhrif suðu á stál

Suða á hefðbundnu smíðastáli veldur yfirleitt engum vandræðum. Þau þola miklar sveiflur í orkuflæði, spennu o.þ.h. og eru tiltölulega einföld í efna-samsetningu sinni. Það er hægt að sjóða þau með öllum suðuaðferðum og úrvalið af suðuefnum er mikið.

Aftur á móti er suða á hástyrktarstáli svo sem HS, EHS, Weldox o.fl. töluvert erfiðari og krefst mikillar kunnáttu af suðumanninum en einnig af hönnuðinum. Þessar stáltegundir hafa komið fram til þess að mæta auknum kröfum við gerð t.d. kjarnaofna, olúborpalla, brúa, krana og annarra mannvirkja sem verða fyrir miklu álagi.

Það þarf mun meiri aga við suðu þessara tegunda, og kröfurnar á suðumanninn eru miklar.

Stál af þessu tagi má ekki sjóða hvernig sem er, heldur verður að fara eftir vandlega undirbúnum ferilslýsingum til þess að álagsþolið verði nægilegt.

### Kröfur

Það eru ekki bara eiginleikar stálsins sem ákveða suðuferil og suðugæði. Kaupendur, yfivöld, stöðlunarsamtök o.fl. vilja einnig segja sitt álit á gæðum suðuvinnunar.

Gæðakröfur fyrir þrýstikúta, síló, röralagnir o.þ.h. eru ákveðnar af vinnueftirlitinu og er þar vísað í ýmsa staðla. Í vissum tilfellum eru það byggingareglugerðir sem setja kröfurnar og vísa í staðlana.

Erlendis hafa mest áhrif stofnanir eins og hin bandaríska *ASME* (The American Society for Mechanical Engineers), hin þýska *TÜV* (Technischer Überwachungs Verein) ásamt Evrópustöðlunum, *EN 287* og *EN 288/EN ISO 156xx*.

Af flokkunarstofnunum má nefna Lloyds Register of Shipping, Bureau Veritas, De Norske Veritas o.fl.

### Hvað gerist við suðu?

Hefðbundin smíðastál er hægt að sjóða með nærri hvaða suðuaðferð sem er án þess að álagsþol stálsins minnki tiltakanlega.

Suðumaðurinn verður ávallt að hafa í huga, að öll upphitun efnisins á þátt í að spilla eiginleikum þess. Suða veikir sem sagt stálið á einn eða annan hátt. Því þarf að reyna að skerða eiginleika stálsins eins lítið og hægt er.

Við ljósbogasuðu hitnar efnið mikið. Það er jú í eðli suðunnar að bræða saman hluta vinnslustykkisins, á einn eða annan hátt.

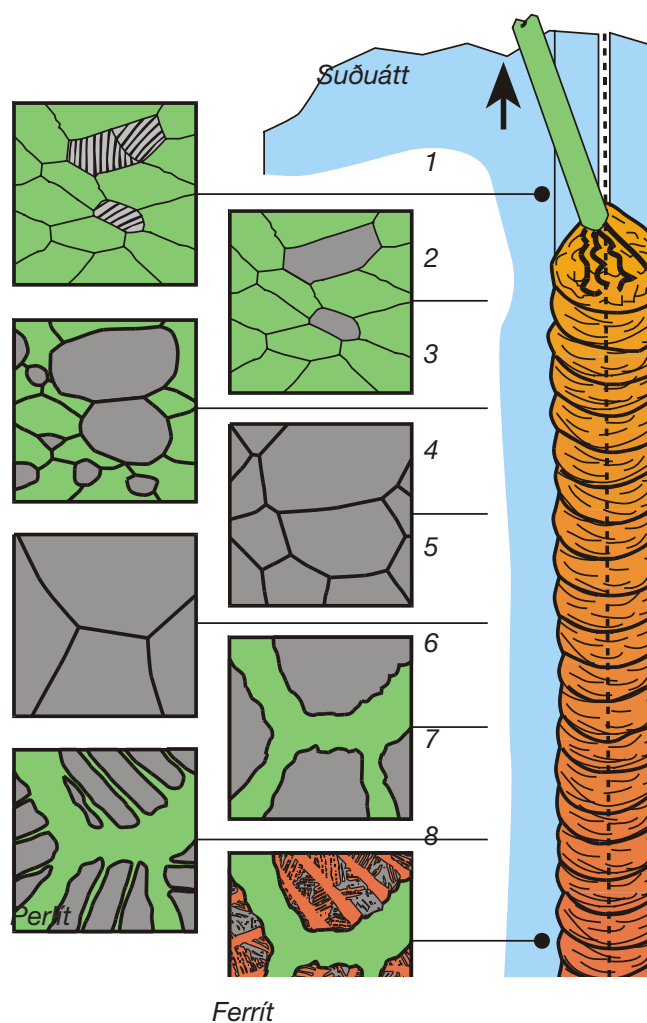
Hinn háhi hiti veldur miklum breytingum á eiginleikum stálsins. Í járnkolefnisgrafinu er hægt að fylgja eftir ferlinu, frá hinum miðfyllta ferrít-perlít-kristalli við stofuhita, hinum flatarfyllta austenít-kristalli við ca. 850°C og smám saman að bræðslumarkinu, sem fyrir járn er 1.536°C. Ennþá gerist ekkert alvarlegt. Ferlið byrjar þegar suðunni er lokið og hún fer að kólna aftur. Það er þá sem eyðileggingin byrjar fyrir alvöru. Eyðilegging sem slakur suðumaður getur gert að stórslysi.

Eins og áður sagði verða almennu smíðastálin ekki fyrir svo miklum áhrifum af suðunni þar sem þau þola hitann ágætlega. En þegar sjóða á meira blönduð stál þarf að fara varlega.

Á komandi síðum er reynt að skýra hvað það er sem gerist í og við hlið suðunnar.

## Hvað gerist til hliðar við suðubráðina

1. Hér hefur suðuhitinn ekki náð að hafa áhrif á vinnsluefnið, heldur hefur það ennþá sína upprunalegu *ferrít* og *perlít* uppbyggingu.
2. Hér hefur suðuhitinn leyst upp perlítið og myndað *austenít* sem inniheldur kolefnið uppleyst. Hitastigið er yfir 750°C.
3. Suðuhitinn hefur nú byrjað að breyta ferrítinu í *austenít*.
4. Allt ferrít hefur nú breyst í *austenít*.
5. Hér stækka *austenít*kornin vegna suðuhitans, þ.e.a.s. því lengur sem suðuhitinn fær að hafa áhrif á grunnefnið, því stærri verða *austenít*kornin.
6. Nú er ljósboginn kominn það langt að hitastigið byrjar að lækka. Þegar hitastigið fer undir 900°C, byrjar ferrít að myndast á mörkum *austenít*-kornanna.
7. Um það bil á þessum punkti myndast nú ferrítnálar sem þrengja sér inn í *austenít*kornin, s.k. *Widmannstättenferrít*.
8. Þetta langt frá suðupollinum hefur stálið fengið sína endanlegu uppbyggingu (hitastigið er komið niður í u.þ.b. 700°C) sem er með lausu ferríti í fíngerðum flögum. Þetta er sú uppbygging sem æskilegt er að ná við suðu, þar sem hið harða og stökka cementít er umlukið seigu ferríti.



mismunandi, en það skapar ólíka eiginleika í suðuskeytunum.

Til þess að hindra myndun martensíts er efnið oft forhitað, en það hægir á kólnuninni. Þá þarf að muna að öll suðuvinnan verður að fara fram við sömu skilyrði, þ.e. að forhita þarf áður en punktað er.

Hvað er snögg kólnun í þessu samhengi veltur m.a. á magni íblöndunarefna. Til þess að hindra myndun martensíts þarf efnabætt stál að kólna hæggar en óblandað. Kólnun verður hraðari við suðu í þykkt efni, við lágan hita.

## Hvað gerist við kólnunina á mörkum suðubráðarinnar

Ef kólnunin gerist hratt frá stigi 5 að stigi 8 á myndunni fyrir ofan, nær ekki kolefnið – sem var laust í *austenít*inu – að mynda cementítflögur, heldur festist í þvinguðu ástandi sem kallast *martensít*. Þetta martensít er hart og stökkt. Í töflunni fyrir neðan sjást hörku- og lengingargildi fyrir hinar ólíku kristallagerðir.

Við ólík kólnunarskilyrði myndast blönduð afbrigði, þ.e.a.s. að magnið af martensíti og öðrum þáttum er

| Kristalagerð           | Harka (Vickers) | Lenging (upb) % |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Ferrít</i>          | 90              | 50              |
| <i>Perlít í flögum</i> | 275             | 15              |
| <i>Martensít</i>       | 850             | 0               |
| <i>Cementít</i>        | 1.300           | 0               |

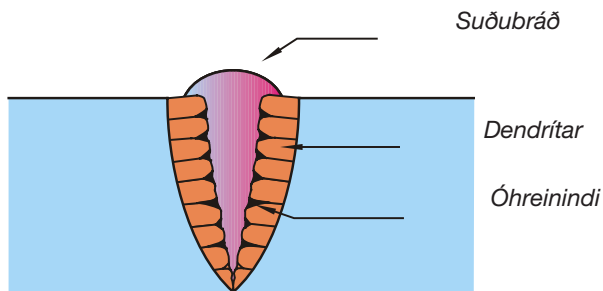
Þegar hitastigið fer undir u.þ.b. 900°C, byrjar *austenít* að breytast í ferrít og perlít (eins og á myndinni fyrir ofan) og hin endanlega uppbygging verður eins og við stig 8 á myndinni.



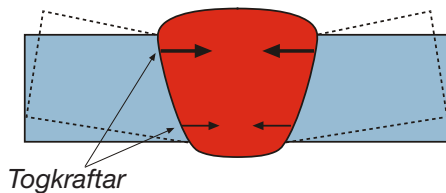
## Hvað gerist í suðunni?

Ef maður á hinn bóginn skoðar hvað gerist í suðunni, sést að hún er frá byrjun suðupollur, fljótandi blanda suðuefnis og grunnefnis. Þegar hitastigið lækkar niður fyrir u.þ.b. 1.500°C, byrjar bráðin að storkna. Storknunin verður hornrétt á mörk suðubráðarinnar og inn að miðju suðunnar, í fingurlaga austenítörnum, s.k. *dendrítum*.

Austenítar sem hafa afar litla tilhneigingu til að taka til sín óhreinindi þrýsta þessum dendrítum á undan sér – að miðju suðunnar (sjá mynd).



Annað fyrirbæri sem verður þegar suða storknar, er að hinir heitu hlutar dragast saman. Ef soðið er í V-rauf eins og á myndinni fyrir neðan, er bráðin stærst að ofanverðu. Þar verður því samdrátturinn mestur, og hlutar vinnslustykkisins verða ekki lengur í plani eftir storknunina, heldur mynda þeir horn.



Ef plötur eru festar í plan verða togkraftarnir sem annars hefðu beygt vinnslustykkið, eftir sem togspennur í og til hliðar við suðuna. Slíkar togspennur eða *eiginspennur*, eru ekki bara þvert á suðuna, heldur einnig langsum og á efnisþykktina. Það þarf því að muna að eiginspennur sem eru jafnstórar og flotmörk vinnsluefnisins eru alltaf fyrir hendi eftir suðu, ef hún hefur ekki verið afglóðuð.

## Hugtakið suðuhæfi

Lengi hafa menn rætt um það hvaða efni eru suðuhæf og hver ekki. Samkvæmt International Institute of Welding er suðuhæfni skilgreind þannig:

*„Suðuhæfi er sá eiginleiki hjá málmefna sem, við ákveðna notkun ákveðinnar suðuaðferðar í ákveðnum tilgangi, leiðir til þess að hægt er að skapa samfella málmtengingu á heppilegan hátt,*

*og sem gerir að suðan uppfyllir þær kröfur sem gerðar eru til eiginleika hennar og til áhrifa hennar á það stálvirki sem hún er hluti af“.*

Á þessu er ekki svo mikið að græða fyrir suðumanninn, en það sem átt er við, er að ef hægt er að sjóða efnið með góðum árangri telst það hæft til suðu.

Í raun eru allir málmar „suðuhæfir“ en af margskonar ástæðum fordast maður að sjóða í margar gerðir þeirra. Það verður of dýrt eða gæðin óásætlanleg og því eru valdar aðrar aðferðir til samsetningar.

Það sem stýrir hæfi efnis til suðu er fyrst og fremst eftirfarandi:

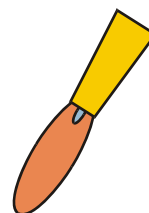
- Efnasamsetning
- Uppbyggingmálmsins
- Hitastig við suðu
- Efnisþykkt
- Suðuaðferð
- Suðubreytur og stöður
- Lögunvinnslustykkisins

Með *efnasamsetningu* er átt við að efni með miklu innihaldi óhreininda eða íblöndunarefna sem auka t.d. hörkuna, verða erfið í suðu. Það felur í sér að sérstaka aðgát verður að sýna við val á suðuaðferð, suðuefni, hitameðferð o.s.frv. (sjá umfjöllun um kolefnisjafngildið á bls. 6 í þessum kafla).

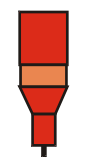
*Uppbygging málmsins* fellur að vissu leyti undir efnasamsetningu.

*Hitastig við suðu* veltur m.a. á suðuaðferð. Það er jú vitað að því „heitari“ sem suðuaðferð vinnur, því meiri hiti dreifist í efnið, sem aftur hefur í för með sér hægari kólnun.

Logsuða og duftbogasuða eru þær aðferðir sem hafa mesta hitadreifingu, og þar á eftir koma MMA, MIG/MAG, TIG, Plasma og Leiser í þessari röð. Hinar tvær síðastnefndu hafa bara nokkurra millimetra hitadreifingu og fara því vel með efnið. (Sjá kaflann um orkustreymi á bls. 5).



Logsuða hefur mikla hitadreifingu...



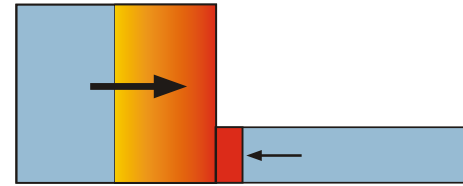
...TIG-suða hefur minni.

Efnisþykktin hefur ákveðin áhrif við suðu. Tiltölulega þunnt efni með ákveðinni efnasamsetningu getur verið auðvelt að sjóða saman, á meðan sama efni af meiri efnisþykkt getur þurft hitameðferð og nákvæmt suðuferli.

Þykkt efni þarf einfaldlega lengri tíma til að kólna.

Suðuaðferð, sjá hitastig við suðu.

Suðubreytur- og stöður. Háar stillingar á straumi, spennu, þráðmötun o.fl. eykur vissulega afköst í kg/klst. en getur haft skaðleg áhrif við suðu í viðkvæmum efnunum.



Þykkt efni kólnar hægar en þunnt.

Það á sem sagt ekki bara að skrúfa upp strauminn þar til pinninn glóir. Sá eini sem gleðst yfir því er söluaðili suðuefnisins.

Að kunna að stilla suðubúnaðinn rétt skilur fagmanninn frá „pinnabræðaranum“.

## Suðumálmurinn

Þegar suðuefnið bráðnar niður í suðuraufina myndar það, með vinnsluefninu, *suðumálm* eða *suðustreng*. Á mörkum suðunnar og vinnsluefnisins er svæði þar sem blandast saman suðuefni og vinnsluefni.

Næsta svæði er *yfirhitada svæðið* eða *grófkornasvæðið* eins og það er líka kallað vegna þess að kristallarnir þar hafa orðið stórir. Það svæði sem verður fyrir mestum áhrifum af suðuhitanum er svokallað HAZ (Heat Affected Zone) eða *hitaáhrifasvæði*.

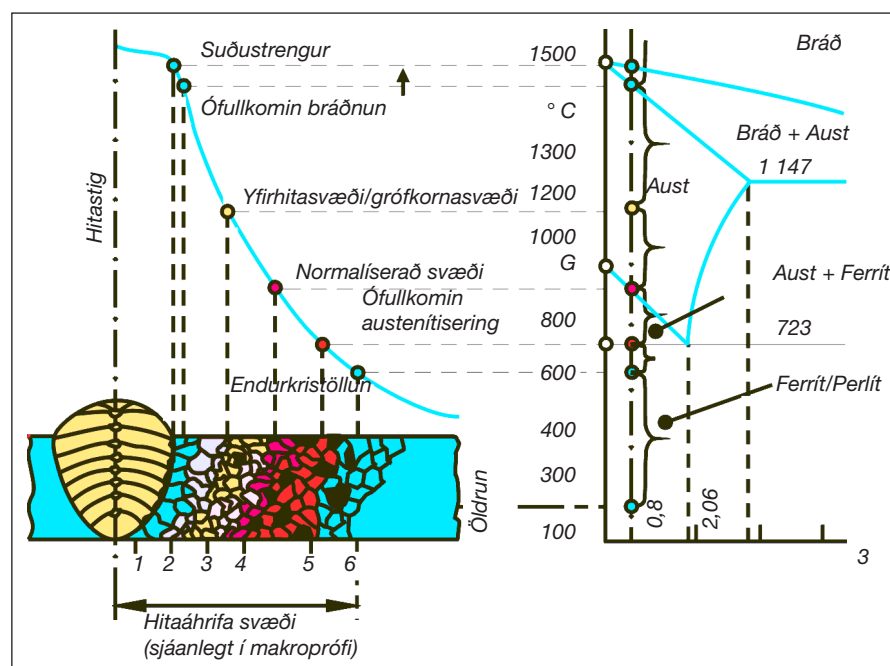
Það svæði innan HAZ sem helst getur verið til vandræða fyrir stálvirkið er fyrst og fremst *yfirhitada svæðið* (*grófkornasvæðið*). Hér eru kristallarnir stórir og stökkir. Á þessu svæði hefur hitastigið verið milli

1.100 og 1.500°C.

Þarnæstkemur normalglóðaða svæðið (870-1.100°C) og svæði niður undir 700°C þar sem kristalla-umbreytingin hefur ekki orðið fullkomin.

Á milli 700 og 550°C er endurkristallaða svæðið og eftir það er óbreytt efni, þ.e. að suðuhitinn hefur ekki haft nein áhrif á uppbyggingu efnisins.

Þessi storknun/kólnun gerist tiltölulega hratt. Því þykkara efni, því hraðari kólnun. Hættan er þá sú að efnið umbreytist og fái óæskilega eiginleika.



HAZ – eða hitaáhrifasvæði.

## Samspil efnasamsetningar, hitastigs og efnisþykktar

### Orkuflæði

Sá hiti sem stálið verður fyrir við suðu hefur mikil áhrif á eiginleika þess eftir suðuna. Því meiri hita sem stálið tekur til sín, því meira dreifist hitinn um efnið. Svæðið með stórum og stökkum kornum í HAZ stækkar, og álagsþol efnisins minnkar að sama skapi.

**Sá hiti sem efnið verður fyrir í ákveðinni suðulengd á ákveðnum tíma kallast orkustreymi**

Orkustreymi er mælt í *joule/mm* eða *kílójoule/mm*. Það þarf enga merkilega stærðfræðikunnáttu til þess að reikna út orkuflæðið, það dugir að fylgja jöfnunni:

Fyrir MIG/MAG og TIG:

$$\text{Orkustreymi} = \eta = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v} = \text{Joule/mm}$$

eða... 
$$\eta = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} = \text{kílójoule/mm}$$

**Fyrir MMA:**

er það... 
$$\eta = \frac{U \cdot I \cdot bt}{L \cdot 1000} = \text{kílójoule/mm}$$

Þar sem

- η** = Virknitala
  - U** = Bogaspenna
  - I** = Suðustraumur
  - 60** = Sekúndur
  - v** = Suðuhraði í mm/mín
  - bt** = Bogatími
  - L** = Suðulengd,
- pinnalengd í mm
  - Fasti, til þess að breyta joule í kíló-joule (1000 joule)

Orkuflæðið er reiknað út áður en byrjað er að sjóða og er að finna á suðuferilslýsingunni í samspili uppgefna gilda fyrir straum, spennu, suðuhraða, pinnastærð o.fl. Þegar soðið er í hágæðastál verður fyrst og fremst að forðast sprungumyndun. Þar sem efnið er oft herðanlegt verður suðan að fara fram á réttan hátt. Hættuna á sprungumyndun er hægt að reikna út fyrir viss efni með því að nota kolefnisjöfnuna. (Sjá næstu síðu.)

### Virknitala

Virknitala er tölugildi fyrir hitadreifingu viðkomandi suðuaðferðar. Það er gengið út frá því að duftbogasuða hafi hitadreifinguna 1,0. Duftbogasuða hefur nefnilega enga hitageislun í samanburði við aðrar suðuaðferðir.

**VIRKNITALA (η) FYRIR:**

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Duftbogasuða (SMAW)             | 1,0  |
| Hlíðargassuða, virkt gas (MAG)  | 0,85 |
| Handstýrð pinnasuða (MMA)       | 0,8  |
| Hlíðargassuða, óvirkt gas (MIG) | 0,7  |
| Gaswolframsuða (TIG)            | 0,6  |

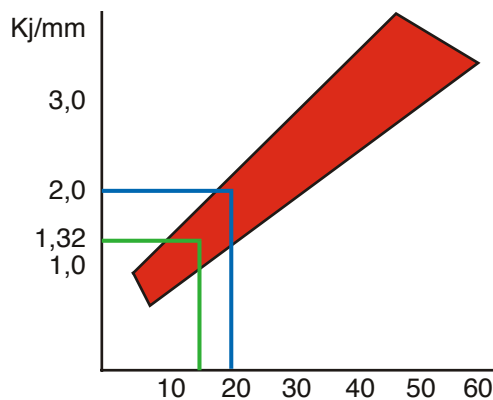
### Útreikningur orkustreymis

Orkustreymi á að hæfa efnisgæðunum. Flest stálver gefa út upplýsingar um það hvernig sjóða á þeirra efni. Dæmið hér að neðan er fengið frá Svenska Stál, Oxelösund.

Dæmi: orkustreymi fyrir pinnasuðu í 15 mm hágæða plötustál, suðuefni er OK 48.00 Ø 2,5 mm:

- Virknitala = 0,8,
- Bogaspenna = 23 V,
- Suðustraumur = 110 A,
- Bogatími = 85 s,
- Suðulengd = 130 mm:

$$0,8 \times \frac{23 \cdot 110 \cdot 85}{130 \cdot 1000} = 1,32 \text{ kJ/mm}$$



Einföld efnisþykkt.

Bogaspenna og suðustraumur mæstast við suðuna. Lengd suðunnar er mæld í suðufúgunni þegar allur pinninn er niðurbræddur. Bogatímamann er að finna í vörulista framleiðanda suðuefnisins.

Á grafinu sést að dæmið lendir innan litaða svæðisins, sem verður að teljast mjög gott.

## Kolefnisjafnan $E_c$

Annar mikilvægur þáttur til ákvörðunar vinnsluhitastigs er *kolefnisjafngildið*. Það er að finna á efnisvottorðinu (chargestaðfestingunni) frá sumum stálverum. Ef það er ekki gefið upp er hægt að gera útreikning með hjálp efnainnihaldslýsingar. Útreikningur kolefnisjafngildis er gerður á eftirfarandi hátt, þegar öll efnasamsetningin er þekkt:

$$E_c = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

Dæmi: Þrýstilagnarör SS 2101 - veggþykkt 30 mm

$$C = 0,2$$

$$Mn = 0,8$$

$$Cr = 0,25$$

$$Mo = -$$

$$V = 0,03$$

$$Ni = -$$

$$Cu = 0,3$$

$$E_c = 0,2 + \frac{0,8}{6} + \frac{0,25 + 0,03 + 0,30}{5}$$

$$E_c = 0,41$$

Til eru aðrar jöfnur sem vert er að nefna:

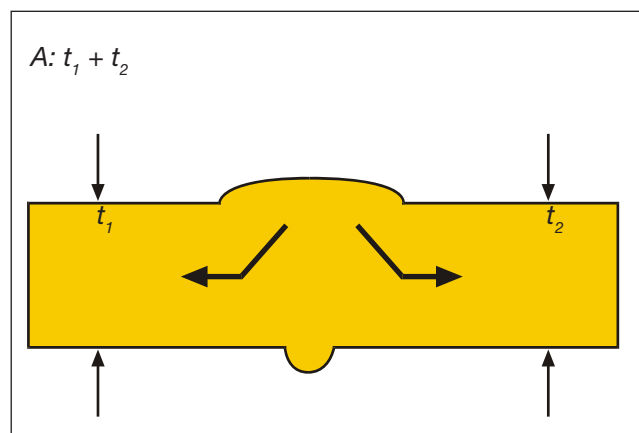
- Einfalt  $E_c = C + \frac{Mn}{6} + 0,004$
- PLM – sem reiknar nákvæmar fyrir lágkolefnis stál.
- YURIOKAS – tvær jöfnur sem notaðar eru í suðuiðnaði.

$E_c$ -gildið er staðall sem notuð er við útreikning vinnsluhitastigs. Sjá samantekt um „Hækkað vinnsluhitastig“ á næstu síðu.

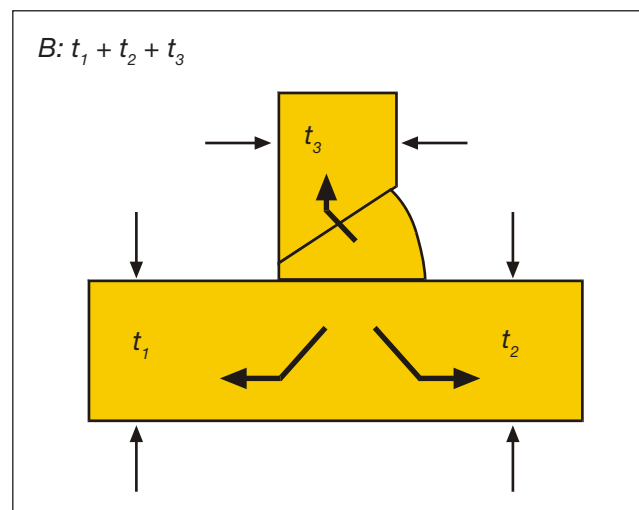
## Áhrif efnisþykktar

Það hefur áður verið nefnt að efnisþykktin hafi mikil áhrif við suðuna. Við útreikning á vinnsluhita verður að taka tillit til þess í hve margar áttir hitinn getur leiðst. Því fleiri leiðir sem hitinn hefur frá suðusvæðinu, því hraðari verður kólnunin. Á mynd A fyrir neðan hefur hitinn um tvær leiðir að ræða en á mynd B leiðist hitinn burt í þrjár áttir.

Þetta hefur í för með sér að kólnunarhraðinn er meiri fyrir B. Yfirleitt er reiknað með því að strengjafjöldi skuli vera meiri en samanlögð efnisþykkt/5. Samanlögð efnisþykkt á myndunum A og B sést á myndatextunum þar sem efnisþykktin er 30 mm:



Samanlögð efnisþykkt = 60 (30 + 30).



Samanlögð efnisþykkt = 90 (30 + 30 + 30).

## Samantekt um útreikning og notkun hækkaðs vinnsluhitastigs

Dæmi:

Efnið er stálplata SS 2101, efnisþykkt 30 mm

Suðuaðferð MMA, pinni OK 48.00 Ø 2,5 mm

Orkuflæði

$$\text{MMA } 0,8 = \frac{23 \cdot 110 \cdot 85}{130 \cdot 1000} = 1,32 \text{ kJ/mm}$$

Kolefnisjafngildi  $E_c = 0,41$

Heildarþykkt efnis 30 mm + 30 mm = 60 mm

Á litaða svæðinu í töflunni fyrir neðan eru þessi gildi

### Val vinnsluhitastigs

Lægsta vinnsluhitastig sem mælt er með (gildir líka fyrir millistrengjahitastig) er gefið upp í töflunni, sem gildir fyrir rafsuðupinna samkvæmt SS 14 32 xx-H10. Við mikið innspennt suðuskeyti og við suðu á byggingarstað skal auka hitastigið um a.m.k. 25°C.

Lægsta vinnsluhitastig við ljósbogasúðu kolefnisstáls, kolmanganstáls og míkroblandaðs stáls með húðuðum

| Ec <sup>1</sup> | Orkuflæði<br>kJ/mm <sup>2</sup> | Samanlögð efnisþykkt, mm<br>Sjá myndir á fyrri síðu |    |    |    |    |    |     |     |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                 |                                 | 20                                                  | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90  | 100 |
| 0,35            | 1                               | R <sup>3</sup>                                      | R  | R  | R  | R  | R  | 100 | 125 |
|                 | 2                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
|                 | 3                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
| 0,37            | 1                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | 75 | 100 | 125 |
|                 | 2                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
|                 | 3                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
| 0,39            | 1                               | R                                                   | R  | R  | R  | 50 | 75 | 100 | 125 |
|                 | 2                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
|                 | 3                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
| 0,41            | 1                               | R                                                   | R  | R  | R  | 50 | 75 | 100 | 125 |
|                 | 2                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |
|                 | 3                               | R                                                   | R  | R  | R  | R  | R  | R   | R   |

<sup>1</sup>Ef ólík Ec koma fyrir í suðuskeytum, skal hæsta gilda

<sup>2</sup>Fyrir einstakan streng

<sup>3</sup>R = stofuhiti

sett inn (Útdráttur úr SS 06 40 25).

Í töflunni er hægt með þessum upplýsingum að lesa hvaða lægsta vinnsluhitastig á að nota. Í okkar dæmi verða 50°C lágmarkshitastig. Einfölduð samantekt er

þá þannig: Hátt kolefnisjafngildi, lágt orkuflæði og mikil efnisþykkt gera kröfu um hærra vinnsluhitastig. Til þess að ná góðum árangri við suðu getur verið gott að lesa ráðleggingar framleiðanda stálsins og suðuefnisins.

## Suðuhæfnispróf

Það er til gott úrval suðuhæfnisprófana og það er því ekki svo einfalt að gera þeim góð skil í stuttu máli. Höfundar þessa efnis mæla með því að lesið sé um suðuhæfnispróf í „MNC-Handbok nr. 15“. Þessi handbók fjallar um vetnis- og hitasprunguprófanir ásamt hörkuprófunum Sumar prófanir eru afar flóknar (þær sem eru með mikilli innspenningu) á meðan önnur eru mun einfaldari (lítil innspenning). Erfiðleikastig og val á prófun verður að hafa því stálvirki sem á að sjóða, annars er hætta á að allt of bindandi og dýrar kröfur verði settar að óþörfu.

Dæmi um suðuhæfnisprófanir:

- Byggsvetspróvet (sænskt)
- Batelleprófun
- CTS-prófun
- Tekkenprófun
- RD-prófun
- Krossprófun

Dæmi um hitasprunguprófanir:

- T-sprunguprófun
- Cylindersprunguprófun
- Hringsprunguprófun
- Schnadt-Fisvoprófun
- Vareststraint- og transvareststraintprófun

Útkoman úr einhverju þessara prófa stýrir Þínum ferilslýsingum (WPS). Sem suðumaður getur þú þurft að eiga þátt í prófunum af þessu tagi.

HEIMILDIR ÞESSA KAFLA:

SAQ-Kontroll AB Curt Johansson, SIS, MNC15 Svetsning av Stål. Eigin reynsla – Bengt Westin, Jan Jönsson.

## E5.2.2 Stjórnun formbreytinga (M4.2.2, T4.2.2, G4.2.2)

### Yfirlit yfir eftirspennur og samdrátt við suðu

#### Samdráttur

Stór soðin stálvirki eins og brýr, skip og stálgrindahús af ýmsu tagi, svo nokkur dæmi séu nefnd, eru oft smíðuð í hlutum á verkstæði, og síðan flutt á byggingarstað til samsetningar. Þá verður að setja þá kröfu á hönnuðina að hlutarnir passi saman þegar að samsetningu kemur.

Því verður að sjálfsgöðu að mæla rétt – og, það sem er jafn mikilvægt – að sjóða rétt.

Að mæla þurfi rétt er augljóst, mál og málfrávik standa á teikningunum. Að sjóða rétt á að vera jafn augljóst – en er töluvert erfiðara.

Eitt af stærstu vandamálunum í sambandi við suðu er sú útvíkkun/samdráttur sem alltaf verður þegar grunnefnið er fyrst hitað upp og það síðan kólnar. Þetta er vandamál sem krefst hins ítrasta af bæði hönnuðum og suðumönnum.

#### Hönnuðurinn

Þær aðferðir sem hönnuðurinn og suðusérfræðingurinn hafa yfir að ráða, er að nota *suðuferilslýsingar og suðuáætlanir*. Á suðuferilslýsingunni eru gefnar upp helstu suðubreytur s.s. straumur, spenna, suðuhraði, orkuflæði o.fl. eins upplýsingar um efnið, gerð skeytis og strengjauppbyggingu.

Á suðuáætlun er hver suða teiknuð inn, og þær eiga síðan að sjóðast í rétta átt og í réttri röð. Það er reynt að hafa suðuröðina þannig að suðuvinnan hafi sem minnst neikvæð áhrif á stálvirkið, meðal annars með því að:

- sjá til þess að soðið sé frá miðju og út á við í hringlaga stálverkjum eins og t.d. tankbotnum o.þ.h.
- aðlaga orkuflæðið
- hafa suðuröðina þannig að jöfn hitadreifing verði
- nota réttar suðuferilslýsingu (WPS)

Með þessu hafa hönnuðurnir skilað sínu, og ef það á síðan allt saman að virka – er það hlutverk suðu-

mannsins að sjá til þess.

#### Suðumaðurinn

Að meta áhrif útvíkkunar/samdráttar er eitt af stærstu vandamálum suðumannsins. Til þess þarf reynslu, en líka allgóða þekkingu um hegðun málma.

Fyrst verður að punkta saman hlutana þannig, að hver hlutur sé á sínum stað. Þegar farið er að sjóða, þarf að taka tillit til eftirfarandi atriða:

- stórar suður valda *meiri* samdrætti
- hár suðuhraði veldur *minni* samdrætti
- margir strengir með grönnum pinnum valda *meiri* samdrætti
- einn strengur með grófum pinna veldur *minni* samdrætti
- þegar soðinn er einn strengur hvorum megin við „hlutleysislínu“ plötunnar, geta suðurnar ekki jafnað út samdrátt hvor annarrar, heldur verður formbreyting

#### Hvernig verður formbreyting ?

Í dæmunum á undan voru kynntar nokkrar stað-



Suðuvinna í Arendal skipasmíðastöðinni.

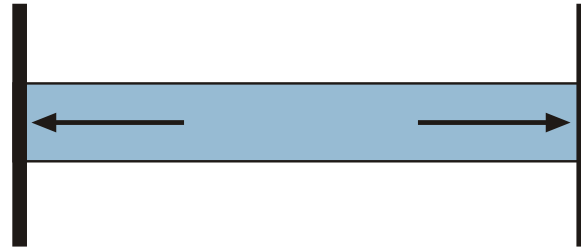
reyndir, en fyrir suðumanninn er mikilvægast að skilja ástæðurnar fyrir því að spennur og formbreytingar verða í efninu.

Þegar sjóða á saman tvö vinnslustykki, þýðir það meðal annars að tveir hlutar verða að einum. Við suðuna myndast mjög hár hiti sem hefur í för með sér þenslu. Ef allt vinnslustykkið þenst út samtímis og jafn mikið, gerist ekki mikið. Vinnslustykkið heldur að mestu lögun sinni eftir kólnun og afleiðingin verður í versta falli minni háttar formbreyting (skekka, beyglur o.s.frv.)

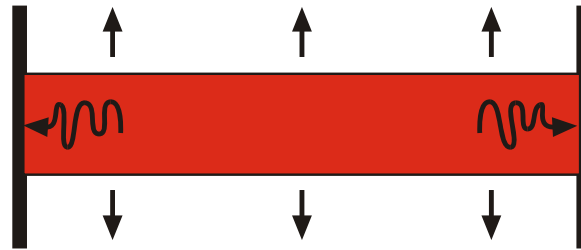
Ef hinsvegar einungis hluti vinnslustykkisins er hitaður upp, þenst sá hluti út en efnið umhverfis verður ekki fyrir áhrifum af hitanum og þenst því *ekki* út. Kalda efnið stoppar þensluna. Upphitaða efnið hefur enga möguleika á því að þenjast út þvert á suðuna en þvingast hinsvegar til þess að víkka út á þykktina og í suðuáttina. Við það pressast suðan, verður þykkri og lengri. Þegar efnið síðan dregst saman við kólnunina „vantar“ efni og suðan verður minni. Vinnslustykkið hefur fengið eftirspennur og að nokkru misst upprunalega lögun sína og mál.

Þensla og samdráttur koma berlega í ljós þegar soðinn er rötstrengur í V-fúgu. Það líður ekki á löngu áður en suðubilið hefur minnkað eða horfið algerlega.

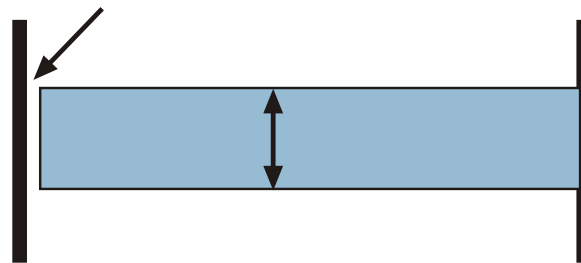
## Hvernig er komið í veg fyrir samdrátt?



*Innspentt stálstöng getur ekki þanist út á lengdina.*



*Hún þvingast því til þess að breikka og hækka.*



*.....sem hefur í för með sér að þegar hún kólnar aftur, er hún orðin styttri en hefur breikkað og hækkað!*



*Suða á ryðfríu röri.*

Hjá samdrætti verður ekki komist við suðu. Samdráttur er hluti af eðli efnisins. Það sem hægt er að gera er að minnka áhrif samdráttarins.

## Formbreytingar við kverksuðu

Formbreytingar og samdrátt (efnið „kastar“ eða „dregur sig“) er hægt að minnka, ef sjá má fyrir stærð breytinganna.

Hið fyrsta er gert strax við punktun, þegar reynt er að stilla upp hlutum vinnslustykkisins þannig að þeir verði réttir eftir suðuna.

## Áhrif hitamagns, suðustærðar, innbræðslu og strengjafjölda

Hve miklar formbreytingarnar verða ræðst m.a. af fúgugerð, suðustraumi, pinnastærð, suðuröð, innbræðslu og strengjafjölda.

Við suðu í kverk (T-skeyti, hornskeyti) er hægt að „yfirstilla“ hlutana þannig að þeir myndi rétt horn eftir suðuna. Þetta krefst nokkurrar reynslu, en er ekki svo erfitt.

Ef hlutarnir geta hreyfst frítt þarf yfirleitt enga eftirvinnslu ef þessi aðferð er notuð.

Ef hlutarnir eru á hinn bóginn fast spennir eða þvingaðir við suðuna getur þurft að afdraga vinnslustykkið eftir suðuna til þess að losna við eftirspennur.

Kverksuða í fúgu án suðubils veldur minnstu formbreytingunni. En ef soðið er í fúgur með suðubili verður formbreytingin meiri.

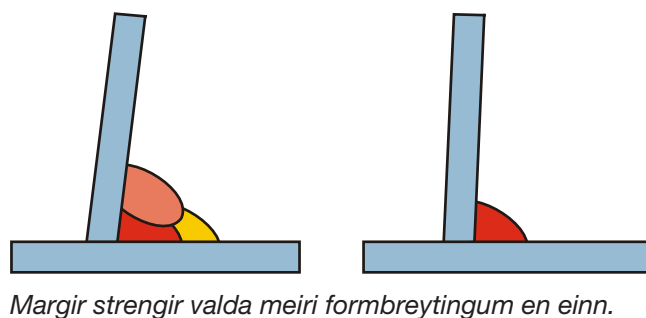
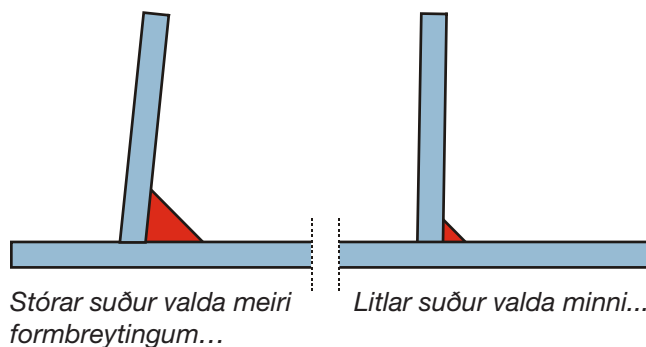
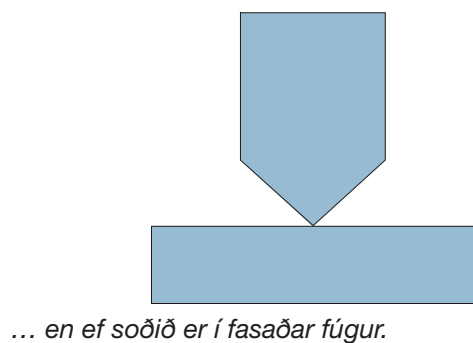
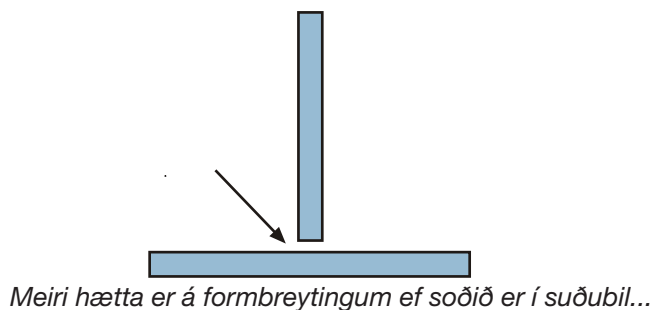
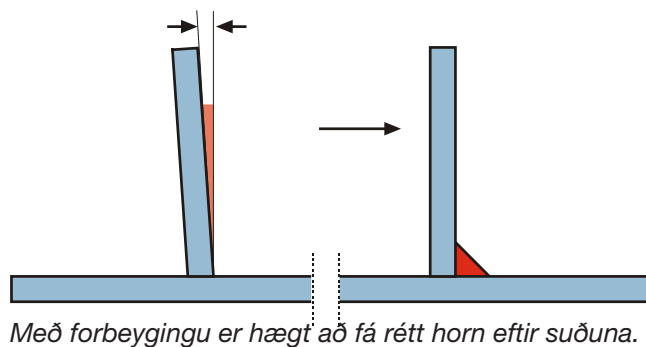
Hálf- eða alfasaðar fúgur valda minni formbreytingu þar sem suðan getur verið á hlutleysislínunni.

Hár suðustraumur veldur meiri innbræðslu og meiri hitadreifingu sem aftur á þátt í að valda meiri útvíkkun/samdrætti.

Pinnastærðin skiptir hér verulegu máli (Ø5 mm pinni þarf hærri suðustraum en Ø3,2 mm).

Þar sem margir strengir valda meiri samdrætti en einn, getur þurft erfiða jafnvægisgöngu á milli krafna um takmarkað orkuflæði annars vegar og lágmarks formbreytinga hinsvegar.

Við suðu í kverk frá báðum hliðum getur seinni suðan dregið til baka samdráttinn frá fyrri suðunni, en ekki að





fullu. Einhverrar forbeygingar/yfirstillingar er líka þörf hér (Sjá mynd).

Vel skipulögð suðuröð við tveggja hliða suðu getur þó stundum komið í veg fyrir formbreytingar. Suðu-áætlun getur gefið fyrirmæli um að sjóða skuli til skiptis frá báðum hliðum þannig að samdrættirnir „vegi upp hvern annan“.

Suða umhverfis formað stangaefni á líka til að vera vandasöm. Þar getur yfirstillt uppstilling ásamt góðri suðuáætlun líka verið til hjálpar.

## Formbreytingar í stúfsuðum

### Áhrif hitamagns, suðustærðar og -lögunar ásamt strengjafjölda

#### Leiðréttandi aðgerðir: Suðuferill, jafnvægi í hitamagni, tækni, suðuröð, fúguvinnsla, forbeyging

Formbreytingar verða líka við stúfsuðu ef undirbúningur er rangur eða ef suðuvinnan er framkvæmd á rangan hátt.

Á sama hátt og við suðu í kverk skipta atriði eins og hitamagn, suðuröð, strengjafjöldi, orkuflæði o.s.frv. hér miklu máli fyrir árangurinn.

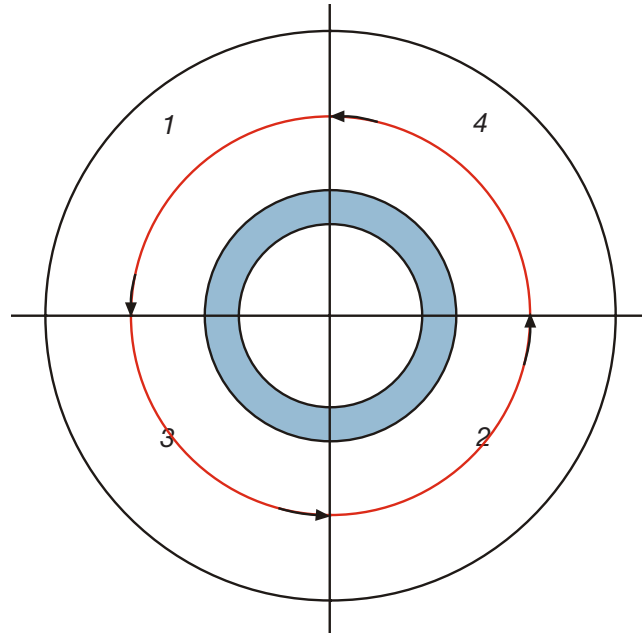
(Um orkuflæði, sjá kafla E5.2.1.)

Hér er reglan sú að suða í I-fúgu veldur minni formbreytingum en suða í V-fúgu. Það er vegna þess að V-fúgan er ekki einsleg, og suðan verður því breiðari (og „dregur“ meira) að ofanverðu. Ef fúgan er „opnari“ en hinar vanalegu 60° eykst hættan á formbreytingum.

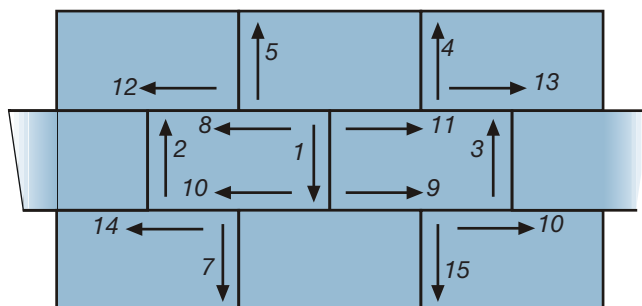
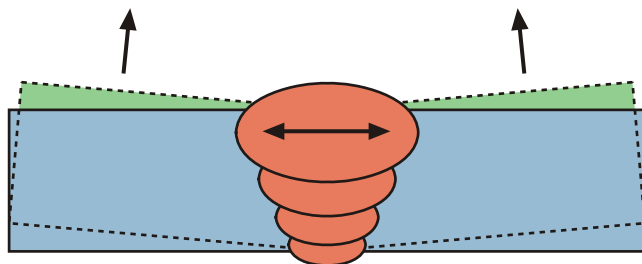
Jafnvel hér getur forbeyging verið til hjálpar, en fyrir stúfsuður er yfirleitt mun erfiðara að reikna út forbeyginguna (eða yfirstillinguna), sérstaklega í stórum stálvirkjum.

Suða í tvöfalda V-fúgu getur, með réttu suðuskipulagi og réttu suðuferli, orðið til þess að formbreyting verði lítil sem engin.

Í erfiðum tilfellum er stundum gripið til bakskrefsuðu (sjá kafla E3.2.3).



Suðuröð, rör á flangs.



Við stærri plötuvirki er suðuröðin mjög mikilvæg svo komist verði hjá myndun eiginspennu í efninu.

## Formbreytingaráhrif dæmigerð soðin stálvirki og fyrirbyggjandi aðgerðir

### Formbreytingar stúfsuða

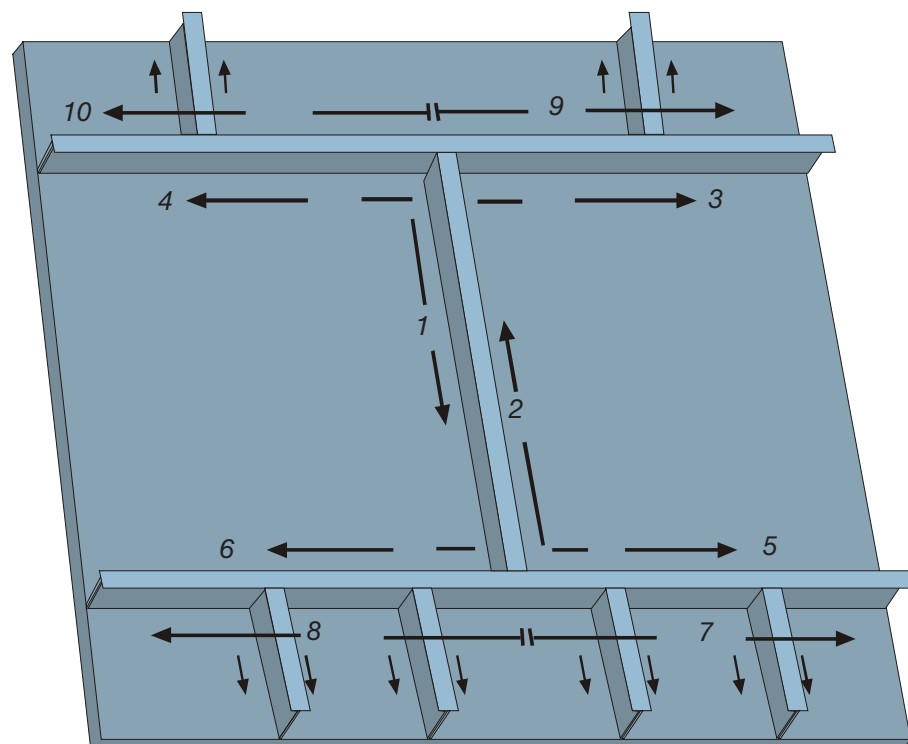
Formbreytingar plötuefnis eru háðar efnisþykktinni. Þunnar plötur beyglast og skælast eftir að lítið magn hita er sett í efnið, og getur þurft mikla vinnu við réttingar eftir suðuna (skipsskrokkar / yfirbyggingar, tankar og geymar, bílayfirbyggingar ofl.)

Í grófara efni verða formbreytingarnar ekki eins miklar, en á móti kemur að eftirspennurnar verða meiri. Hér skipta suðuáætlanir og suðuferli miklu máli (kjarnaofnar, olíuborþallar o.fl.)

### Formbreytingar í kverksuðum

Við byggingu grindavirkja sem sett eru saman úr ólíku stangaefni þarf nákvæman undirbúning við gerð suðuáætlana og suðuferilslýsinga.

Einnig hér skipta efnisþykktirnar miklu máli, af sömu ástæðum og áður hafa verið nefndar.



## Leiðrétting formbreytinga eftir suðu (rétting)

Ef ekki er hægt að koma í veg fyrir formbreytingar með fyrirbyggjandi aðgerðum eins og suðuáætlunum o.þ.h., verður að grípa til réttinga.

Helstu aðgerðir gegn innri spennu eru:

1. Suðutæknilegar
2. Krafttæknilegar
3. Hitameðferðir

Suðutæknilegar aðgerðir voru kynntar á síðustu síðum.

### Krafttæknilegar aðgerðir

Eitt af því fyrsta sem gert er til þess að minnka formbreytingar, er að gæta þess að hlutar vinnslustykkisins passi vel saman. Kæruleysi á þessu sviði veldur því að suðufúgur og -bil verða óþarflega stór og þar með verður hitamagn mikið, með tilheyrandi samdrætti og eftirspennum.

Hlutar sem falla illa saman fá einnig mikla innri spennu sem getur losnað úr læðingi ef efnið verður fyrir meira álagi en ráð var fyrir gert.

Með hækkuðu hitastigi er auðveldara að forma málma þar sem togmörkin lækka. Þetta er hægt að notfæra sér við lagfæringar á formbreytingum, ásamt krafttæknilegum aðgerðum (ofbeldi).

Í erfiðum tilfellum af samdráttarspennum og formbreytingum getur það verið eina ráðið til þess að ná viðunandi lagfæringarárangri.

Við slíka vinnu eru notuð hjálpartæki eins og fleygar, tjakkar, talfur o.þ.h.

### Hitameðferðir

Þótt afglóðun sé yfirleitt árangursríkasta aðferðin til þess að losa um eiginspennur, og sú aðferð sem skaðar efnið minnst þá er hún ekki alltaf raunhæf eða kostnaðarlega framkvæmanleg.

Hlutir sem verða að vera mjög nákvæmir að lögun, t.d. túrbínuhús, öxulþrýstilegur, gírhús o.þ.h. eru alltaf afglóðaðir fyrir síðasta áfanga vélavinnslu. Ef það er ekki gert, getur vélavinnslan losað um spennur og það valdið alvarlegum málskekkjum.



Röravinna við Svenska Maskinverken.



Suðuvinna í Arendal skipasmíðastöðinni.

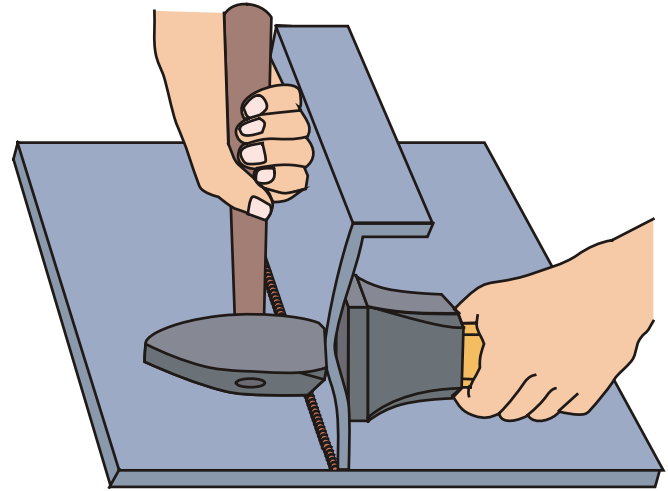
## Rétting

### Kaldrétting

Kaldrétting er framkvæmd þannig að efnið er beitt ofbeldi *án* hitunar, t.d. með hamri.

Réttingin getur verið s.k. „loftrétting“ með viðhaldi eða þá að teyg er á efninu.

Í þunnu efni er réttingin oft framkvæmd með því að „strekka á“ suðunni. Það er jú fyrst og fremst suðan sem hefur dregist saman. Það verður þó til þess að suðan verður hörð og stökk.

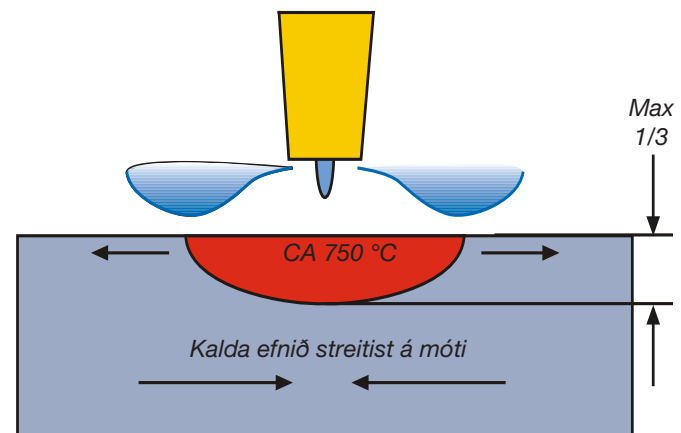


S.k. loftrétting með hamri og viðhaldi.

### Hitarétting

Hitarétting er m.a. notuð til þess að losna við skekkju og beyglur í soðnum stálvirkjum, rétta soðna og ósoðna hluti eins og bogna öxla, rör, valsað stangaefni ofl.

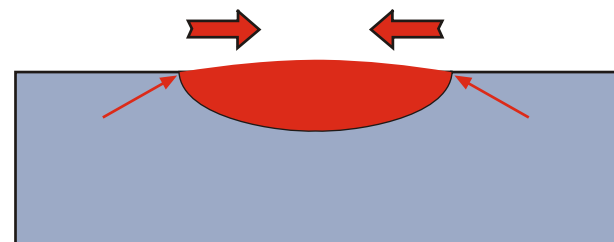
Hitaréttingu er hægt að framkvæma með hitaloga og með *yfirborðs-* eða *gegnumhitun*.



*Yfirborðshitun felur í sér hitun efnisins að max. 1/3 hluta þykktar. Heita efnið vill víkka út - hið kalda streitist á móti.*

#### *Yfirborðshitun*

Með yfirborðshitun er átt við að aðeins 1/3 hluti þykktar efnisins er hitaður. Hið upphitaða yfirborð vill þá víkka út, en efnið undir, hið kaldara, streitist á móti. Yfirborðið pressast saman og verður í raun minna að rúmmáli sem hefur í för með sér að þegar efnið kólnar, dregst það saman að miðju hitaða svæðisins og bognar (Sjá mynd t.h.).

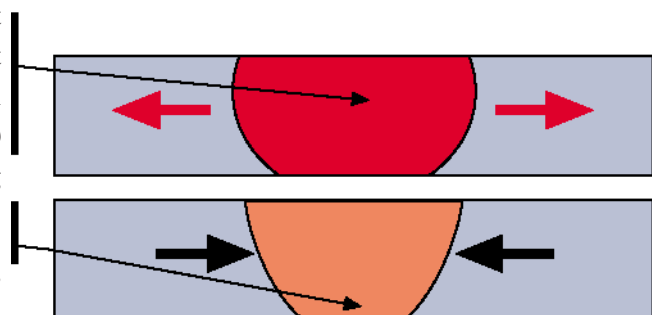


*Eftir kólnun hefur efnið sem hitað var upp, pressast saman.*

#### *Gegnumhitun*

Ef hitunin tekur lengri tíma, nær hitinn í gegnum efnið sem verður gegnheitt. Með þessari aðferð pressast efnið saman í gegnum alla efnisþykktina. Hér gerist það sama og við yfirborðshitunina; hið upphitaða efni vill víkka út en hefur ekki rými til þess og verður því að þykkna. Þegar síðan kólnunin verður, „vantar“ efni og vinnslustykkið verður að hluta styttra (Sjá mynd t.h.).

Hitapunktur eru notaðir við réttingu á þunnplötum, ásamt þunnveggja rörum og stangaefni.



## Ólíkar aðferðir við hitaréttingu

Hitaréttingu er hægt að framkvæma á ólíka vegu. Algengustu útgáfur eru: *hitafleygar*, *hitabelti* og *hitapunktur*.

Hitafleygar eru mest notaðir á stangaefni, en í vissum tilfellum einnig á plötuefni.

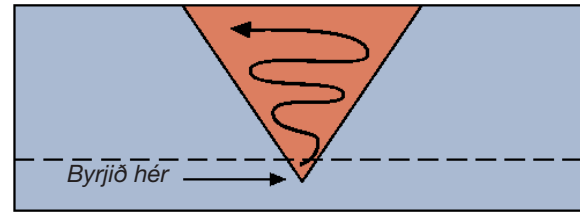
Efnið er gegnumhitað – og eins og nafnið gefur til kynna – í fleyglaga blettum. Þegar efnið er gegnumhitað hefur það teygst sig í „öfuga“ átt, en við kólnunina dregst það meira til baka þeim megin sem fleygurinn er breiðari, og þannig er efnið látið beygja sig í „réttu“ átt.

VARÚÐ: Athugið í efnisstöðlum hvort efnið þoli hitameðferð af þessu tagi!

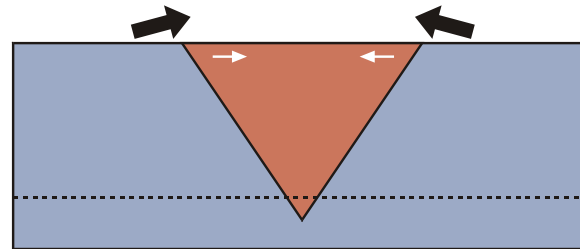
Hitabelti geta verið gegnumgangandi eða yfirborðslæg og eru notuð við plötuvinnu. Gegnhitun er notuð til þess að stytta efnið og með yfirborðshitun er reynt að rétta minni kúlur og beyglur sem myndast í efninu við suðu.

Breidd hitabeltisins ræðst af efnisþykktinni. Ef efnisþykktin er á milli 3–10 mm ætti beltið að vera u.þ.b. 5–10 mm breitt, frá 10–30 mm efnisþykkt u.þ.b. 20–30 mm breitt. Lengdin getur verið allt á milli 50 og 200 mm.

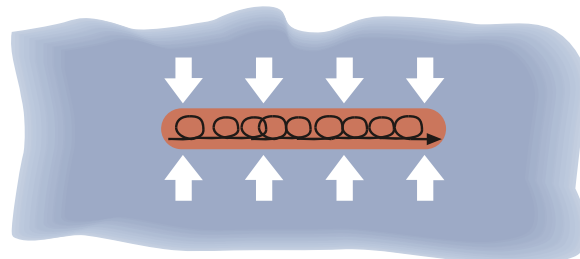
Dragkraftarnir verka hornrétt á hitabeltið, nokkru meir þeim megin sem hitað er.



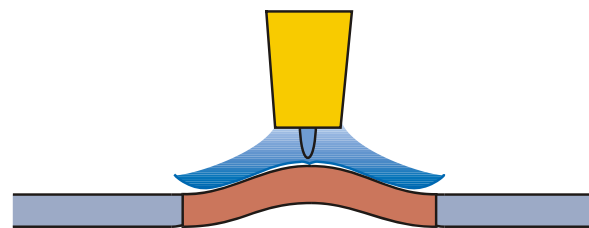
Byrjið innst inni og hitið út á við eins og örin sýnir.



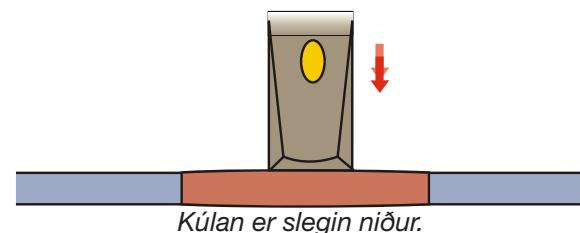
Breiðari hluti fleygsins dregst meira saman.



Hitið með litlum hringlaga hreyfingum.

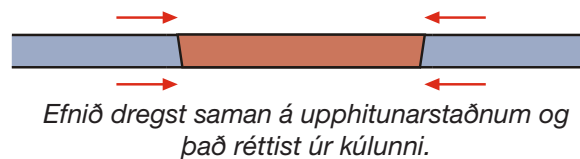


Lítill punktur er gegnumhitaður.



Kúlan er slegin niður.

Látið kólna.



Efnið dregst saman á upphitunarstaðnum og það réttist úr kúlunni.

HEIMILDIR:

*Safnrit-hitaréttungu* – Öresundsvarvet í Landskrona. SAQ-Kontroll AB, Curt Johansson.

*Eigin reynsla* – Jan Jönsson, Bengt Westin

## E5.2.3 Örugg vinnubrögð á byggingarstað (M4.2.6, T4.2.6, G5.2.3)

**Vinnuaðstæður: sérstök vandamál við vinnu utanhúss, vinna í mikilli hæð, vinna í erfiðu landslagi, miklum hita, kulda eða vindi**

Oft fer meginhluti suðuvinnunnar fram á verkstæðinu, en endanlega samsetningu verður að framkvæma á byggingarstað. Suðvinna á byggingarstöðum gerir sérstakar kröfur til suðumanna, en hún hefur líka áhrif á vinnuaðstæður hans. Vega verður upp þau neikvæðu áhrif sem vindur, úrkoma, hiti/kuldi o.f.l. hafa, og um leið verður að taka tillit til áhættuþátta eins og vinnuhæðar eða hrunhættu í skurðum og grunnum.

**Framkvæmd suðuvinnu við erfiðar veðuraðstæður**

Þegar unnið er við suðu utanhúss verður að hlífa vinnslustykkinu fyrir áhrifum veðurs. Sérstaklega eru suðuaðferðirnar TIG og MIG/MAG viðkvæmar fyrir minnstu áhrifum vinds, og eru því ekki heppilegar til útvinnu.

Pinnasuða og sjálfverndandi rörþráður (Innershield) þola vægan vind, en til að tryggja suðugæðin ætti alltaf að reyna að hlífa suðustaðnum á einhvern hátt. Til þess eru ýmsir möguleikar – allt frá einföldum vindhlífum úr segldúk og að því að byggja alveg yfir vinnustaðinn. Færanleg tjöld úr stálgrind og með hvítum eða gulum dúk eru algeng. Ljósir dúkar sem þessir hleypa birtu í gegn.



Dæmi um yfirbyggðan vinnustað.



Unnið við suðu á röralögn.

## Áhrif frumkraftanna

### Vindur

Jafnvel tiltölulega vægir vindar eða einstaka vindgustur getur blásið burt gashlífinni frá ljósboganum og valdið því að suðan verður loftbólufyllt. Þar að auki getur vindkælingin gert suðumálminn stökkan.

### Hitastig

Það ætti að forðast suðuvinnu þegar hitinn er undir frostmarki, þar sem mikil hættu er á að hin hraða kæling valdi því að suðumálmurinn og grunnefnið í HAZ verði stökkt. Þegar soðið er í kulda, á að forhita suðusvæðið. Oft dugir að hita upp í stofuhita (+20°C). Til að hindra of hraða kólnun á síðan að þekja suðusvæðið með einangrunarmottum.

Þar sem málmar leiða vel bæði hita og kulda, samtímis því sem suða er kyrrstöðuvinna, þá er það mikilvægt að klæðast rétt við vinnuna, þ.e. að klæðast hlýjum og vindþéttum fötum, og að nota setdýnu.

Hitastigið getur líka verið til vandræða á sumrin. Suðuvinna í miklum hita getur verið alveg jafn erfið og suðuvinna í kulda. Það verður að undirstrika mikilvægi þess að nota hlífðarföt þótt heitt sé í veðri. Suðuspraut og útfjólublá geislun gera hlífðarföt og annan hlífðarbúnað

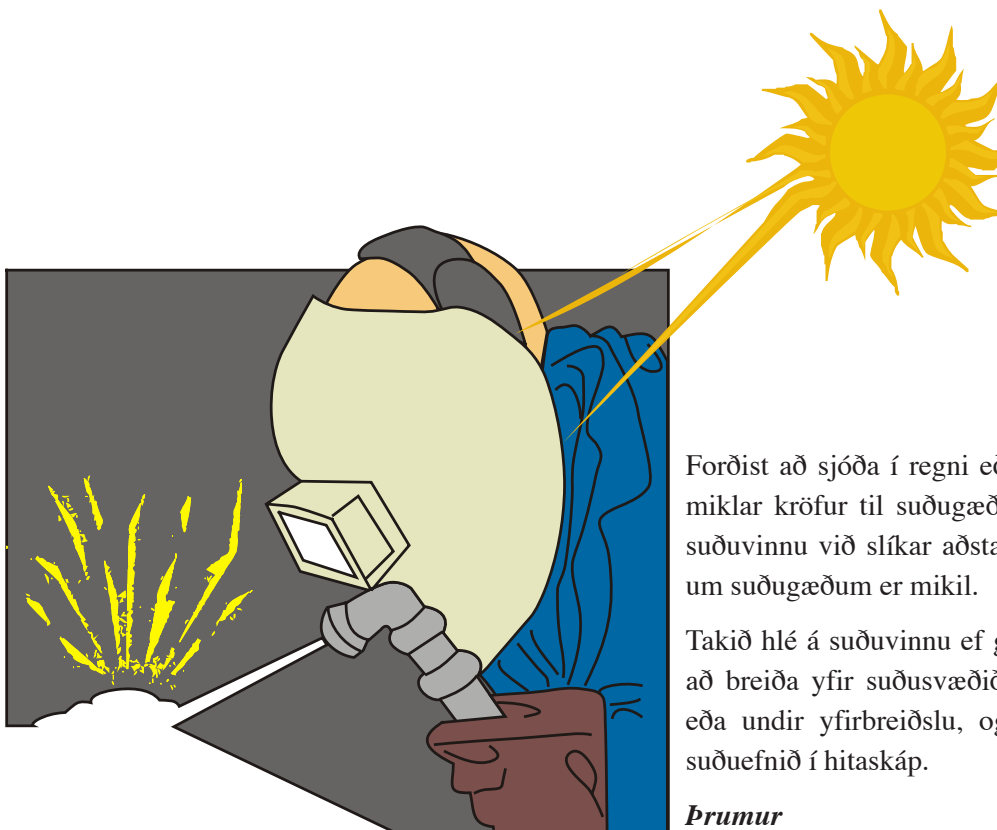
nauðsynlegan í hvaða veðri sem er. (Freistist aldrei til þess að sjóða í stuttbuxum og bol). Það getur líka verið óþægilegt þegar sólin skín inn í suðuhjálminn, en með réttu vinnuskipulagi og hlífðarskermum er oftast hægt að komast hjá slíkum óþægindum.

Við suðuvinnu í kyndiklefum, vélarúmum og á vissum svæðum í verksmiðjum getur hitinn einnig verið til vandræða. Viftur eða aukið loftflæði að vinnustaðnum getur verið til mikillar hjálpar, en gætið þess að það spilli ekki streymi hlífðargassins. Ef hitinn er með afbrigðum mikill er ráðlegt að borða salttöflur og að drekka mikið vatn.

### Úrkoma



Geymið suðuefnið í hitaboxi eða í hitaskáp.



Sólskin inn í suðuskerminn er óþægilegt. Munið að nota ALLTAF hlífðarbúnað við suðu.

Forðist að sjóða í regni eða snjó. Þar sem gerðar eru miklar kröfur til suðugæða má alls ekki framkvæma suðuvinnu við slíkar aðstæður þar sem hættu á lélegum suðugæðum er mikil.

Takið hlé á suðuvinnu ef gerir úrkomu. Gleymið ekki að breiða yfir suðusvæðið, koma suðuvélinni í skjól eða undir yfirbreiðslu, og að sjálfsögðu á að setja suðuefnið í hitaskáp.

### Þrumur

Þrumuveður getur verið hættulegt ef eldingu slær niður í stálvirki. Að auki getur elding sem slær niður valdið miklu tjóni á rafeindabúnaði nútíma suðuvéla.



Vinna í mikilli hæð krefst stöðugar árverkni, og það er því afar mikilvægt að pallar og annað sem unnið er á sé stöðugt. Það er úr ýmsu að velja; bæði stillansar og vinnupallar af ýmsum gerðum og færanlegar körfur („sky-liftar“) og skæralyftur.

Stillansar og vinnupallar eiga að vera vel festir og með grindverkum sem hindra fall.

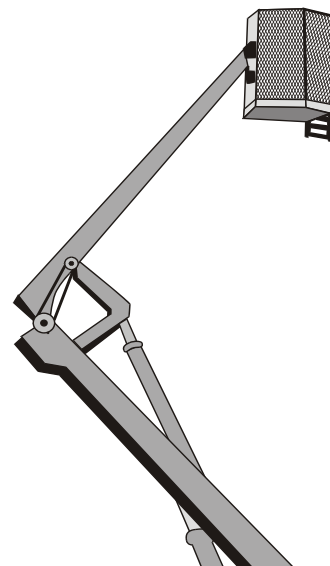
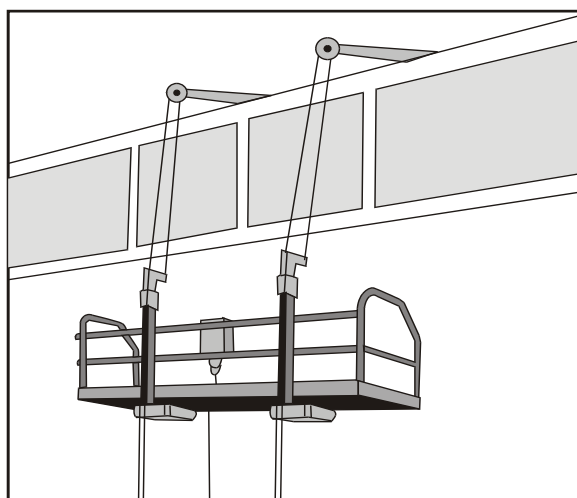
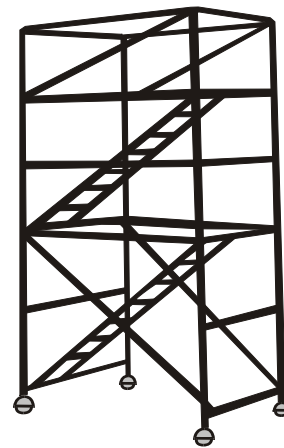
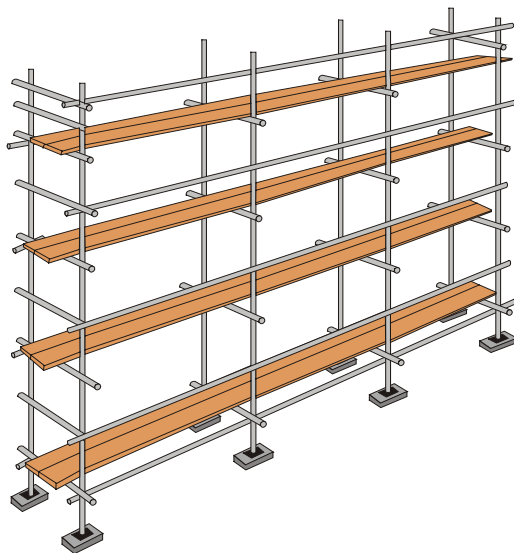
Þegar unnið er í færanlegum vinnukörfum eiga stuðningsfæturnir að vera á stöðugum grunni.

Gætið þess að festa stiga og tröppur vandlega.

## Örugg vinna í mikilli hæð

Það má aldrei hunsa öryggið þegar unnið er í mikilli hæð. Slys sem verða vegna falls eða þegar hlutir falla niður á þá sem eru undir, eru alltof stórt hlutfall vinnuslysa.

**Vinnið aldrei standandi í stiga!**



Dæmi um vinnupalla og lyftur.



## Örugg vinna í skurðum, grunnum o.p.h.

Það er ekki bara vinna í miklli hæð sem hefur hættu í för með sér, jafnvel andstæðan - þ.e. vinna í skurðum og grunnum - hefur sína áhættuþætti.

Í skurðum og göngum er alltaf viss hættu á hruni, sérstaklega ef úrkoma hefur losað um jarðveginn. Við lengri skurðavinnu er rétt að hafa á staðnum dælubúnað til að dæla upp vatni sem safnast í skurðinn.

Vatn sem safnast á botn skurða og gangna getur valdið alvarlegum óhöppum ef rafleiðslur lenda í því.

### Jarðtenging

Jarðtenging suðurárarinnar á alltaf að vera fest eins nærri suðustaðnum og hægt er. Því lengri sem leiðin er frá suðuvél að suðustað, því meiri hættu er á því að straumurinn fari óvæntar - og stundum lífshættulegar - krókaleiðir.

Til dæmis getur suðustraumurinn gert jarðtengingu húsarafmagns óvirka, eyðilagt rafstýrða loka, skaðað lyftuvíra o.s.frv. Varist sérstaklega að jarðtengja í járnabindingu.

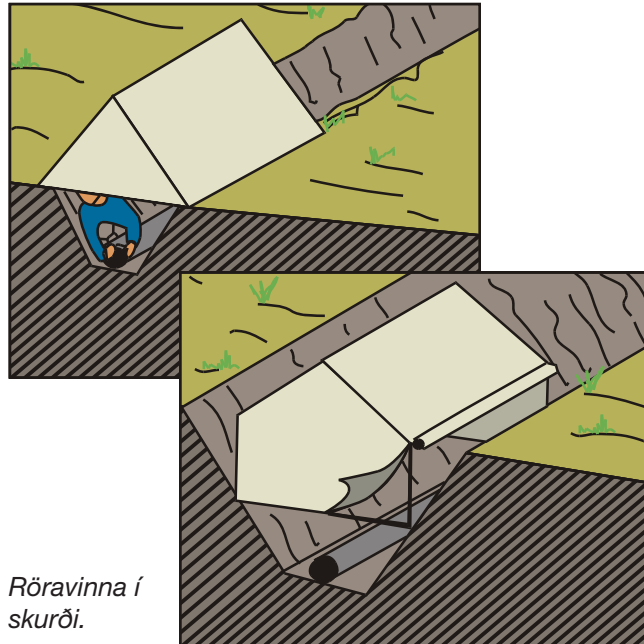
### Að hlífa vinnufélögum við hæt-

#### tum suðuvinnunnar

Vinna á byggingarstöðum er sérstaklega áhættusöm. Tímapressa, margir iðnaðarmenn á litlu svæði, slæmt veður o.s.frv. eykur áhættuna. Það er þess vegna afar mikilvægt að verkfæri og annað sé staðsett þannig að fallhættan verði sem minnst.



*Aðdráttarafl jarðar hefur viss áhrif þegar unnið er í mikilli hæð. Hlutir sem falla fara alltaf stystu leið niður.*



Röravinna í skurði.

**Festið aldrei jarðklemmuna í vinnupallinn!**

Gætið þess að vara við vinnufélagana sem e.t.v. verða að fara um undir vinnustaðnum. Dreifið ekki suðulúsum, heitu gjalli, pinnastúfum, afskurði o.fl. þannig að það geti skaðað aðra.

### Verndaðu þig sjálfan

- Notaðu alltaf hlífðarhjálms, öryggisskó (alls ekki tréklossa) og heil vinnuföt við vinnu á stillönsum.
- Notið alltaf líflínu þegar fallhætta er fyrir hendi.
- Festið vel suðukapla og gasslöngur. Fallandi suðukapall vegur nokkur kíló og getur jafnvel tekið með sér suðumanninn í fallinu.

### Hlífið umhverfinu

Hafið ætíð eldhættuna í huga. Fjarlægjið brennanlegt efni frá vinnustaðnum. Breiðið yfir það sem ekki er hægt að fjarlægja. Fylgist með, ekki bara undir vinnustaðnum; í byggingum og á samsetningarstöðum getur brennanlegt efni líka verið hinum megin við vegginn og á gólfi eða þaki yfir vinnustaðnum. Vegir suðuneista eru ófyrirsjáanlegir!

HEIMILDIR:

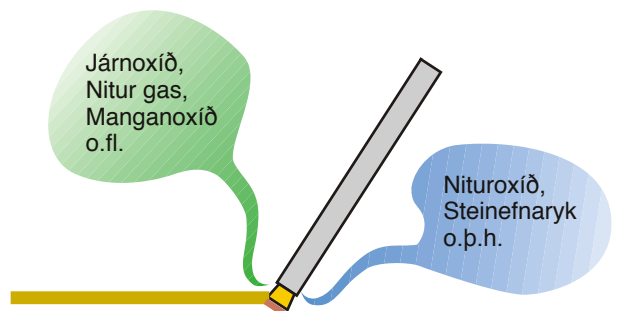
Bætt vinnuumhverfi, byggingarstaðir. Eigin reynsla, Bengt Westin, Jan Jönsson

## E5.2.4 Heilsuskaði vegna mengunar

### Reykmyndun við ljósbogasuðu

Öll óhreinindi sem gjósa upp við suðu eru kölluð einu orði suðureykur.

Suðureykur samanstendur af ýmsum gastegundum og efnisögnum – meira eða minna heilsuspillandi – sem losna úr bráðnum málminum.

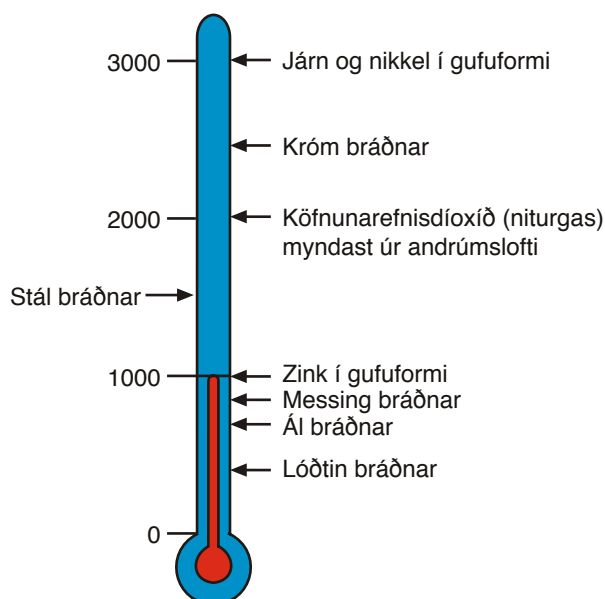


### Reykur og efni frá málumum

Við suðu í málma með lágt gufumyndunarhitastig stíga upp málmguður. Það geta verið guður frá eirblöndum eða zink frá zinkhúðuðu efni, en líka guður frá krómi og nikkeli.

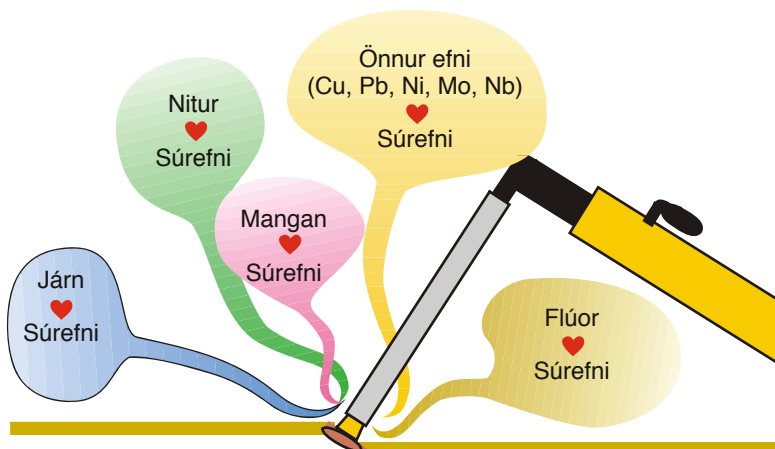
Sérstakrar varúðar skal gæta í sambandi við síðast-nefndu tvo málmana, þar sem þeir eru mjög ofnæmisvaldandi. Hvað króm varðar getur langvarandi snerting verið krabbameinsvaldandi (s.k. 6-gildis króm).

Flestir þeir sem lengi hafa unnið við suðu hafa orðið fyrir reykeitrun, oftast zinkeitrun. Hún orsakast af því að þeir hafa andað að sér málmguðum. Einkenni eru hár hiti og vanlíðan en þetta gengur yfirleitt fljótt yfir.



### Málmveiki og heilsufarsáhrif suðureyks

Vegna hins háa hita ljósbogans með tilheyrandi gufumyndun frá málminum í suðupinnanum myndast oxíð. Þessi oxíð eru blöndur súrefnis og t.d. mangans, járns, köfnunarefnis, króms, og nikkels frá kjarnavírum, en oxíð með flúorsamböndum og steinefnum getur líka myndast.



## Suðureykur frá efnum í hulu suðuvírsins

Innihaldsefni hulunnar eru breytileg eftir framleiðanda, hulugerð (basísk, rútil, o.s.frv.) ásamt íblöndunarefnum. (Sjá samantekt um kjarnavír, suðumálm og hulu).

Hulan samanstendur af gjallmyndandi efnum, þ.e. efnum sem mynda suðugjallið sem við fjarlægjum eftir suðuna, efnum sem blandast suðumálmnum, efnum sem mynda hlífðargas og bindiefnum.

Hvert þessara efna er að mestu hættulaust, en saman – og við mjög hátt hitastig (u.þ.b. 7.000°C) geta þau í vissum tilfellum verið heilsuspillandi.

### Efni sem mynda hlífðarhulu suðupinna

#### Gjall:

- Rútil
- Ilmenít
- Zirkontvíldi
- Zirkonsandur
- Kaolín
- Fluxduft
- Kvarts

#### Suðumálmur:

- Járnduft
- Ferrókísill
- Ferrómangan

#### Gashlíf:

- Kalksteinn
- Magnesít
- Dolomít
- Sellulósi

#### Bindiefni:

- Alginat
- Kalíumsambönd
- Natrónsambönd
- Lím
- Vatn

## Suðureykur frá hreinsiefnum

Þegar hreinsun suðufúga er sérstaklega mikilvæg, eru notuð fljótandi hreinsiefni eins og acetón eða klóreruð kolvetni (trí-klóretylen o.fl. skyldir vökvar). Suða í fúgur sem hafa verið hreinsaðar með slíkum efnum getur verið lífshættuleg.

Þegar klóreruð kolvetni hitna geta m.a. myndast gastegundir eins og fosgen og acetylenklóríð. Þessi efni eru mjög eitruð. Fosgen er lyktarlaust og ertir ekki öndunarferin, og hættan á því að anda inn banvænum skammti er því mikil. (Sjá bls. 5)

Sjóðið aldrei í hús-næði eða rými þar sem slík efni eru geymd eða notuð. Hafið í huga að gufur frá þessum efnum geta dreifst býsna langa leið. Í ýmsum löndum er bannað að nota Trí-klóretylen.

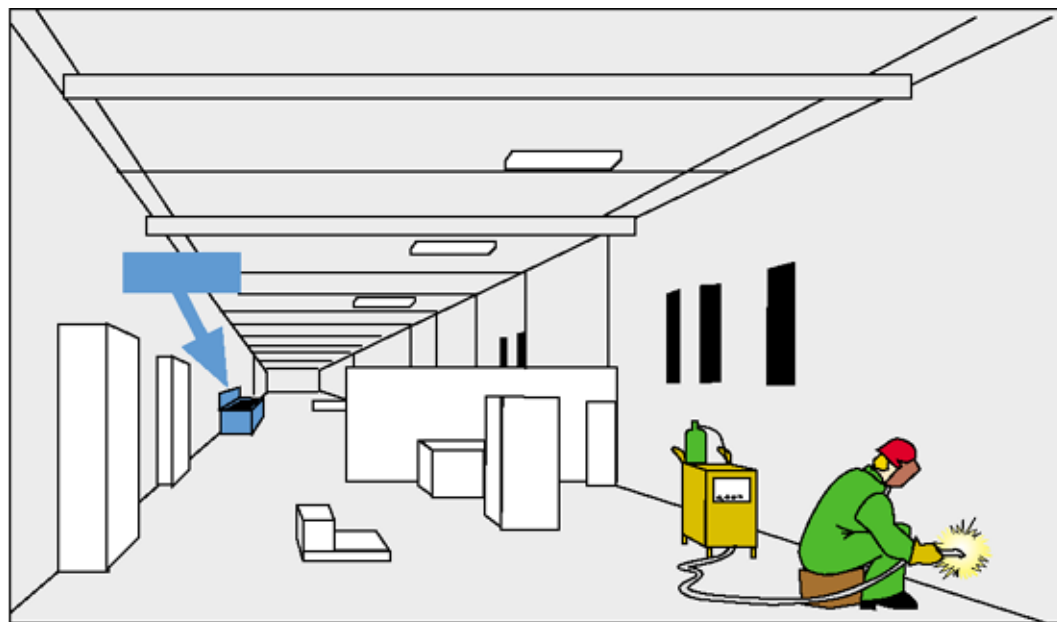
*Að sjóða nálægt Trí-klór baði getur verið afar hættulegt.*

*Þættir sem hafa áhrif á magn suðureyks*

**Straumur:** Hár straumur veldur auknum reyk, sem og blandbogasvæðið við MIG/MAG suðu.

**Spenna:** Há bogaspenna veldur einnig auknum reyk vegna þess að oxíðeringin eykst. Munið að langur ljósbogi eykur spennuna!

**Suðuefni:** Grófir pinnar þurfa meiri straum og spennu. Mestan straum þurfa s.k. djúpsuðu- og háafkastapinnar. Ryðfrír pinnar og pinnar fyrir manganstál valda hættulegasta reyknum.



## Heilsufarsleg jaðargildi

Heilsufarsleg jaðargildi geta verið af ýmsu tagi. *Hámarks-gildi* eru þau jaðargildi kölluð sem skilgreina mesta leyfða innihald ákveðins efnis. *Meðalgildi* er meðaltal yfir t.d. vinnudag og *hættumörk* segja til um það hvenær efnið verður skaðlegt. Þau jaðargildi sem nefnd eru hér fyrir neðan eru meðalgildi nema annað sé tekið fram.

### Hættuleg efni í suðureyk

Þegar talað er um magn fastra efna í reyk, er um afar smáar efnisagnir að ræða, og í það litlu magni að mælt er í milligrömmum í rúmmetra lofts ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Efni sem suðumenn komast í snertingu við eru m.a.:

- **FLÚOR (F)** Flúor hefur jaðargildið  $2,5 \text{ mg}/\text{m}^3$  og getur verið að finna í basískum pinnahulum.  
*Skaðleg áhrif:* Breytingar á beinum, skaðar á öndunarferum.  
*Hættumerki:* Ertir augu og slímhimnur.  
*Einkenni:* Verkir í liðum (líkt og gikt).
- **JÁRNOXÍÐ ( $\text{FeO}_3$ )** Myndast þegar járn bráðnar við háan hita – t.d. við suðu eða steypu. Jaðargildi  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ .  
*Skaðleg áhrif:* Sideros (járnrykslungu).  
*Varnaðarmerki:* Engin  
*Einkenni:* Engin
- **KRÓM ( $\text{CrO}_3$ )** Króm er mikilvægasta íblöndunarefnið í ryðfríu stáli. Það er líka notað til yfirborðshúðunar og í grunnmálningu. Jaðargildi  $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ .  
*Skaðleg áhrif:* Sár í munni, koki og nefi. Getur verið krabbameinsvaldandi.  
*Hættumerki:* Engin  
*Einkenni:* Erting öndunarfæra, bragð- og lyktarskyn dvínar.
- **MANGANOXÍÐ ( $\text{MnO}$ )** Vanalegt sem íblöndunarefni í stál og suðuefni. (Í t.d. stál í ýtutennur, skóflur og fleiri jarðvinnutæki). Jaðargildi  $2,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ .  
*Skaðleg áhrif:* Safnast fyrir í lungum og nýrum, eykur hættuna á lungnabólgu.  
  
*Hættumerki:* Höfuðverkur.  
*Einkenni:* Þreyta, lystarleysi, þyngdartap.
- **KADMÍUM (Cd)** Einn eittraðasti málmurinn. Er notaður til yfirborðshúðunar og getur verið í lóð- og flúxefnum. Jaðargildi  $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

*Skaðleg áhrif:* Safnast fyrir í beinum og nýrum. Getur leitt til blóðleysis og hásl blóðþrýstings. Getur valdið lungnaskaða og krabbameini.

*Hættumerki:* Ertir slímhimnur.

*Einkenni:* Lyktarskyn minnkar eða hverfur, þrálátt nefrennsli.

- **BLÝ (Pb)** Áður algengt efni í grunnmálningu (menju). Finnst í lóðtini. Jaðargildi  $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ .  
*Skaðleg áhrif:* Safnast fyrir í beinum og nýrum. Tannlos.  
*Hættumerki:* Þrálát þreyta, svefnleysi.  
*Einkenni:* Þreyta.
- **ZINKOXÍÐ ( $\text{ZnO}$ )** Zink er notað í ryðvarnar-málningu og er algengt sem yfirborðshúðunarefni (zinkhúðun/galvanísing). Til íblöndunar í t.d. messing. Jaðargildi  $5,0 \text{ mg}/\text{m}^3$ .  
*Skaðleg áhrif:* Engin sönnuð.  
*Hættumerki:* Hefur einkennandi lykt.  
*Einkenni:* Kallað „zinkeitrun“ þar sem einkenni eru: hiti, kuldaþrollur og hósti, vöðvaverkir, vanlíðan og þreyta.
- **RYK** Ryk fyrirfinnst í ríkum mæli í öllum iðnaði, og hefur í Svíþjóð fengið jaðargildið  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Það ryk sem suðumenn eiga helst á hættu að fá í sig er mest steinefna- og málmryk. *Skaðleg áhrif:* Getur valdið steinlunga.  
*Hættumerki:* Engin. Rykkorn minni en  $0,005 \text{ mm}$  eru ekki sjáanleg án smásjár, en þessar efnisagnir geta þrengrt sér inn í lungnaberkjurnar.  
  
*Einkenni:* Mæði við áreynslu eftir lengri tíma áhrif.

### Hættulegar gastegundir í suðureyk

Gas inniheldur engar efnisagnir. Það er því mælt í ppm (points per million). Af þeim tegundum sem geta komið upp við suðu, hefur þegar verið minnst á fosgen, en fleiri tegundir geta myndast.

- **FOSGEN ( $\text{COCl}_2$ )** Myndast þegar gufur frá trí-klóretylen och per-klóretylen hitna. Jaðargildi (hámarks-gildi)  $0,05 \text{ ppm}$ .  
*Skaðleg áhrif:* Lungnaskaðar þannig að vökvi þrengist út í lungnavefina og torveldar öndun. (Var notað sem efnavopn í fyrri heimsstyrjöld!)  
*Varnaðarmerki:* Lyktar af klórvetni í því augnabliki þegar það myndast. Eftir það er gasið alveg lyktarlaust!  
*Einkenni:* Engin

- **KOLMONOXÍÐ (CO)** Kolmonoxíð (koloxíð) myndast við ófullkominn bruna lífrænna efna. Jaðargildi 35 ppm.  
*Skaðleg áhrif:* Lungnaskaðar, kemur í veg fyrir að súrefnisríkt blóð nái út í æðakerfið.  
*Hættumerki:* Engin, lyktar- og bragðlaust.  
*Einkenni:* Preyta, vanlíðan, meðvitundarleysi.
- **KOLDIOXÍÐ (CO<sub>2</sub>)** Koldioxíð myndast við bruna kolefnissambanda (t.d. kola og olfu). Er þáttur í hlífðargasi við MAG-suðu. Jaðargildi 5.000 ppm.  
*Skaðleg áhrif:* Köfnunarhætta ef magn er mikið.  
*Hættumerki:* Engin  
*Einkenni:* Höfuðverkur, sónn í eyrum, svimi og óreglulegur hjartsláttur, meðvitundarleysi.
- **KÖFNUNAREFNISDÍOXÍÐ (NO<sub>2</sub>)** Myndast við gassuðu/-skurð í þröngum rýmum. Jaðargildi 5 ppm.  
*Skaðleg áhrif:* –  
*Hættumerki:* Engin  
*Einkenni:* Höfuðverkur, vanlíðan.
- **OZÓN (O<sub>3</sub>)** Myndast við suðu þegar útfjólublá geislun klýfur súrefnissameindir (O<sub>2</sub>) og laus atóm finna aðrar O<sub>2</sub>-sameindir og mynda O<sub>3</sub>. *Skaðleg áhrif:* Ertir öndunarfærin.  
*Varnaðarmerki:* Stingandi lykt.  
*Einkenni:* Hæsi, vanlíðan.

### Reykflokkar fyrir rafsuðupinna

Á Norðurlöndunum verða rafsuðupinnar að vera flokkaðir í reykflokka. Samkvæmt merkingunum á hver gerð og hver stærð að falla í einhvern af flokkunum 1 til 7 eftir samsetningu og magni reyks sem þeir gefa frá sér. Eftir hættustigi er suðuefni skipt í 7 flokka þar sem lýst er ráðlögðum aðgerðum fyrir flokk 1 sem er hættuminnstur og upp í flokk 7 sem er skaðlegastur.

| Reykflokkur | Aðgerð                                                                                            |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Þröng rými skal loftræsa vel.                                                                     |
| 2           | Punktútsog í þröngum rýmum.                                                                       |
| 3           | Ráðlagt að nota punktútsog innanhúss, og utanhúss líka ef reykurinn hverfur ekki af völdum vinds. |
| 4           | Punktútsog við alla suðu innanhúss. Utanhúss: sjá reykflokk 3.                                    |
| 5           | Sjá reykflokk 4.                                                                                  |
| 6           | Sjá reykflokk 4.                                                                                  |
| 7           | Sjá reykflokk 4.                                                                                  |

### Öryggisleiðbeiningar

Öll kemísk efni sem eru seld og notast á vinnustöðum á Íslandi í dag, þeim eiga að fylgja öryggisleiðbeiningar frá framleiðanda/birgja (Reg.602-1999) um öryggisleiðbeiningar vegna efnanotkunar á vinnustöðum). Þessar reglur gilda einnig um suðuefni.

## Öryggisblað

Dagsetn.: 27 04 97

Efni: PZ 6111, 1,4 mm Filarc

#### NOTKUNARSVIÐ

HGV gildi  
 Reykflokkur  
 Reykmyndun

Innihald  
 Heilsuskaði

Fyrirbyggjandi

Suðuvír fyrir hálf sjálfvirka suðu

3,0 mg/m<sup>3</sup>  
 3  
 40 g/h við 240 A

Járn, Flúor, Mangan

Mikið magn af gasi og reyk sem myndast við suðuna getur haft ertandi áhrif á öndunarfærin einnig geta þau leitt til þreytu og höfuðverkjá hjá viðkvæmum einstaklingum. Við langvarandi eða sfendurtekna innöndun suðureyks geta komið í ljós ýmsir kvillar fremst í öndunarfærunum.

Nota skal bæði útsog með stillanlegri útsogstrekt og einnig útsog á suðubýssuna sjálfa. Útsogið á að stilla þannig að allur suðureykur fjarlægist með búnaðinum. Við tilfallandi suðuvinnu eða hlífðargasi sem stendur í skamman tíma er hægt að nota grímu í flokki P2.

## Búnaður til reykkræstingar við suðuvinnu

Mestur reykur verður við pinnasuðu og hlífðargassuðu með sjálflífvandi rörþræði. Þegar soðið er með þessum aðferðum er því mikilvægt að reykurinn sé hreinsaður burt eins nálægt suðunni og mögulegt er. Tæknin til þess að skapa góða vinnuástöðu er til, það þarf bara að nota hana. Allir suðumenn þurfa að temja sér vinnuvenjur sem fela í sér notkun þeirra hjálpartækja sem fánleg eru til þess að bæta vinnuástöðuna.

Eftirfarandi tillögur eru um leiðir til þess að minnka og losna við suðureyk:

- Fyrir suðu á að hreinsa vandlega alla málningu, feiti, olíu, eldhúð, ryð o.s.frv. úr suðufúgunni.
- Notið ekki óþarflega grófan suðuvír.
- Staðsetjið munnstykki útsogsins eins nálægt suðustaðnum og unnt er, án þess þó að hætta verði á því að flæði hlífðargass spillist.
- Þegar notaðir eru s.k. reykætur á að leiða útblástur þeirra burt. Reykætur hreinsa fastar efnisagnir úr reyknum – en ekki gas!
- Loftræsting á að vera hæfilega afkastamikil. Of öflugt útsog veldur undirþrýstingi og trekki á verkstæðinu.

## Ólíkar gerðir punktútsogs

Það ræðst af suðuvinnunni og vinnuumhverfinu hvaða gerð útsogs hentar best. Vinna á verkstæði er öðrum skilyrðum háð en vinna á byggingarstað. Þó eru sömu kröfur settar á virkni reykútsogs á báðum stöðunum. Lausnin getur t.d. verið:

- Fixtúruútsog
- Fast útsog
- Útsogsarmar
- Færanlegar útsogstrektir

## Fixtúruútsog:

Kostir: Útsogið er alltaf á réttum stað. Útsogið er nærri uppsprettu mengunarinnar Engin auka fyrirhöfn fyrir suðumanninn

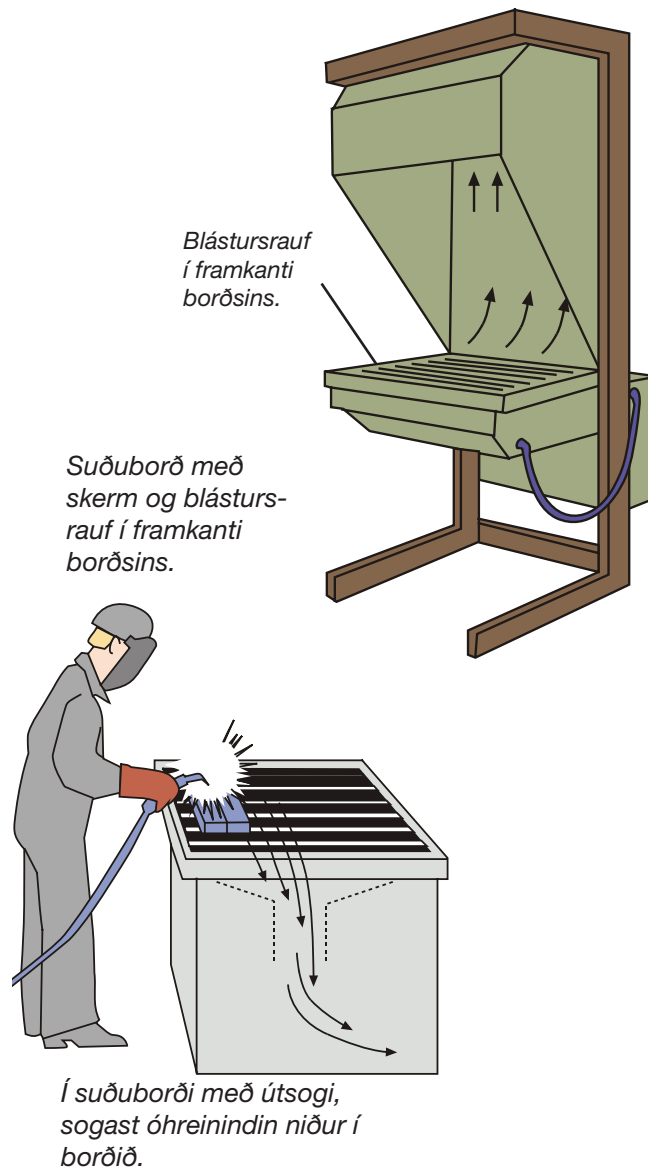
Gallar: Erfið og dýr að smíða

## Fastur útsogsbúnaður

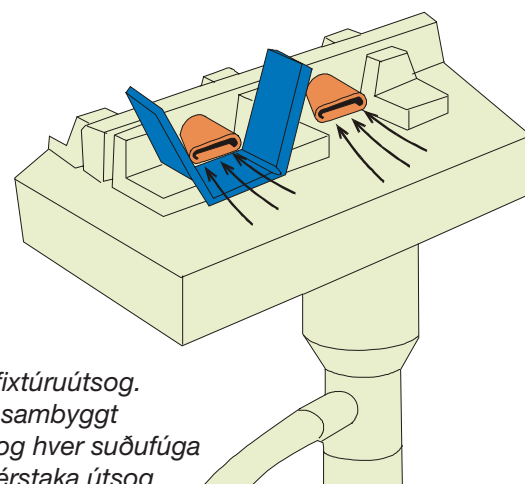
Kostir: Engin fyrirhöfn fyrir suðumanninn

Hreinsa vel

Gallar: Hentar oftast bara fyrir litla hluti Þarf afkastamikinn blásara



Í suðuborði með útsogi, sogast óhreinindin niður í borðið.



Dæmi um fixtúruútsog. Útsogið er sambyggt fixtúrunni, og hver suðufúga hefur sitt sérstaka útsog.

## Útsogsarmar

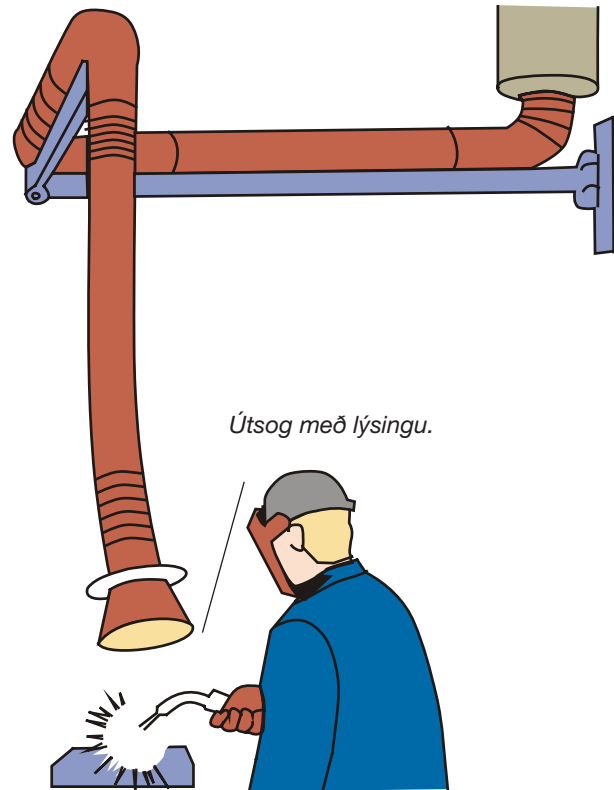
Kostir: Ná inn tiltölulega miklum reykingum.  
Stórt athafnasvæði.

Gallar: Þarf að stilla upp fyrir hverja suðu svo að þeir skili árangri.



Útsog með lýsingu.

Útsog með stífu röri.



Útsog með lýsingu.

Útsog á armi.

## Færanlegar útsogstrektir

### Útsog tengt föstu lagnakerfi

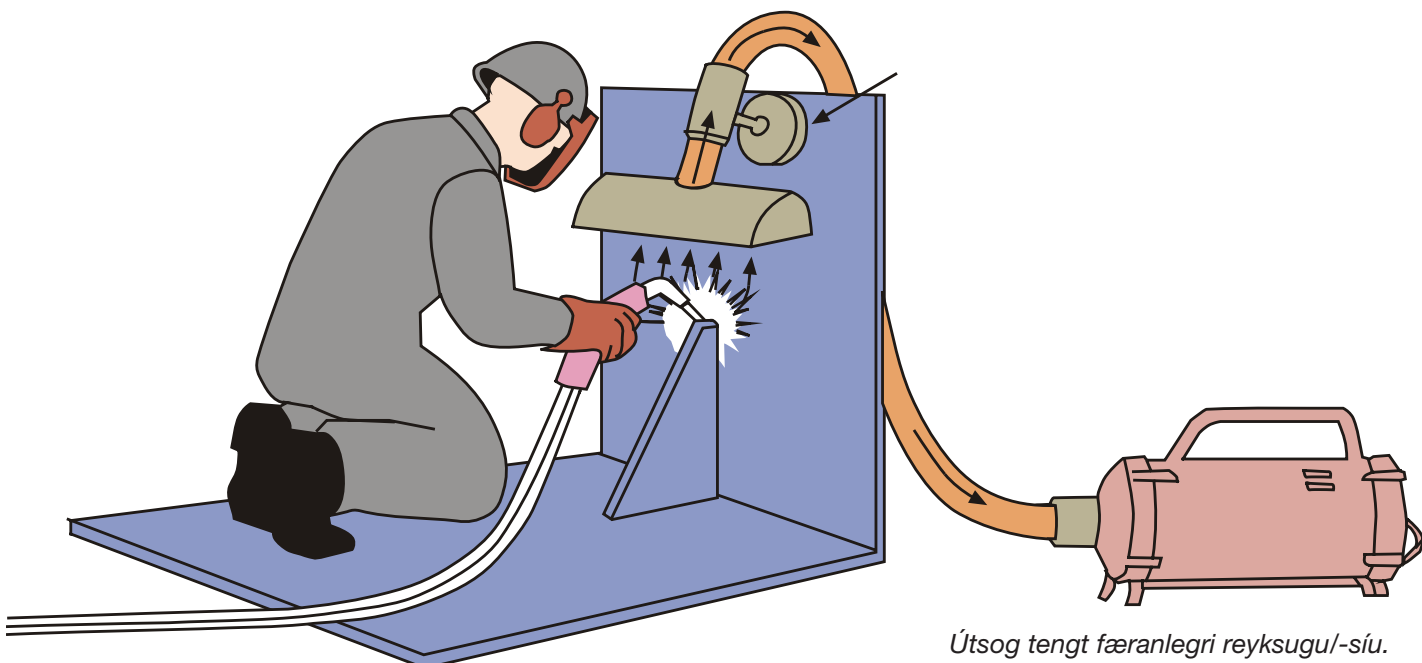
Kostir: Stórt athafnasvæði ef margir tengi-  
stútar eru settir upp

Gallar: Stöðugt þarf að flytja  
munnstykkið  
Þarf að staðsetja nákvæmlega

### Útsog tengt færanlegri reyksugu

Kostir: Ótakmarkað athafnasvæði  
Einföld lausn

Gallar: Stöðugt þarf að flytja munnstykkið  
Þarf að staðsetja nákvæmlega  
Þungur síubúnaður  
Gas hreinsast yfirleitt ekki burt



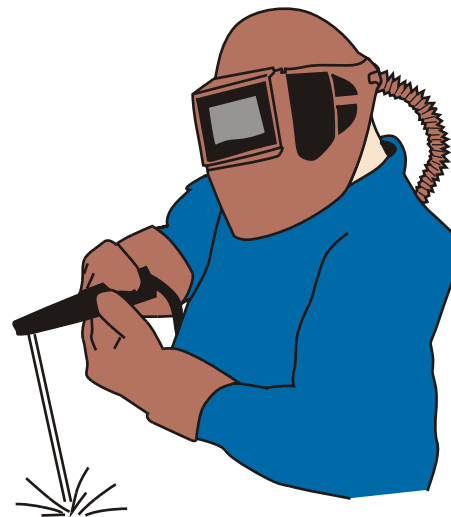
Útsog tengt færanlegri reyksugu/-síu.

## Að sjá suðumanninum fyrir fer- sku öndunarlofti

### Fersklofts - og þrýstiloftshjálmar

Við vissa suðuvinnu verður að leiða ferskt loft að öndunarfærum suðumannsins. Það getur til dæmis verið um að ræða suðu í þröngum rýmum, suðu í háefnabætt efni, suðu í ál o.fl.

Það eru til ýmsar leiðir til þess, en algengastar eru rafdrifnar loftdælur með síubúnaði eða suðuhjálmar tengdir þrýstilofti verkstæðisins.



Ferskloftshjálmur, tengdur eigin blásara eða

### Aðrir áhættuþættir sem tengjast suðuvinnu

#### *Asbest*

1983 eru settar reglur um bann við innflutningi asbests (nr.74/1983). Einnig eru til reglur um hvernig umgangast skuli asbest því enn er asbest að finna í eldri mannvirkjum. Þessar reglur komu fyrst út 1983 en hafa nú verið endurskoðaðar og heita nú reglur um asbest nr. 379/1996. Þeir einir mega vinna við asbest sem sótt hafa námskeið þar sem m.a. rétt vinnubrögð eru kennd.

#### *Isocyanat*

Margar röralagnir í jörðu t.d. fjarvarmalagnir eru einangraðar með *polyuretankvoðu*. Þegar kvoðan hitnar t.d. við suðu, myndast eitruð isocyanatgufa. Þessi gufa getur valdið blöðrum og exemi, en einnig krabbameini. Það er því ekki leyfilegt að brenna slíka einangrun. Ef nauðsynlegt er að sjóða eða skera, verður að hreinsa vandlega **alla** einangrun a.m.k. 250 mm hvorum megin við suðu- eða skurðarstaðinn.

HEIMILDIR:

*Arbetsmiljö vid svetsning*. Arbetarskyddsnämnden. ISBN 91-7522-195-0.

*Eigin reynsla*: Bengt Westin. Jan Jönsson.





**MMA**  
**Áfangi E 6**  
**E 6.1 verklegar æfingar**  
**E 6.2 bóklegt nám**



## E 6.1 Kynning Tími ca. 2 klst.

### Áfangi EWF-E6 rörasuða

Áfangi E6 eykur á verklega hæfni með því að nemandinn þjálfast í suðu röra í láréttri stöðu. Þeir hlutar sem á að sjóða í þessum áfanga eru í leiðbeiningunum.

Í lok áfangans á að taka próf í rörasuðu, í stöðu PF, ásamt skriflegu prófi.

Prófstykkinn fyrir EWF skírteinistöku er einnig hægt að nota til útgáfu skírteinis samkvæmt ÍST EN 287.

Þessum áfanga tilheyra einnig bóklegu kaflarnir:

**E6.2.1 Framleiðsla stálröra**

**E6.2.2 Suðuskeyti röra**

**E6.2.3 Yfirlit yfir suðuferli - II**

**E6.2.4 Uppbygging suðuvéla**

### Framleiðsla stálröra

Rör eru algeng vara sem notuð er á öllum hugsanlegum sviðum. Sívöl rör eru algengust, en einnig eru til rör (prófilar) sem eru ferningar eða réttthyrningar.

Nokkur dæmi um notkun röra sem byggingarefnis eru í stell reiðhjóla, vinnupalla, kappakstursbíla o.fl. Þau eru einnig notuð til að flytja efni í loftkenndu ástandi eins og súrefni, vinnuloft, gufu o.s.frv., fljótandi efni eins og olíu, vatn o.fl., ásamt föstum efnum eins og tréspæni, sorpi, mjöli, korni o.þ.h.

Rör eru einnig notuð við framleiðslu sívalra vélahluta eins og fóðringa leguhringja o.fl.

### Aðferðir við að framleiða rör

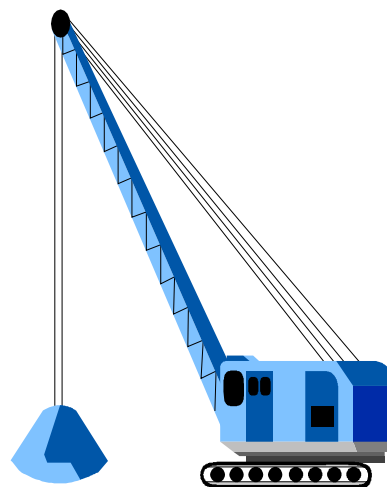
Rör eru framleidd á þrjá ólíka vegu:

- Steypt, en þá er fljótandi stáli tappað í mót og afurðin verður *steypujárnsrör*.

- Með holun, en þá er notuð sívöl stálstöng sem er huluð og síðan unnin frekar. Með holun fást *heildregin rör*.

- Með völsun, þar sem notaðir eru stálrenningar sem valsast í rörform sem síðan eru soðin saman. *Þannig fást soðin rör*.

Þar sem gæðakröfur eru miklar er oft kosið að nota heildregin rör. Soðin rör eru þó notuð við krefjandi aðstæður eins og t.d. í gufukötlum. Annað notkunarsvið er meðal annars í leiðslur fyrir vatn, gas, olíu og hitaveitu.



*Kranabómur eru meðal annars smíðaðar úr stálrörum....*



*... eins og leiðslur fyrir olíu, vatn, loft o.s.frv.*

## Suðuskeyti röra

Rörasuða og meðferð röra krefst sérstakrar tækni – ef borið er saman við plötusuðu eða suðu stangaefnis. Þetta á aðallega við um uppstillingu röraskeyta og skipulagningu suðuvinnunnar.

Meðal þeirra skilyrða sem eru fyrir því að gæði suðunnar verði sem best, er að endar röranna séu skornir hornrétt, að rörbrúin sé fösud (ef þörf er á því) og að rörin sem sjóða á saman séu rétt og vel punktuð áður en hafist er handa við suðuna.

Hægt er að efna niður rör með sögun, skurði eða með slípirokk og skurðarskífu.

## Uppstilling/festing

Ef endar röranna eiga að passa hvor á móti öðrum án misbrýningar verður að stilla nákvæmlega upp og festa vel. Rör af lakari gæðum eru ekki alltaf nákvæm á málum og getur þá þurft að jafna út misbrýningu.

Oftast eru notaðar rörasuðupvingur af einhverju tagi við þessa vinnu.

## Framleiðsla röra og beygja

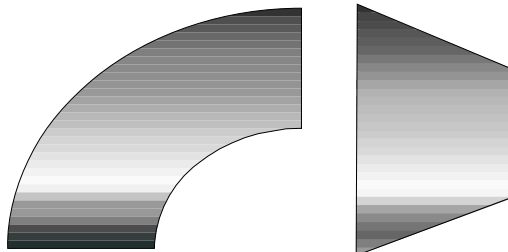
Suðuskeyti sem eru langsum á rörum eru soðin sjálfvirkt, jafnóðum og rörin eru völsuð. Sama á við um samsuðu á rörbeygjum og öðrum fittings.

Rörabeygjur með skörpu 90° horni má ekki nota í leiðslur fyrir olíu, gas, vatn eða þ.h.

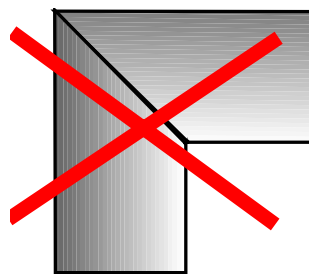
## Flangsar

Í flestum röralögnum eru flangsatengi. Þau geta verið mismunandi eftir efni og notkunarviði. Það geta verið suðuflangsar með eða án stúts, eða lausir flangsar, þar sem lítill kragi er soðinn á rörið.

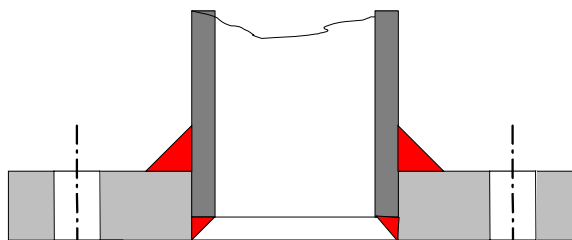
Lausir flangsar eru algengir á röralögnum úr ryðfríu stáli.



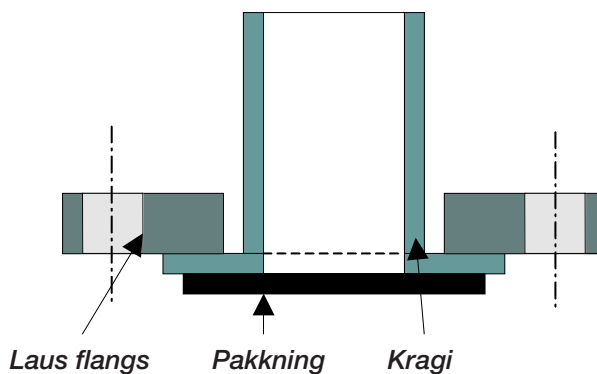
Beygjur og annar fittings er í dag framleitt í sjálfvirkum vélasamstæðum.



Þessa gerð af rörabeygju má ekki nota í olíuleiðslur.



Suðuflangsar án stúts, soðinn á rör.



Laus flangsar

Pakkning

Kragi

## Yfirlit yfir suðuferli – II

### Plasmasuða

Plasmasuða hefur þróast upp úr TIG-suðu. Inndregið rafskautið er af sömu gerð og fyrir TIG-suðu með jafnstraum, wolfram með 2% þóríumoxíð, og er tengt við mínuspól.

Plasmagasið er leitt inn í plasmahulsuna, þar sem rafskautið er að finna. Hulsan er vökvakæld.

Plasminn er jónuð gasblanda sem nær hitastigi sem fer yfir 20.000°C.

Plasmasuða er mest notuð við suðu á ryðfríu stáli og öðrum málum en stáli.

### Duftsuða (UP)

Duftsuða er notuð við suðu á grófu efni. Þetta er afkastamikil, vélræn suðuaðferð, sem notar 1 - 3 suðuþræði samtímis. Ljósboginn/-bogarnir brenna undir hlíf af fluxi (suðudufti) sem bráðnar næst ljósbognum og myndar gjall yfir suðunni. Duftið sem eftir verður er sogað upp í duftgeyminn og notað aftur.

Eins og áður sagði er duftsuða fyrst og fremst notuð við suðu á grófu efni.

### Einkenni straumgjafa

Við breytingar á lengd ljósbogans breytist bæði spennan,  $U$ , og straumurinn  $I$ .

Punktur A í grafinu sýnir kveikispennuna, þ.e. þegar vélin gengur án álags; kveikt er á henni en engin suða fer fram.

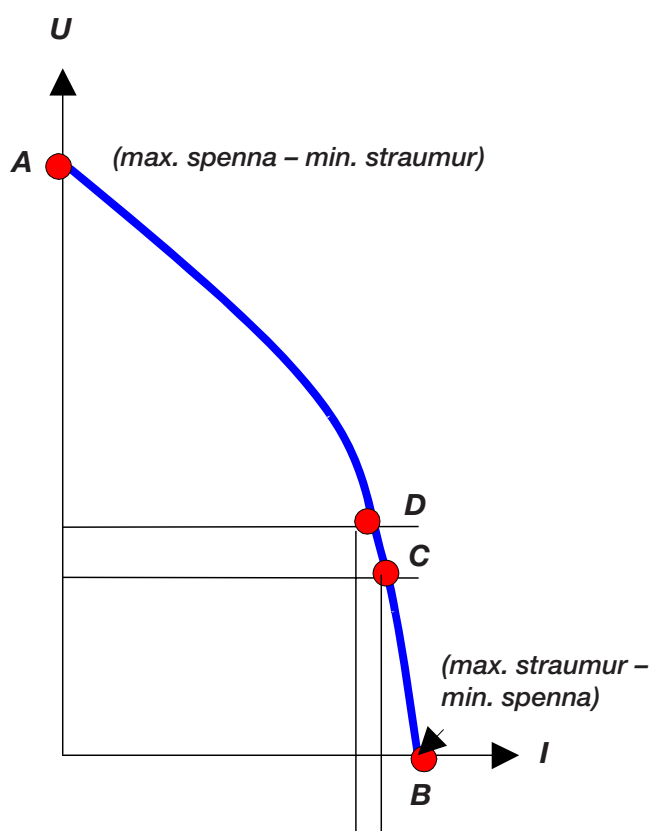
Punktur B sýnir skammhlaupsstrauminn, þ.e. þegar full leiðni hefur náðst á milli pinnans og vinnslustykkis. Straumurinn flæðir í gegnum pinnann að vinnslustykkinu án þess að nokkur ljósbogi logi. Engin suða fer fram; suðurásin er skammhleyp.

Við punkt C fer fram suða og hægt er að mæla vinnugildi á bæði straumi og spennu, þ.e. suðustraumi og suðuspennu.

Við lengingu ljósbogans færast vinnupunkturinn frá C í átt að D, og spennan eykst og straumurinn minnkar.

Breytingin á straumnum er þó ekki svo mikil við breytingar á ljósbogalengdinni þegar um er að ræða suðuvélar með fallandi álagseinkenni, en þessi gerð véla er öðrum betri til handstyrðrar pinnasuðu.

Ljósbogaspennan breytist einnig með ljósbogalengdinni. Aukin lengd ljósbogans veldur aukinni spennu og minnkuð lengd veldur fallandi spennu. Af rafeðlisfræðilegum ástæðum hefur ljósboginn ákveðna hámarks lengd sem hann getur náð áður en hann rofnar (slokknar).



## Verkleg æfing 2

Tími ca. 8 klst.

### Stúfsuða í V-rauf (E6P-2-1)

Áfangi E 6 byrjar með tveimur æfingum þar sem sjóða á í stöðunni PF, en plötur sem sjóða á saman, halla annars vegar fram og hins vegar aftur um 45°. Nota skal suðuferilslýsingu E6P-2-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálpötur  
6 x 200 x 300

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

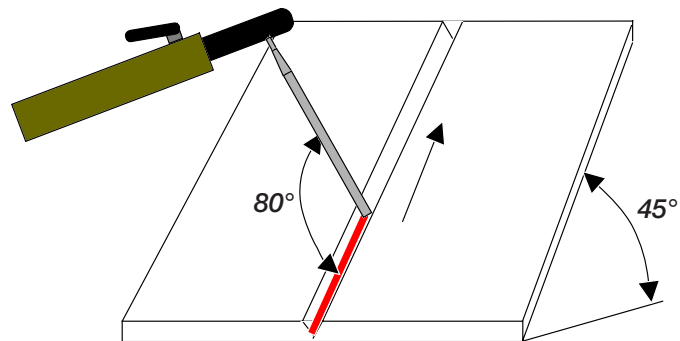
Staða: PF



### Framkvæmið:

Að sjóða plötur með 45° halla er lítið eitt auðveldara en að sjóða plötur sem standa lóðrétt. Punktið plötunar saman eins og áður og festið þær með 45° afturhalla eins og sýnt er á myndinni hér til hægri.

Sjóðið botnstrenginn. Hugið að pinnahallanum. Of mikill halli veldur því að endi suðupinnans bráðnar skakkt, sem hefur í för með sér stærri suðupoll, auk þess hefur pinninn meiri tilhneigingu til að festast. Sjóðið eftir suðuferilslýsingunni, gjallhreinsið og skoðið árangurinn.



## Verkleg æfing 3

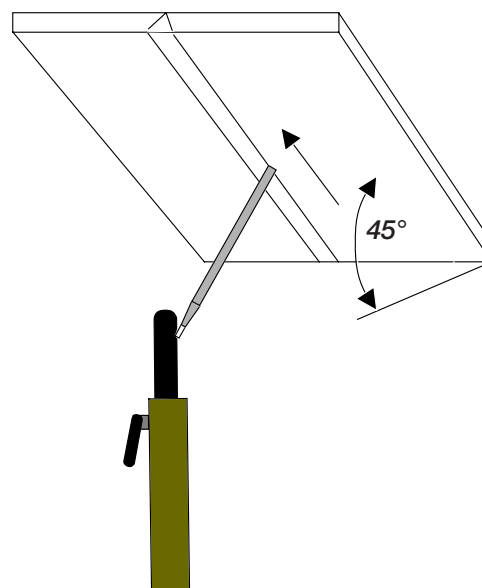
Tími ca. 8 klst.

### Stúfsuða í V-rauf (E6P-3-1)

Punktið saman tvær plötur til viðbótar, eins og í fyrri æfingunni, en hallið þeim nú fram á við um 45°, þannig að suðan verður skáhallt uppundir. Notið suðuferilslýsingu nr. E6P-3-1.

Sjóðið og skoðið árangurinn.

Báðar þessar æfingar eiga að nokkru leyti að líkja eftir því hvernig er að sjóða rör í stöðunni H-L045, þ.e. fast rör með 45° halla.



## Verkleg æfing 4

Tími ca. 40 klst.

### Stúfsuða í V-rauf (E6P-4-1)

Nú er komið að því að sjóða rör. Fyrsta æfingin er gerð í stöðu PF, eða eins og stundum er sagt, fast lárétt rör, soðið lóðrétt stígandi. Notið suðuferilslýsingu nr. E6P-4-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör  
8 x Ø 168

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



#### Framkvæmið:

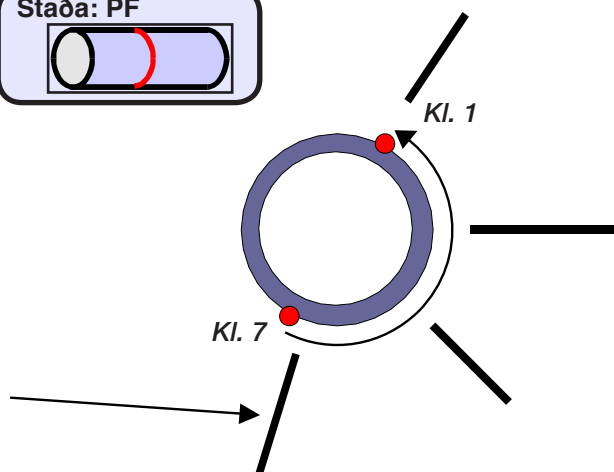
Skerið rörin í rörskurðarvél eða sagið/logskerið og rennið síðan endana.

Punktið rörin saman. Varist misbrýningu og notið gjarnan röraþvingu ef þess þarf.

Byrjið suðuna um kl. 7 og sjóðið til kl. 6 upp í áttina að kl. 1.

Halli pinnans á allan tímann að fylgja útlínu rörsins og vísa u.þ.b. að miðju þess. Slípið við pinnaskiptin eins og sýnt hefur verið í fyrri æfingum.

Þegar botnstrengurinn hefur verið soðinn öðrum megin er haldið áfram með botnstreng hinum megin frá. Gætið að þar sem strengirnir mætast kl.1, slípið niður suðuna, eins þarf að slípa kl.7 þar sem byrjað er aftur þannig að báðir endar verði þunnir og auðvelt að bræða



þá saman.

Þegar allur botnstrengurinn er tilbúinn er haldið áfram með hina strengina. Streng 2 þarf að pendla lítilsháttar, en strengir 3 og 4 eru soðnir með óverulegri eða engri pendlun.

## Verkleg æfing 5

Tími ca. 40 klst.

### Stúfsuða í V-rauf (E6P-5-1)

E6P-5-1.

Önnur æfingin í rörasuðu er líka gerð í stöðu PF, en þó í minna rör úr þynnra efni. Notið suðuferilslýsingu nr.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör  
5,5 x Ø 89

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



Æfingin er eins og sú fyrri, nema að strengirnir eru aðeins tveir: botnstrengur og yfirstrengur.

Hafið í huga að það er erfiðara að skipuleggja suðu eftir því sem strengjunum fækkar.

Ranglega áætlaðar strengjalengdir og suðuþykktir er erfitt að lagfæra eftir á.



## Verkleg æfing 6

Tími ca. 8 klst.

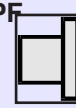
## Rör við flangs (E6P-6-1)

Rörið í þessari æfingu er sömu gerðar og í þeirri síðustu en nú er það soðið við flangs, og enn í stöðunni PF. Notið suðuferilslýsingu nr. E6P-6-1.

**GRUNNEFNI:**  
1 st stálrör 5,5 x Ø 89  
1 st flangs 10 x 180 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF



## Framkvæmið:

Skerið flangsa úr 10 mm plötu með Ø 95 mm gati og Ø 180 mm að utanmáli (sjá mynd).

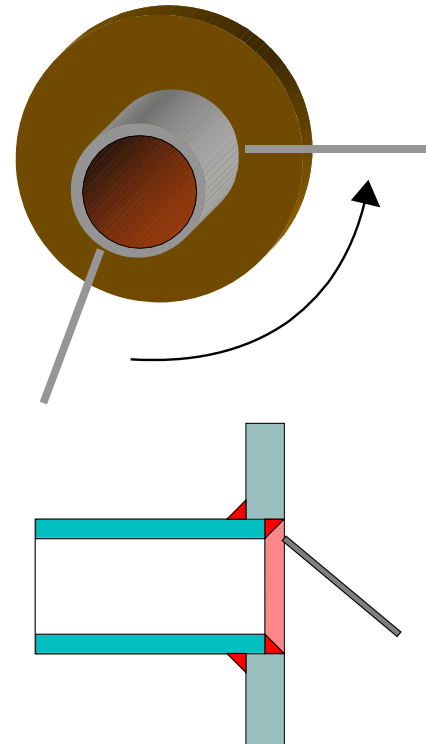
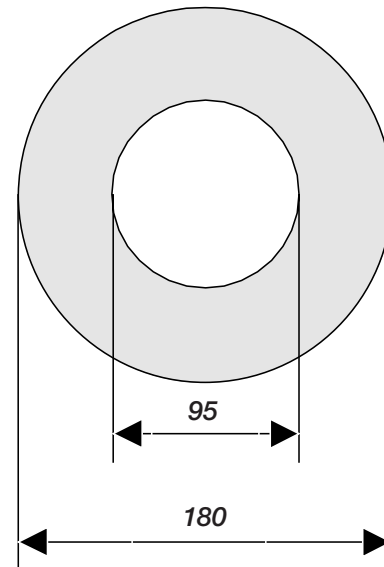
Gjallhreinsið og slípið niður ójöfnur. Athugið að rörið passi í gatið.

Slípið flangsinn að innanverðu með t.d. beinni slípivél til að fjarlægja ójöfnur þar.

Punktið rörið við flangsinn. Punktunina má framkvæma í PB-stöðu.

Festið vinnslustykkið í stöðu PF. Byrjið suðuna kl. 7, sjóðið yfir til kl. 6 og upp í átt að kl. 1. Ljúkið botnstrengnum. Gjallhreinsið og mælið amálið.

Sjóðið að innanverðu. Athugið að hér á að nota suðupinna sem eru Ø 2,0 mm.



Nú er komið að prófi  
E 6.3!

## E6.2.1 Framleiðsla stálröra (M5.2.1, T5.2.1, G5.2.1)

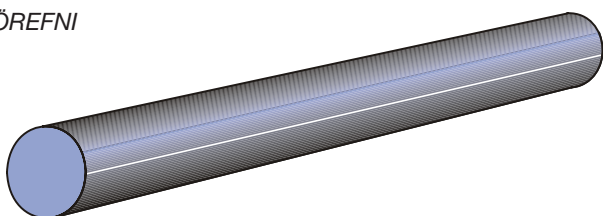
### Upprifjun:

### Framleiðsla stáls o.s.frv.

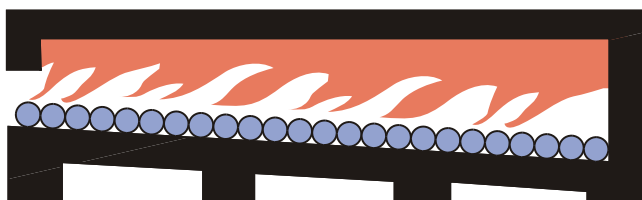
(Sjá E3.2.2)

Rör eru algengt smíðaeefni sem er notað til fjölda-  
margra verkefna. Algengust eru sívöl rör, sem líkjast  
byggingarformum náttúrunnar, t.d. strá með sinn mikla  
styrk miðað við lengdina. Skýringin á styrk rörsins  
liggur í því að þrýstingurinn dreifist jafnt á hringinn,  
jafnframt býður rörformið upp á mesta mögulega  
flutningagetu.

RÖREFNI



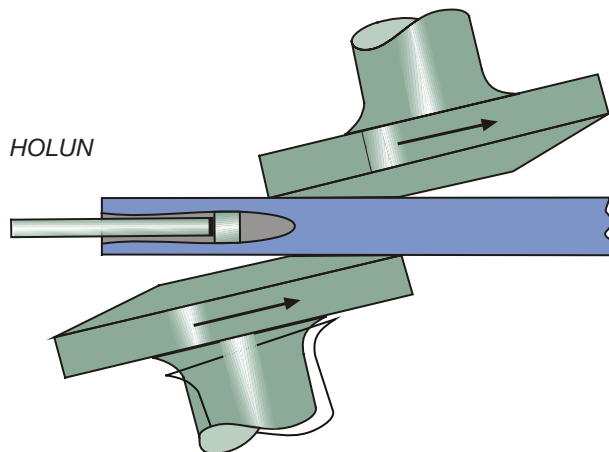
UPPHITUN



Nokkur dæmi um fjölþætta notkun röra:

- Sem *smíðaeefni*:
  - Þar sem lágmarks þyngd og hámarks styrkur  
þurfa að fara saman eins og í reiðhjólum,  
vinnupöllum, kappakstursbílum o.s.frv.
- Sem *leiðsluefni*
  - Fyrir loftkennd efni eins og súrefni, gas, gufu  
o.þfl. – fljótandi efni eins og olú, vatn o.fl.
  - föst efni eins og trjáspæni, sorp, korn o.fl.
- Fyrir *vélavinnslu*
  - til framleiðslu í sívölum vélahlutum eins og  
fóðringum og legum ofl.

HOLUN



### Aðferðir við stálröraframleiðslu

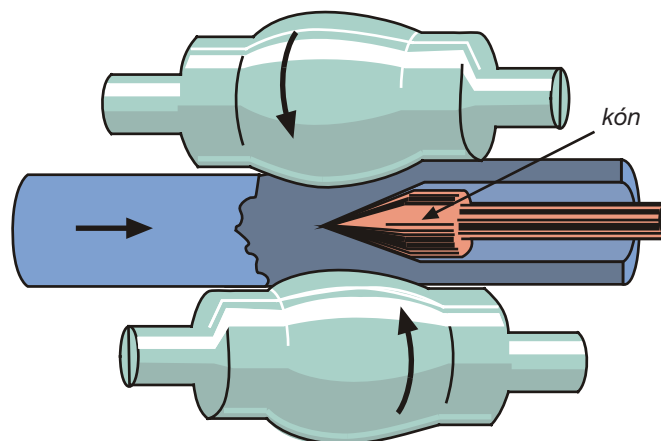
Rör eru framleidd á þrjá ólíka vegu:

1. Rörsteypa er framleiðsluáferð þar sem  
fljótandi stáli er hellt í rormót. Afurðin verður  
„steypujárnör“.
2. Holun er aðferð þar sem hráefnið er sívöl  
stálstöng, sem er holað og síðan eftirunnin. Með  
þessari aðferð verða engin samskeyti langsum eftir  
rörinu, afurðin verður *heildregið rör*. Við holunina  
er hægt að nota mismunandi aðferðir sem allar  
byggja á því að efnið er fyrst hitað upp í háan hita,  
og síðan holað, sjá mynd til hægri.

### Holun með völsun

Holun er líka hægt að framkvæma með völsun. Það  
kann að virðast skrítið þegar hugsað er til þess að  
völsun gengur yfirleitt út á að þrýsta saman.

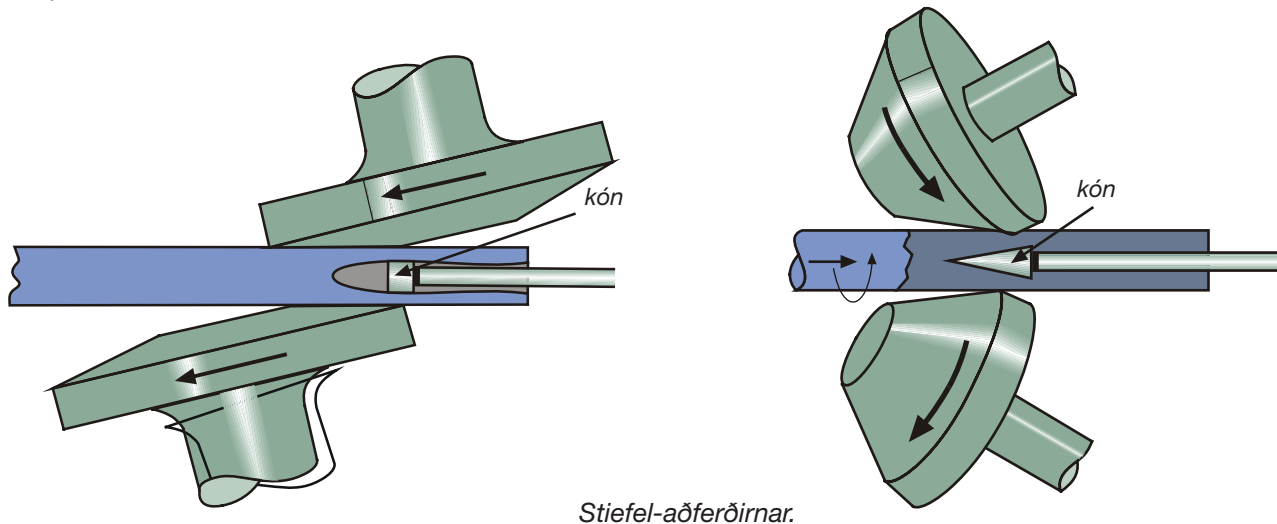
**Mannesmann-** og báðar **Stiefel-**aðferðirnar virka á  
svipaðan hátt. Heit gegnheil stálstöngin er látin hnoðast  
með því að snúast á milli valsa, sem báðir snúast í sömu  
átt.



Mannesmannaáferðin.

Efnið liggur á milli valsanna sem þriðji vals. Valsarnir eru þannig gerðir að efnið þrýstist fram um leið og það snýst. Hnoðunin, sem gerir efnið á vissu stigi sporöskjulagað, veldur þenslu á yfirborðinu og jafnframt myndast holrými í miðju efnisins. Hitamismunur innst og yst í efninu hjálpar líka til holmyndunarinnar.

Holrýmið sem myndast er þó bæði þröngt og ójafnt. Þessvegna er notaður stautur, festur á stöng, sem víkkar og jafnar gatið. Efninu er þrýst fram yfir dórinn. Sjá dæmi um aðferðir á myndunum.



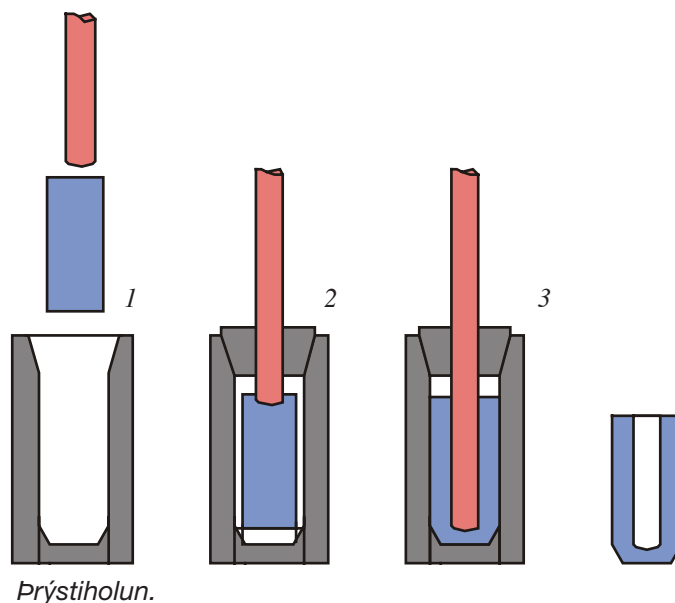
## Þrýstiholun

Ein aðferð er þrýstiholun sem kölluð er Erhardts-aðferð eftir manninum sem fann hana upp.

Ferkantað gegnheilt efni, sem hefur verið rækilega hitað er sett í sívalt form. Visst tómarúm verður milli mótis og efnis. Síðan er sívalri stöng, dór, þrýst í gegnum alla, eða nærri alla lengd efnisins. Um leið og dórinn gerir sívalt gat í gegnum efnið, þrýstir hann stálinu út að sívölum hliðum mótisins.

## Heitvinnsla röra

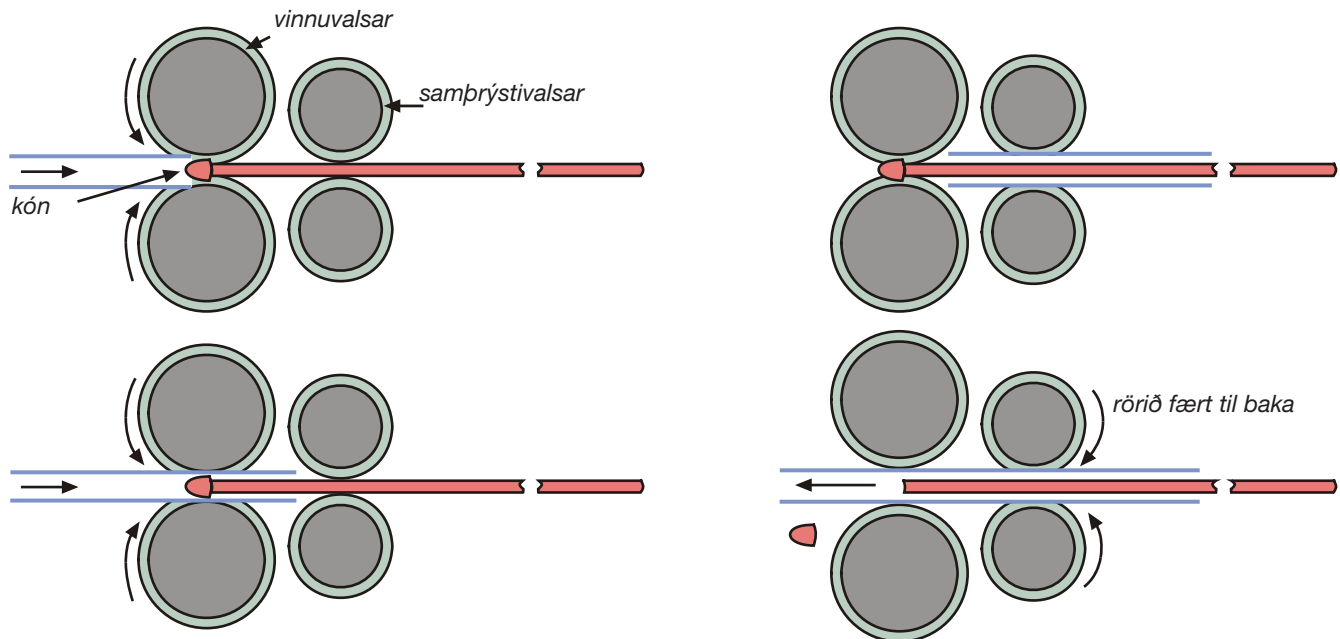
Það verður að heitvinna hið holaða efni til þess að fá rör með eðlilegum veggþykktum. Ýmsar aðferðir eru notaðar, en þær hafa það sameiginlegt að innmál rörsins ræðst af *staut* eða *dór* sem veggir rörsins mótast utanum. Orðin stautur og dór hafa ekki alltaf sömu merkingu í öllum stálverum. Hér er með staut átt við stutt sívalt skeyti eða stans og með dór við langa jafnsvera stöng.



## Röraframleiðsla með völsun og suðu plöturenninga

Með þriðju aðferðinni eru gerð rör með samskeytum. Til framleiðslunnar eru notaðir stálrenningar, sem valsast í rör. Samskeytin eru síðan yfirleitt soðin.

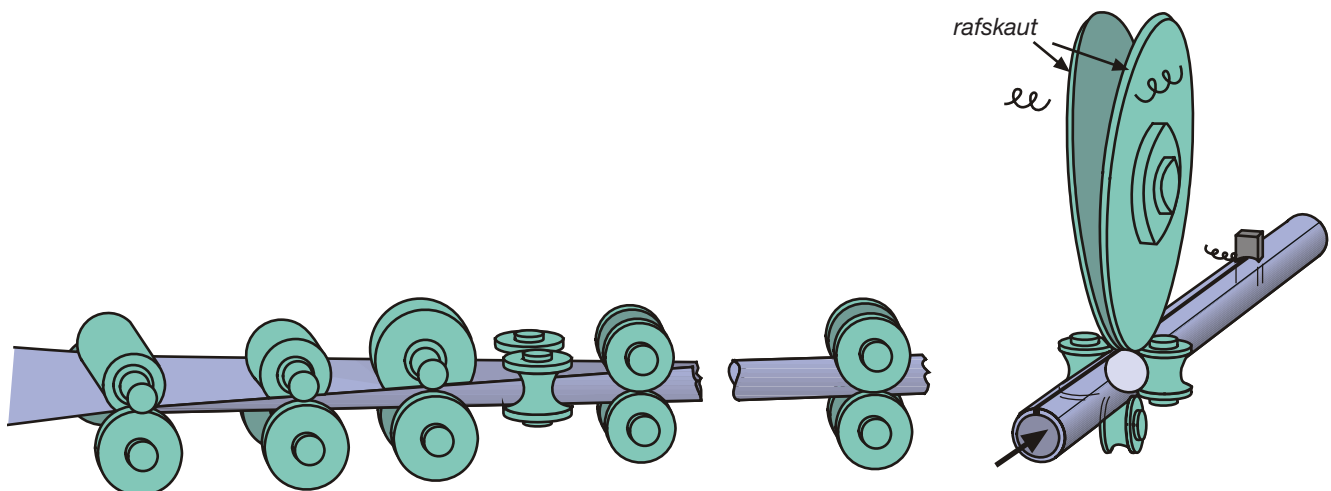
Með suðu er hægt að framleiða rör sem eru mjög



Völsun yfir staut.

grönn. Rör með stóru þvermáli og lítilli efnisþykkt er líka heppilegt að sjóða saman. Þá er notuð spíralsuða. Þegar gæðakröfur eru miklar eru helst notuð heildregin

rör. Soðin rör eru notuð t.d. í gufuhitatúpur og víðar þar sem álag er mikið. Önnur notkunarsvið eru vatns-, gas-, olú- og hitaveitulagnir.



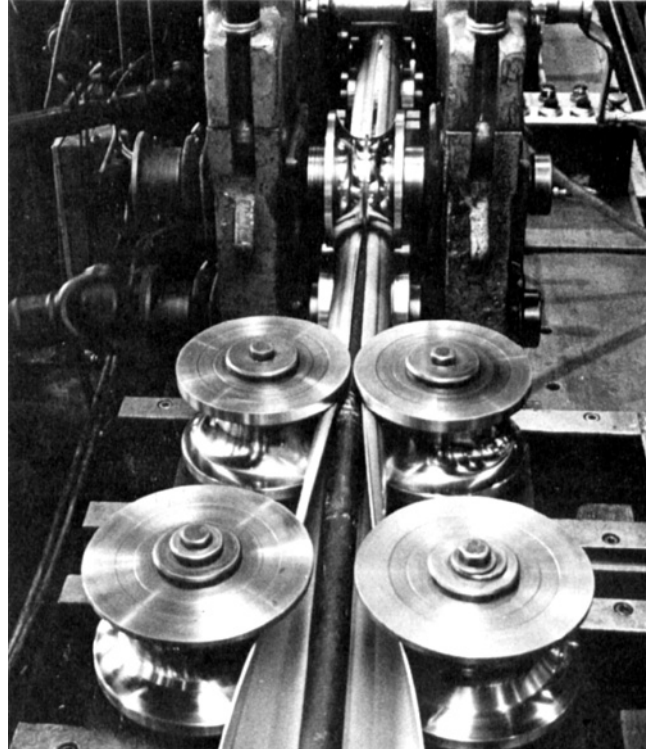
Röraframleiðsla með völsun og suðu.

## Rör með beinni suðu

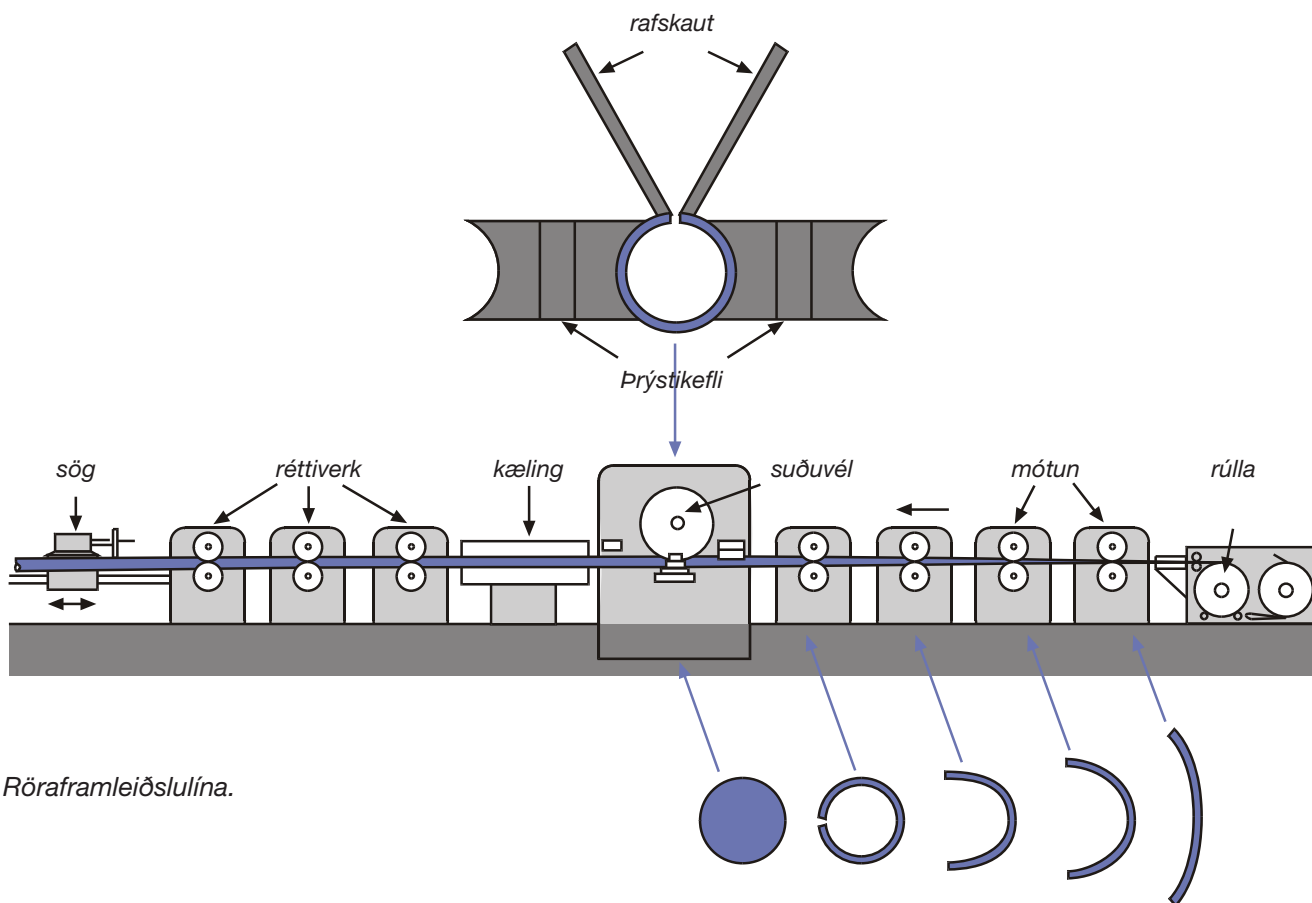
Hráefnið til framleiðslunnar er oftast kaldvalsaðir stálrenningar. Í grófari rör er hugsanlega notað heitvalsað efni. Eftir sýruþvott er efnið klippt í rétta breidd. Það er síðan mótað í völsunarsamstæðu þannig að rör myndast. Aðeins þröng rauf verður opin á milli kantanna. Samsuðan er framkvæmd þannig að rafstraumi með lágri spennu og háum straumi er hleypt yfir samskeytin.

Straumurinn er færður að skeytunum með tveimur hjóllaga rafskautum. Þar sem raufinni er þrýst saman af keflum, getur straumurinn hlaupið yfir og hitað efnið að bræðimörkum. Kantarnir sjóðast saman. Sú upphækkun, kúfur, sem myndast, er hefluð burt. Rörið er kælt niður og fer síðan í gegnum kvörðunar og réttingarverk. Þar er utanmál rörsins stillt af og það rétt.

Að síðustu er rörið sagað með „fljúgandi sög“. Nafnið er þannig tilkomið að sögin færir með rörinu með sama hraða og það fer í gegnum völsunarverkið. Framleiðslulína af þessu tagi er oftast alsjálfvirk. Framleiðsluhraðinn er mikill, 8-40 metrar af rörum á mínútu.



Framleiðsla ryðfrírra röra.

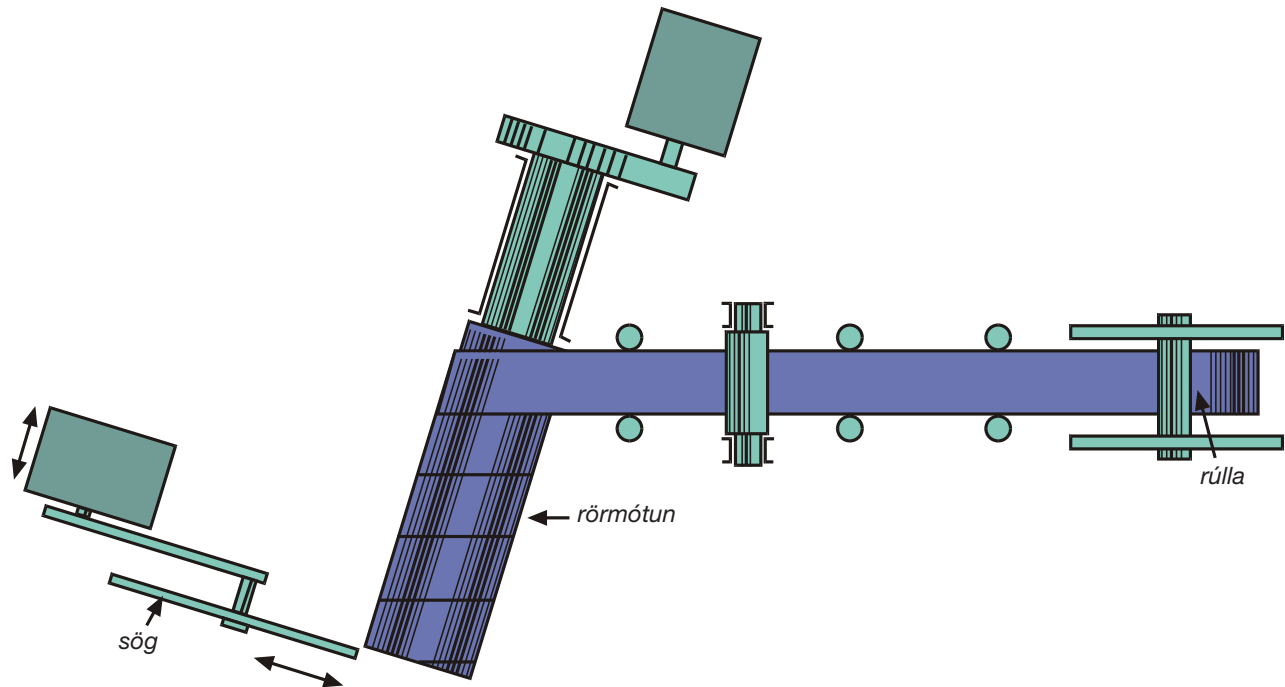


Röraframleiðslulína.

## Spíralsoðin rör

Spíralsoðin rör eru mótuð þannig að renningi er vafið utanum kefli. Við vafninginn myndast spírallaga skeyti sem síðan eru soðin. Með þessari aðferð er hægt að framleiða mörg mismunandi þvermál röra með einni breidd renninga. Þar með minnkar stillikostnaður og hagkvæmni eykst. Einnig er hægt að vefja þannig að kantarnir skarist hver yfir annan. Annar valmöguleiki

er að læsa saman köntunum. Þá eru samskeytin fest saman án þess að nokkur suða komi að framleiðslunni. Það eru til fleiri aðferðir til röraframleiðslu eins og strengpressun, minnkunarvölsun og kalddráttur röra.



Spíralsuða.

Læst „spíró“ rör eru í dag sjáanleg í flestum loftræstikerfum

## Stærðarúrrval og efnisþykktir röra

Rör eru yfirleitt framleidd í stöðluðum stærðum hvað varðar þvermál og efnisþykktir. Lengdir geta verið breytilegar eftir framleiðsluaðferð. Algengasta lengdin er 6 metrar.

### Dæmi um rör til notkunar í orkuverum

- Kaldregin varmaskiptarör
- Heildregin og soðin þrýstikútarör samkvæmt sænskum, þýskum, enskum og amerískum viðmiðunum
- Hitaveiturör

## Meðferðartækni fyrir rör

### Rörabeygjur (-fittings)

Í dag eru mest notaðar tilbúnar beygjur við röralagnavinnu, t.d. í hitaveitulögnum, við byggingu olúhreinsunarstöðva, efnaverksmiðja o.s.frv.

Beygjurnar eru kaldbeygðar í rörabeygjuvél sem skilar nær alveg sívölum beygjum.

Það eru til fyrirtæki sem framleiða eigin beygjur. Dæmi um slíkt eru framleiðendur kynditækja sem gera beygjur sem passa við þeirra framleiðslu. Það sparar efni og fækkar suðuskeytum.

Við kaldbeygingu röra eru oftast notaðar vökvaknúnar beygjuvélar.

Önnur aðferð er spanbeyging, sjá mynd t.h.

- Með spanbeygingu er hægt að fá beygjur sem uppfylla ströngustu kröfur sem settar eru í sambandi við lögun og þynningu efnis í rörabeygjum fyrir kjarnorkuiðnað og hitaorkuver.
- Beygjuradíusinn getur verið nánast hver sem er. Með hæfilegri efnisþykkt er hægt að gera beygjur með radíus sem er jafn tvöföldu utanmáli rörsins.
- Yfirborðsaferð beygjanna er a.m.k. jafngóð og við kaldbeygingu og hvað varðar kornauppbyggingu og álagsþol efnis, eru gæðin við spanbeygingu mun betri. Gildi hörku og höggþols eru innan þeirra marka sem sett eru af leiðandi enskum og amerískum eftirlitsstofnunum.
- Hvort sem efnisþykktin er 2 mm eða 80 mm eru rörin jafn auðveld í vinnslu, þar sem aðeins þarf að stilla tíðnirafalinn þannig að orkuskil hans hæfi þeirri rafmótstöðu sem fæst af massa rörsins.
- Þar sem hægt er að beygja margar og ólíkar beygjur á sama rör, er hægt að fá fram flóknar rörahannanir án suðusamskeyta.
- Þar sem hver beygja er hluti af rörinu hverfa þau tvö suðuskeyti sem verða að vera ef venjuleg suðubeygja er notuð. Tilbúið rör fær þess vegna jöfnustu mögulega álagsþols- og efniseiginleika.



Spanbeyging Super Duplex-röra. Stærð Ø 426 x 82.

- Það er hægt að spanbeygja rör með utanmál allt frá 50 mm og upp í 750 mm.
- Bitaeefni, ferkantör, gegnheilt stangaefni o.s.frv. er einnig vel hægt að spanbeygja.
- Efni sem á að spanbeygja þarf aðeins að uppfylla tvö skilyrði:
  1. Það verður að leiða rafmagn.
  2. Það má ekki hafa tilhneigingu til þess að springa eða missa eiginleika sína við vinnsluhitastigið.

Spanbeygingaraðferðin var fyrst þróuð fyrir enska herinn. Aferðin byggir á byltingarkenndri kenningu, og hefur sýnt sig og sannað í verki. Aðferðin hefur reynst hafa marga ótvíræða kosti á öllum sviðum iðnaðar.

Beygingaraðferðin byggir á efnisupphitun með hvirfilstraumum sem spanast upp með breytilegu rafsegulsviði. Aðferðin er að mestu vélræn og tölvu-stýrð og mjög nákvæm.

Það þarf engin aðhöld innan í eða sandfyllingu og engin ytri mót og málnákvæmni rörsins skiptir ekki máli þar sem spanspólan snertir aldrei rörið. Langs- eða spíralsoðin rör eru beygð á sama hátt og heildregin.

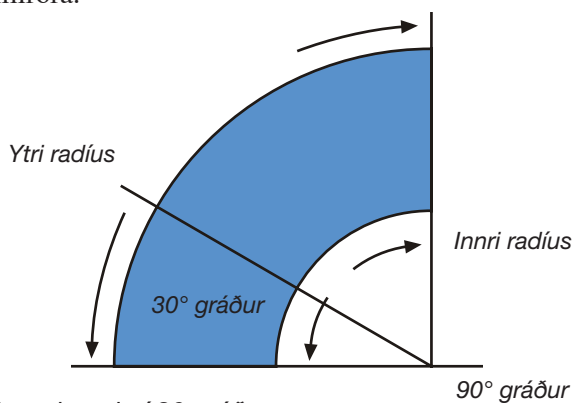
Aðferðin hentar sérstaklega vel fyrir rör með óvenjulegri efnisþykkt eða radíus, t.d. olíuflæðileiðslur og ýmsar lagnir í efnaiðnaði.



Spanbeygð rör úr 15Mo3 efni, stærð Ø 610 x 36 mm.

## Að saga beygjur

Við uppsetningu röra kemur fyrir að það þarf að saga beygjur í ákveðinn gráðufjölda. Hér eru nokkur einföld reiknidæmi um beygjusögun og um útreikning lengdar milliröra.



Sögun beygju í 30 gráður

$$\text{Ytri radíus} = \frac{249}{90} = 2,77 \text{ mm}$$

$$\text{Innri radíus} = \frac{107}{90} = 1,19 \text{ mm}$$

Þá verða 30 gráður:

$$\text{Ytri skurðarlengd} = 30 \times 2,77 = 83 \text{ mm}$$

$$\text{Innri skurðarlengd} = 30 \times 1,19 = 36 \text{ mm}$$

## Útreikningur milliröra

### Reikniaðferð

- 90 gráðu beygja er söguð í tvær 45 gráðu hálfbeygjur. Snúið annarri í 180 gráður og mælið færslumálið c/c, sjá mynd 1. fyrir neðan.
- Mælið bilið á milli röranna sem eru fyrir, sjá mynd 2. fyrir neðan.
- Lesið reiknistuðul fyrir umræddan gráðufjölda úr töflunni, sjá næstu síðu, margfalðið með honum málið sem mælt var í lið 2.

### Dæmi:

1. Færslumál c/c 50 mm

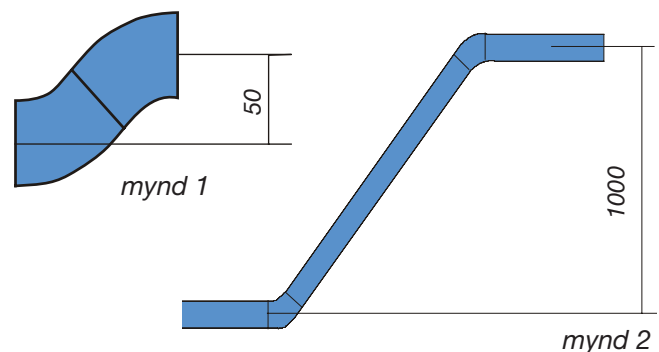
2. c/c 1000 mm

3.  $45^\circ \Rightarrow$  reiknistuðull = 1,41

Millirörlengd:

$$1,41 \times (1000 - 50) = 1339 \text{ mm.}$$

### TAFLA YFIR REIKNISTUÐLA





| Horn (gráður) | Margfeldi | Horn (gráður) | Margfeldi |
|---------------|-----------|---------------|-----------|
| 5             | 11,47     | 50            | 1,31      |
| 10            | 5,76      | 55            | 1,22      |
| 15            | 3,86      | 60            | 1,15      |
| 20            | 2,96      | 65            | 1,10      |
| 25            | 2,36      | 70            | 1,06      |
| 30            | 2,00      | 75            | 1,04      |
| 35            | 1,75      | 80            | 1,02      |
| 40            | 1,56      | 85            | 1,004     |
| 45            | 1,41      | 90            | 1,000     |

Fyrir önnur horn ( $0 < \text{horn} < 90^\circ$ ) fæst reikni-  
stuðullinn =  $1 / \sinus \text{ hornsins}$ .

## Forframleiðsla rörlagnaefnis

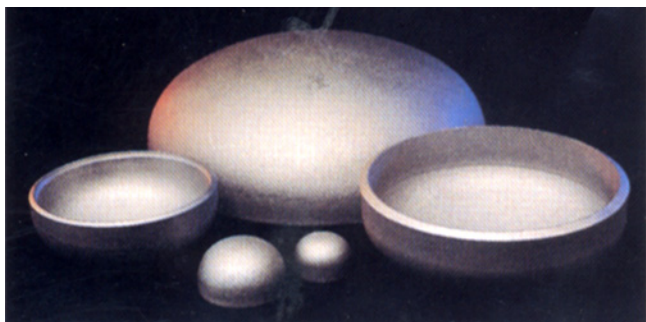
Lagnaefni er í dag nær undantekningarlaust keypt tilbúið. Það á við um beygjur, minnkanir, T-stykki, söðla með grein og kúpta botna. Kostirnir við að nota tilbúna hluti eru ótvíræðir; styttri samsetningar-tími, aukin gæði og lægri kostnaður.



T-stykki, sum með pressaðri trekt.



Pressaðar minnkanir. Fást líka ósammiðja.



Kúptir botnar.



Söðlar eru til með grein allt upp í 500 mm.

### HEIMILDIR:

Stál – Järnbruksförbundet. Calor Industri. Eigin reynsla – Jan Jönsson

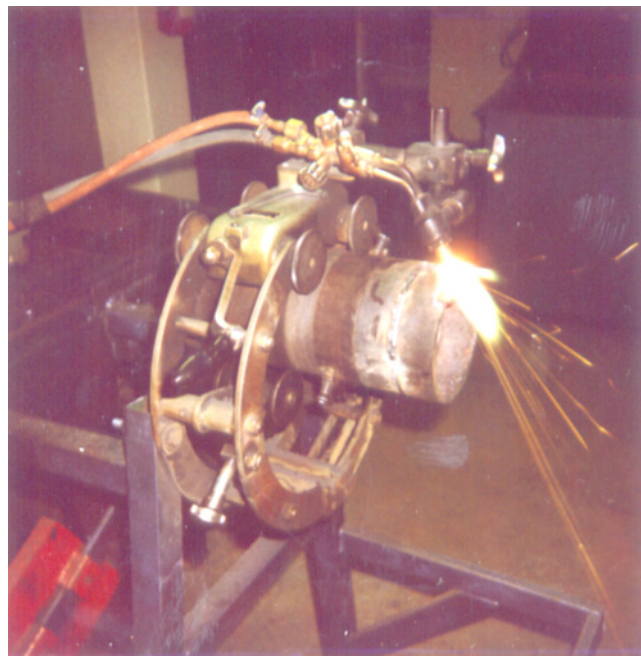
## E6.2.2 Suðuskeyti röra (M5.2.2, T5.2.2, G3.2.3)

### Stúfsuðuskeyti í rör: eftir lengdarás eða þvert á, gerð soðinna beygja úr röri

Rörasuða og meðferð röra krefst sérstakrar tækni ef borið er saman við vinnu með plötu- eða stangaefni. Þetta á öðru fremur við um uppstillingu og festingu röraskeytanna og skipulag suðunnar.

### Forvinna við rörasuðu

Skilyrði þess að gæði suðunnar verði bestu mögulegu, er að endar röranna séu skornir vinkilrétt, að fúgan sé fösud (ef þörf er á því) og að rörendarnir séu vel festir áður en byrjað er að sjóða.



Rörskurðarvél fyrir gas.

### Skurður

Rör er hægt að saga, skera með gasi, plasma eða með skurðarskífu í slípirokk. (Sjá kafla E 2.2.3.)

### Fösun

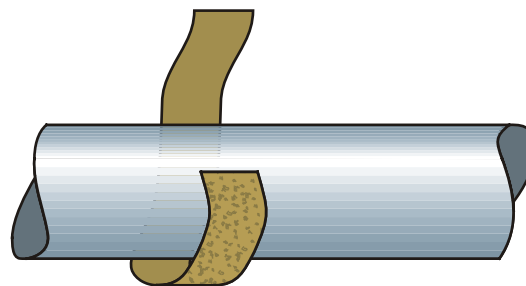
Rör er hægt að fasa í rennibekk, með slípirokk eða með rörskurðarvél sem bæði sagar og fasar rörið í einni aðgerð. Slíkar vélar eru til fyrir flest minni rör.

Rörskurðarvél fyrir gas getur í mörgum tilfellum hentað vel fyrir rör úr óblönduðu og lítt blönduðu stáli. Slík vél getur skorið og fasað í einu. Gallinn er sá að vélin tekur allnokkuð pláss og í notkun er af henni töluvert neistaflug.

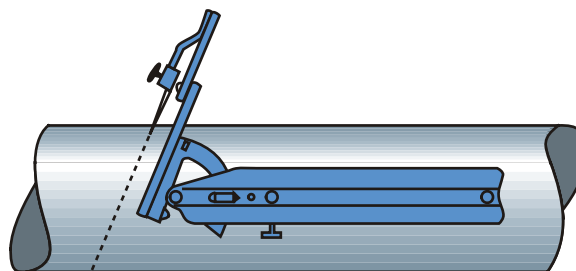
Að skera „fríhendis“ á best við þegar taka þarf göt fyrir greinar eða lúgur fyrir lúgusuðu, einnig ef skera þarf til rör eða beygjur.

Til þess að fá beinan og vinkilréttan skurð er notaður borði af einhverju tagi (slípiband hentar vel). Borðanum er vafið um rörið og hann stilltur af. Síðan er merkt meðfram borðanum, t.d. með krít.

S.k. Contour Marker er hægt að nota til merkingar bæði í 90° og í önnur horn. Að auki er hægt að nota tækið við að merkja fyrir greinum o.þ.h.



Merking með borða.



Contour Marker.

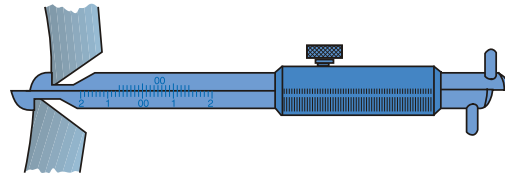
## Festing

Svo rörendarnir passi hver á móti öðrum án misbrýningar verður að festa þá vel. Ódýr rör geta verið misjöfn að þvermáli og þá er best að jafna misbrýninguna út allan hringinn.

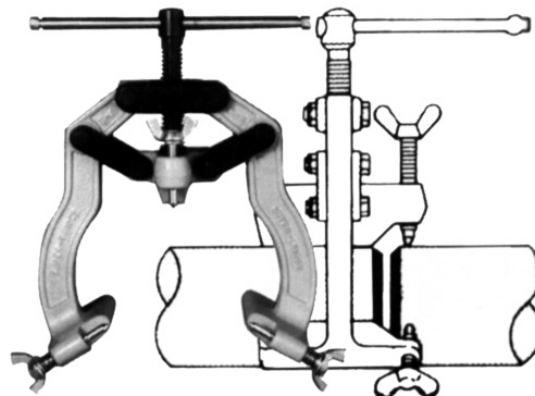
Misbrýningu er hægt að mæla með sérstökum mælum.

Festing með klöfum er aðferð sem er mest notuð á gróf rör. Aðferðin krefst nokkurrar for- og eftirvinnu. Rörin eru lögð í t.d. U- eða H-bita og klafarnir soðnir á annað rörið. Stillingin er síðan gerð með skrúfum eða fleygum.

Það verður að muna að klafarnir mega ekki skilja eftir sig nokkur merki. Þegar klafarnir eru fjarlægðir er best að marka í suðuna með meitli eða skurðarskífú. Þá er hægt að brjóta klafann af og slípa burt það sem eftir er af suðunni. Sár á rörinu verður að fylla með suðu og slípa slétt.



Mælitæki til að mæla misbrýningu röra.



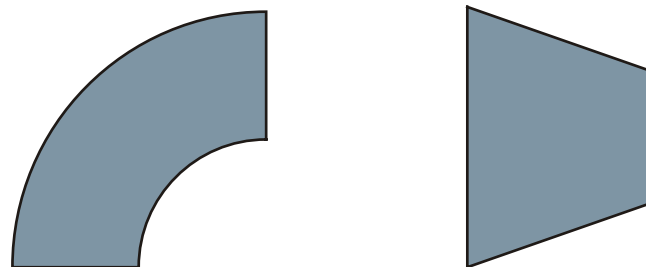
Röraklemma af gerðinni Hajo Super Bridge.

## Rörasuðuklemmur

Mest eru notaðar rörasuðuklemmur af einhverju tagi við röravinnu. Til eru nokkrar gerðir af klemmum sem eru mjög góðar og gefa möguleika á að stilla nákvæmt upp og festa vel. Klemman er fest á annað rörið og hitt stillt á móti því með stilliskrúfunum, sem jafnframt festa það.

Fyrir ryðfrítt efni eru til sérstakar klemmur sem einnig eru úr ryðfríu stáli.

Jafnvel eru til sérstök festiverkfæri fyrir beygjur, trektar og flangsa. Það sem ræður valinu er m.a. suðuáferð, rörastærð, þyngd og gæðakröfur sem settar eru.

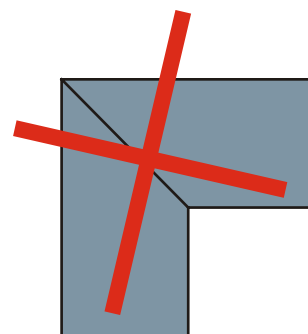


Beygjur og minnkanir eru framleiddar alsjálfvirkt.

## Framleiðsla á rörum og beygjum

Lengdarskeyti á rörum eru soðin í sjálfvirkum vélum (sjá kafla E 6.2.1). Það á líka við um trektar og beygjur, sem með nokkrum undantekningum eru framleiddar alsjálfvirkt.

Hvað varðar beygjur með 90° horni (sjá mynd t.h.) má ekki nota þær í lagnir fyrir olíu, gas, vatn o.s.frv.



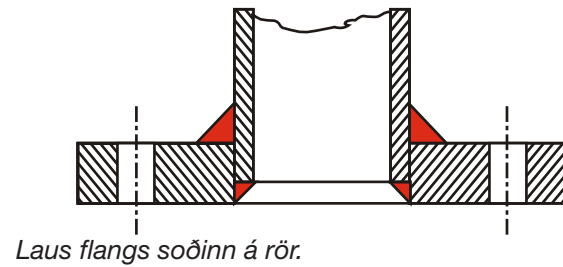
Slíkar beygjur má ekki nota t.d. fyrir olíu.

## Skeyti milli rörs og flangs

Í flestum röralögnum koma fyrir flangsatengi. Þau geta verið af ýmsum gerðum, allt eftir efni og notkunarviði. Hér verða kynntar nokkrar gerðir.

### Suðufangsar án stúts

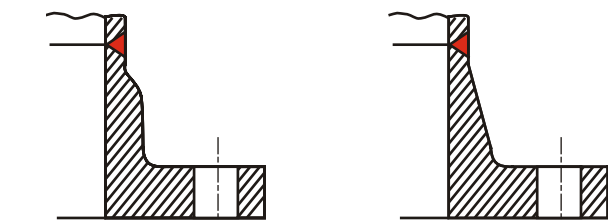
Þetta skeyti felur í sér lausan flangs sem er soðinn beint á rörið, að innan og utanverðu, eða þar sem kröfur eru litlar, bara að utanverðu.



Laus flangs soðinn á rör.

### Suðufangsar með stút

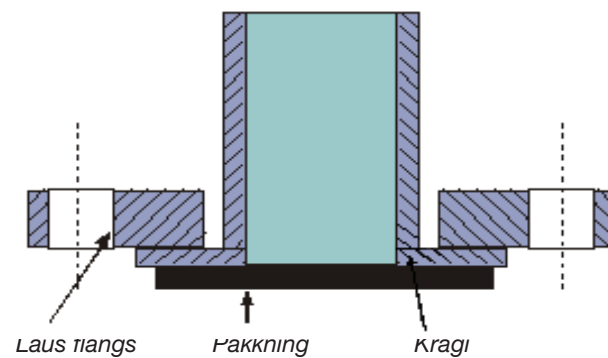
Stútar á flöngsum geta verið misjafnir að lögun. Þeir geta t.d. verið jafnþykkir eða kónískir.



Flangs með jafnþykkum stút t.v. og kónískum t.h.

### Lausir flangsar

Lausir flangsar með tilbúnum krögum eru algengir við rötatengingar úr ryðfríu stáli. Kraginn er soðinn á rörið með flangsinn þræddan uppá. Eftir suðuna eru flangsarnir skrúfaðir saman með þakningu á milli. Athugið að það er auðvelt að skekkja lausflangsa.



Laus flangs

Þakning

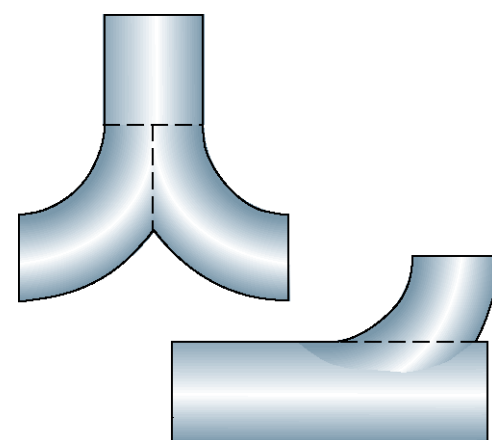
Kragi

## Röragreiningar

Í röralagnavinnu kemur fyrir að gera þarf greiningar. Algengast er að það sé gert úr rorbeygjum, til þess að fá mjúkar greiningar. Með því að skera tvær beygjur á réttan hátt er t.d. hægt að gera „buxur“.

Önnur gerð er grein frá stofni. Þá er greinin oftast grenni að þvermáli en stofnrörið.

Á greinibeygjunni er meirihluti annars endans skorinn af, samhliða hinum endanum.



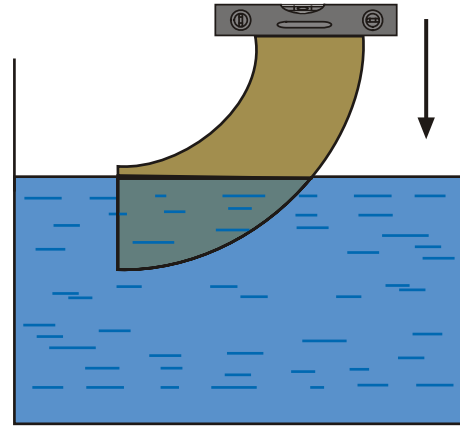
Ólíkar gerðir röragreininga.

## Gerð greinar úr beygju

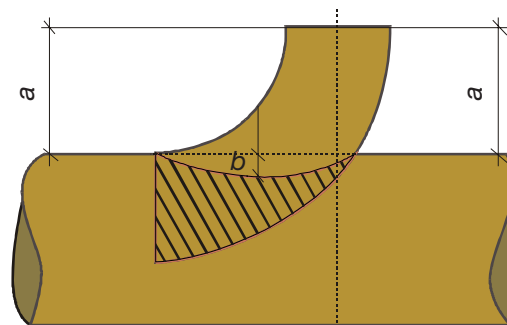
Á stofnrör sem er  $\varnothing 114,3$  mm á að setja mjúka greiningu sem er  $\varnothing 60,3$  mm.

Ef ekki fást tilbúnar greiningar er hægt að gera þær á eftirfarandi hátt:

1. Sökkvið 60,3-beygjuna niður í vatnscar þar til vatnið nær efri innankanti hennar. Hafið beygjuna stillta af með hallamáli.
2. Lyftið beygjuna upp og merkið eftir vatnslínunni með krít og bætið við b-málinu.
3. Skerið „hnakkann“ af beygjuni (það strikaða á myndinni), svo eftir verði greiningin.
4. Merkið á stofnrörið fyrir greiningunni.
5. Skerið gatið fyrir greininguna á stofnrörið. Stillið saman stofnrör og greiningu og punktið.

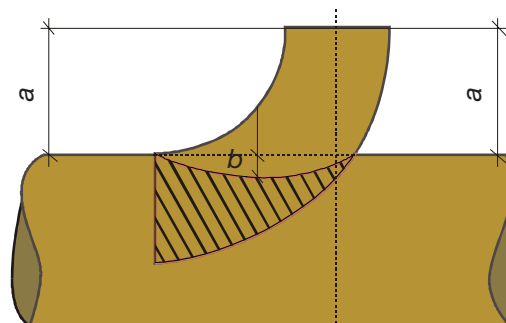
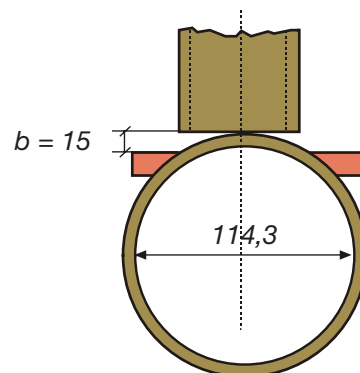


Merking eftir vatnsyfirborði.



Hér er annað afbrigði:

1. Mælið b-málið með því að setja annan enda beygjunnar að stofnrörinu, sjá mynd.
2. Merkið b-málið á beygjuna. Ritið jafnan boga, fríhendis.
3. Skerið „hnakkann“ af beygjuni (það strikaða á myndinni), svo eftir verði greiningin.
4. Merkið á stofnrörið fyrir greiningunni.
5. Skerið gatið fyrir greininguna á stofnrörið. Stillið saman stofnrör og greiningu og punktið.



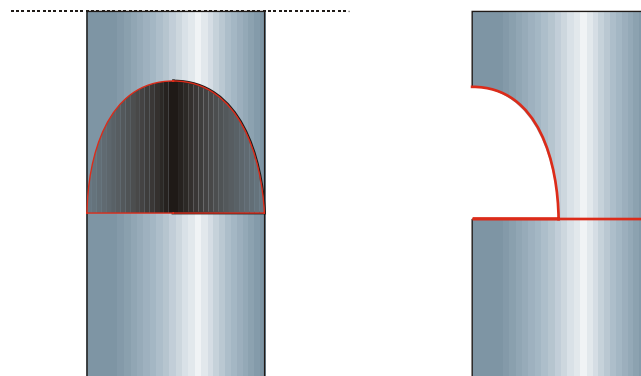
## Lúgusuða

Á illa aðgengilegum suðustöðum, þar sem ómögulegt er að komast að til þess að sjóða rör að utanverðu (í hornum o.s.frv.), er gripið til s.k. lúgusuðu. Gat eða lúga er skorin á rörið og suðan soðin að innanverðu. Þegar því er lokið er lúgan soðin í aftur, og með henni hinn helmingur rörskeytanna.

Lúgusuða fer þannig fram:

1. Merkið fyrir lúgunni. Notið máta svo allar lúgur verði eins.
2. Skerið út lúguna.
3. Fjarlægjið skurðargjall og slípið hreint.
4. Sjóðið rörið að innanverðu eins langt og þarf.
5. Sjóðið að utanverðu eins og komist verður að.
6. Punktið lúguna í gatið.
7. Sjóðið lúguna og það sem eftir er af skeytunum.

Önnur aðferð við að sjóða á illa aðgengilegum stöðum er að nota suðuspegil. Með honum er hægt að sjá til þess að sjóða á „bakhlið“ rörsins. Það þarf hins vegar mikla færni/þjálfun af hálfu suðumannsins til að sjóða eftir spegli!



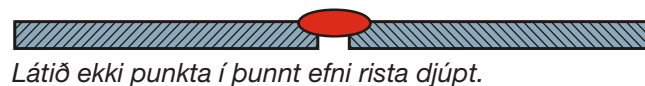
Um það bil þannig á suðulúga að líta út.

## Punktun (almennt)

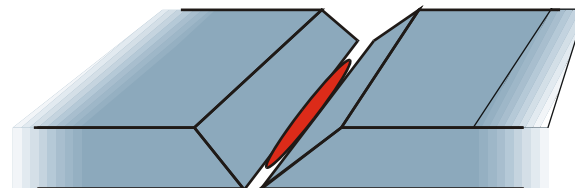
Þegar á að punkta beygjur, greiningar, trektar o.s.frv. er valið á milli tveggja aðferða og ræðst valið af efnisþykktinni.

Í þunnt efni eru gerðir punkta sem eru bara á yfirborðinu, og sem er auðvelt að slípa burt jafnóðum og skeytin eru heilsóðin.

Þegar punktað er í þykkara efni mega punktarnir vera lengri og geta síðan orðið hluti suðunnar (eftir slípun).



Látið ekki punkta í þunnt efni rista djúpt.

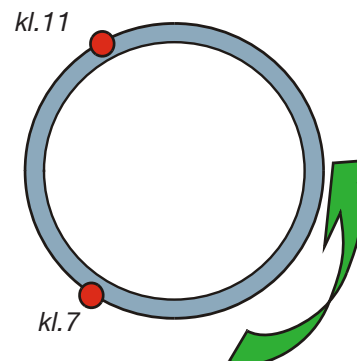


Í þykkara efni geta punkarnir orðið hluti suðunnar.

## Skipuleggið suðuna

Skipuleggið framkvæmd suðunnar þannig að rof í framkvæmdinni verði eins fá og mögulegt er. Eitt ráð er að gera s.k. „dry run“ þ.e. að látast sjóða án þess að kveikja ljósbogann. Þannig sést hve langt verður komist í hverjum áfanga og þá er framkvæmdin skipulögð eftir því.

Í suðustöðu PF (lárétt fast rör – soðið lóðrétt stígandi) er best að byrja suðuna „kl. 7“ og ljúka henni „kl. 11“. Þessi suðuröð auðveldar til muna byrjun næstu suðu, ekki síst vegna þess að það verður að slípa suðulokin.



## Hnútar og aðrar tengingar

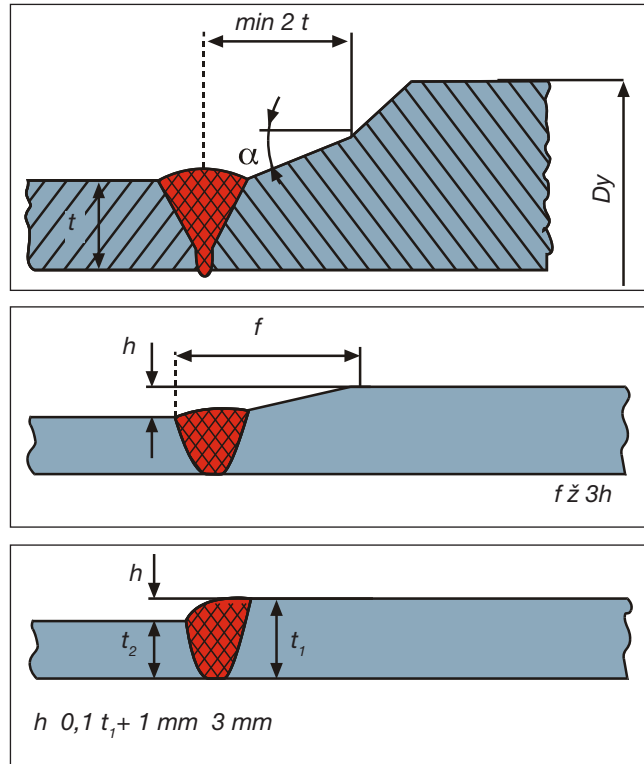
Pegar tvö rör eða annað sem á að stúfsjóða saman í þrýstilögnum (rör, geymar o.fl.) hafa ólíka efnisþykkt, þá á að þynna hið þykkara niður í sömu þykkt og hitt sem þynnra er.

Þetta lýtur að sjálfsögðu vissum reglum.

Hallinn á þynningunni má mest vera 1:3 í þrýstikútum og 1:2,5 í röralögnum.

Ef þykktarmunurinn er minni en 10% + 1 mm þarf ekki að þynna. Þó má munurinn aldrei vera meiri en 3 mm.

Sú regla gildir líka að allar suður eiga, ef mögulegt er, að vera sýnilegar á róthlið og að nota á skaðlausar prófunaraðferðir.



## Kragatengi

Kraga- eða stúttengi koma líka fyrir í röralagnavinnu, bæði í sambandi við rör og geyma. Kröfum um gerð slíkra tenginga er lýst í SS 06 41 01 Svetsade behållar-konstruktion, tillverkning och kontroll.

Kragar geta byrjað sem hluti stofnsins (uppbeiting), eða sem suðutengi.

Uppbeiting byrjar þannig að stærð gatsins er reiknuð út. Gatið er merkt og skorið.

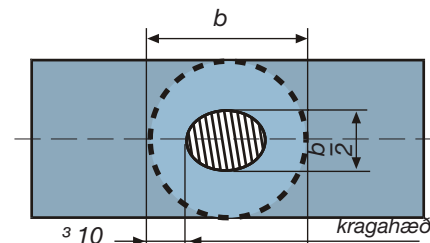
Ef efnið er ó- eða lítt blandað stál er hægt að skera gatið með gasi, en í ryðfrítt efni verður að skera með plasmabrennara. Helst vélrænt innanfrá.

Skurðargjallið verður að hreinsa burt áður en byrjað er að beita upp.

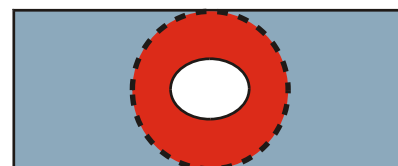
Sjálf uppbeitingin fer þannig fram að ca. 10 mm breitt svæði kringum gatið (breiddin fer eftir því hve hár kraginn á að verða) er hitað vel rautt og beygt u.þ.b. 45° með skiptilykli eða álíka verkfæri. Forðist að gera merki í efnið!

Efnið er síðan hitað aftur og restin af kraganum hömruð út.

Að lokum er hæð kragans jöfnuð með þjöl eða slípi-rokk.



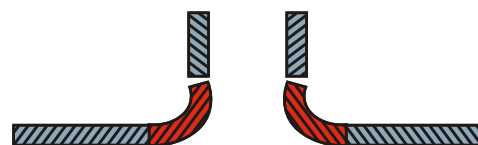
Byrjað er á því að reikna út hve mikið efni þarf í kragann. Síðan er merkt og gatið skorið.



Efnið sem á að beita upp er hitað.



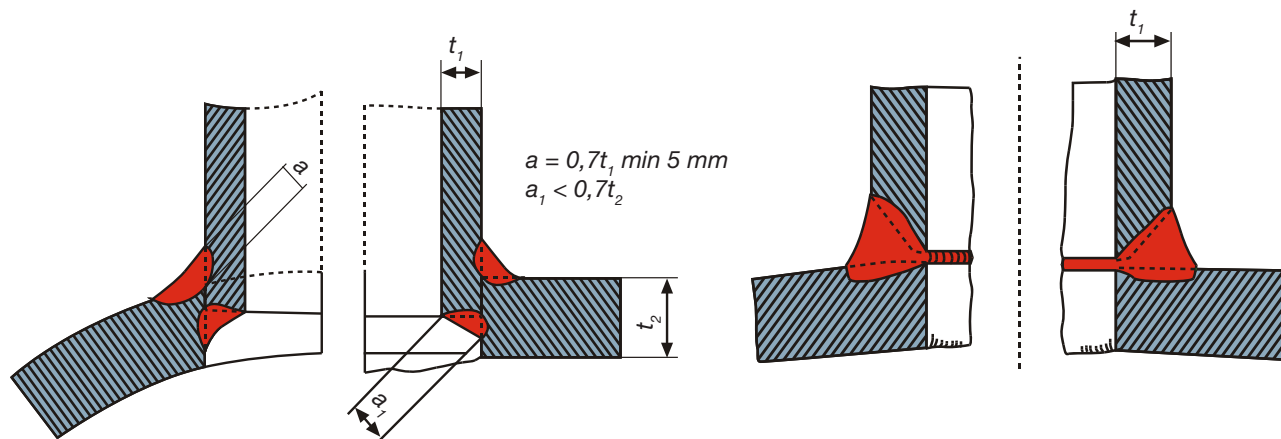
Kantarnir eru beygðir upp.



Restin er hömruð út og kantarnir jafnaðir.

Þegar stútar eru soðnir beint á rör eða á belg þrýsti-geyma verður að gæta þess að ekki verði truflanir á flæði, þ.e. að gerð fúgunnar á að vera hin besta mögulega og stærð og lögun suðunnar í samræmi við þetta, sjá myndirnar.

(Sjá einnig um greiningar og flangsa)



Dæmi um suðu stúta á geyma.

HEIMildir:

Suða, ISBN 91-79-52-0391, SAQ. Eigið efni, Jan Jönsson, Bengt Westin



## E6.2.3 Yfirlit yfir suðuaðferðir (M5.2.3, T5.2.3)

### Grunnpættir plasmasuðu (PAW = Plasma arc welding)

Plasmi er fjórða mögulega efnisástandið, hin eru fast, fljótandi og gaskennt. Þegar gas fer yfir í plasmaástand í suðuljósþoga, fæst, samanborið við TIG-suðu, meiri hiti og betri orkupéttleiki, ásamt því að ljósboginn verður stöðugri. Þetta gefur möguleika á suðu í þynnra efni og í þykku efni er aðferðin hagkvæm þegar um framleiðslusuðu er að ræða.

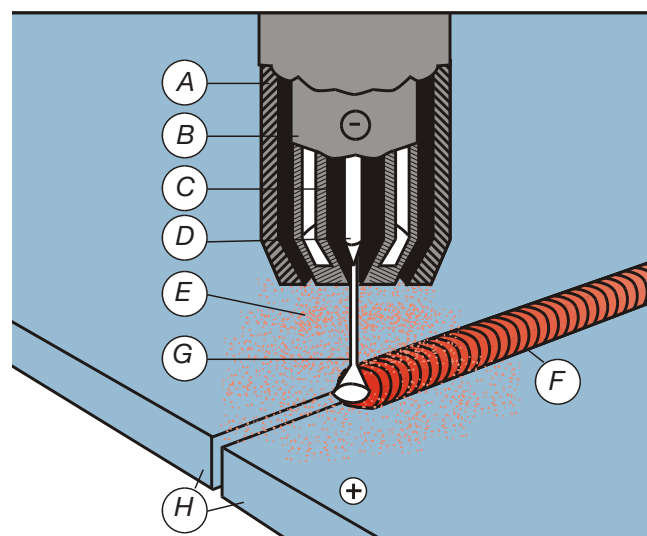
### Grunnpættir plasmasuðu

Plasmasuða er tilkomin sem frekari þróun TIG-suðu. Inndregið rafskautið er sömu gerðar og fyrir TIG með jafnstraum, Wolfram með 2% þóríumoxíð, og tengt við mínuspól, sjá mynd 1. Plasmagasið er leitt inn í plasmadísuna, þar sem rafskautið er inndregið og umlukið vatnskældri dísunni. Við upphitunina og þensluna í dísunni fær plasmagasið á sig nokkurs konar strokkform. Síðan þvingast það með miklum hraða út í gegnum miðjugat dísunnar.

Plasminn er jónuð gasblanda sem nær hitastigi sem er yfir 20.000°C. Undirstöðuatriðin eru þau að gasblanda streymir út í gegnum innra munnstykkið. Það hitnar gífurlega í ljósboganum sem veldur því að

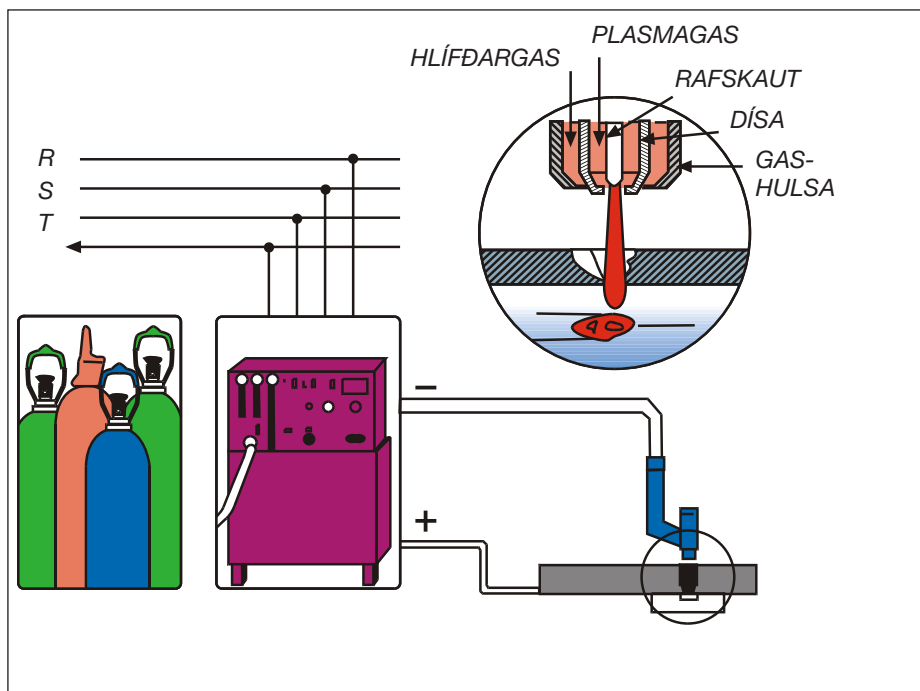
það leysist upp og jónast að nokkru. Gegnum ytra munnstykkið streymir hlífðargas sem kemur í veg fyrir að suðupollurinn oxíderi.

Plasmagas og hlífðargas er yfirleitt argon með ca. 5% vetni. Í míkroplasmaaðferðinni er hinsvegar notað hreint argon sem plasmagas og blanda af argon og vetni sem hlífðargas. S.k. hjálparljósbogi eða pilotlogi, sem brennur milli rafskauts og munnstykkis, léttir kveikinguna og lýsir að auki upp vinnslustykkið. Straumgjafinn skilar yfirleitt jafnstraumi.



Einfölduð mynd af plasmasuðu.

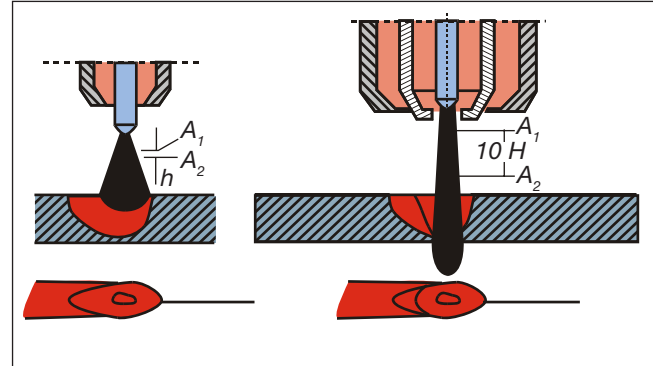
- A Gashulsa
- B Vatnskæld dís
- C Plasmagas
- D Wolframrafskaut
- E Hlífðargas
- F Tilbúin suða
- G Plasmageisli
- H Grunnefni



Helsti búnaður til plasmasuðu.

## Notkunarsvið

Plasmasuða er fyrst og fremst notuð við suðu á ryðfríu stáli og málum sem innihalda ekki járn. Plasmasuða hefur þróast sem alsjálfvirk aðferð til suðu á m.a. ryðfríum rörum. Efnisþykktin er oftast 2-7 mm. Kostir plasmasuðunnar koma best í ljós við suðu á efni sem er yfir 2,5 mm á þykkt þar sem hægt er að nota hina s.k. skrárgatstækni, „key-hole technic“, sem felur í sér að plasmageislinn bræðir gat í gegnum efnið, sjá mynd.



Munurinn á milli TIG-suðu og plasma-suðu.

## Suðustillibreytur

Þær stillibreytur sem hafa áhrif á gæði suðunnar eru að mestu hinar sömu fyrir TIG og PAW.

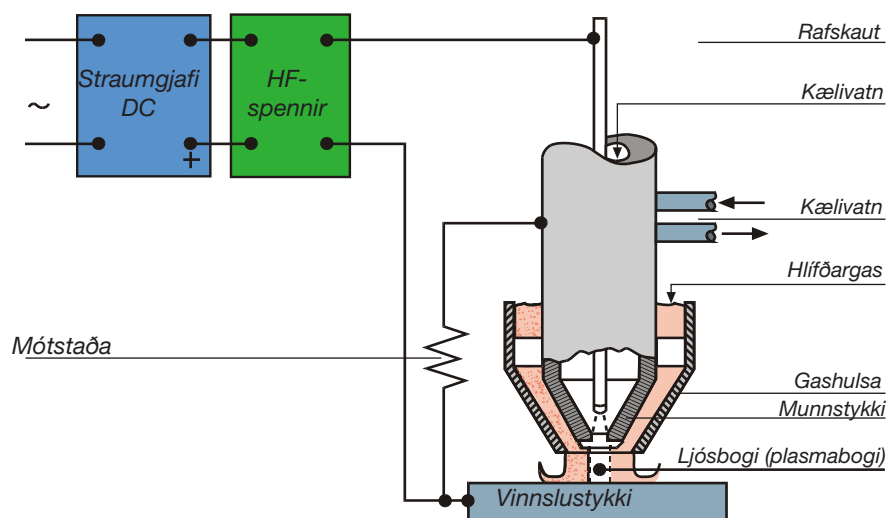
- Straumstyrkurinn skal vera hæfilegur til þess að fá örugga gegnumsuðu og mesta suðuhraða sem skilar fullnægjandi suðugæðum.
- Bogaspennan ræðst af ljósbogalengd, gasgerð, gasþrýstingi og rafskautsgerð. Aðeins óbein áhrif eru því möguleg.
- Rafskautsgerðir sem mest eru notaðar eru hreint wolfram eða blandað með ca. 2% þóríumoxíð.
- Eins og við TIG-suðu er algengast að soðið sé á mínuspól jafnstraums, með rafskautið sem katóðu.

| Práður 0,8-1,2 mm |                        | I-fúga        | Dísuhæð 2-5 mm |           |                |
|-------------------|------------------------|---------------|----------------|-----------|----------------|
| Efnisþykkt        | Gasgerð                | Plasmagas     | Hlífðargas     | Straumur  | Suðuhraði      |
| 2,5-6,0 mm        | Ar + 5% H <sub>2</sub> | 3,0-3,5 l/min | 10-15 l/min    | 120-260 A | 300-690 mm/min |

Suðustillibreytur - sjálfvirk plasmasuða með suðuefni

## Plasmasuðubúnaður

Plasmasuðubúnaður samanstendur af eftirfarandi: Straumgjafa sem skilar jafnstraumi, HF-kveikingu til að kveikja ljósbogann og vatnskælíbúnaði fyrir brennarann (dísuna).



Búnaður til míkro- og meðal-plasmasuðu, straumsvið 0,5-100 A.

Plasmasuða með yfirlærðum ljósboga.

## Örugg vinna við plasmasuðu

Sömu öryggisreglur gilda við plasmasuðu og við TIG-suðu.

## Notkun rörþráðar við hálfsvífræða suðu, ljósbogaeinkenni

Sjá M 2.2.1.

## Örugg vinna við rörþráðarsuðu

Sjá M 2.2.1.

## Grunnþættir duftsuðu (UP)

Duftsuða er notuð við suðu á grófu efni. Yfirleitt eru soðnir einn eða tveir rótstrengir með einhverri annarri aðferð og síðan er fyllt í fúguna með duftsuðu. Þetta er auðveldað með notkun ratarstuðnings.

Duftsuða er háafkasta, sjálfvirk suðuaðferð, sem er framkvæmd með 1-3 samfelldum rafskautum (rafskaut og suðuefni eru eitt, líkt og við MAG-suðu). Ljósboginn brennur undir lagi af fluxi (suðudufti) sem bráðnar næst ljósboganum og myndar gjall á suðunni.

Óbráðið duft er sogað aftur upp í duftgeyminn og síðan notað upp á nýtt. (Sjá mynd).

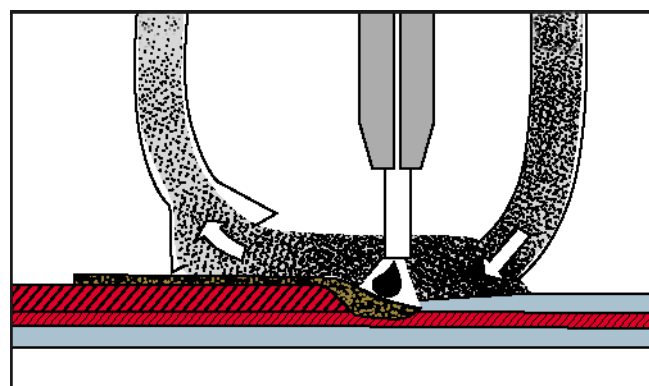
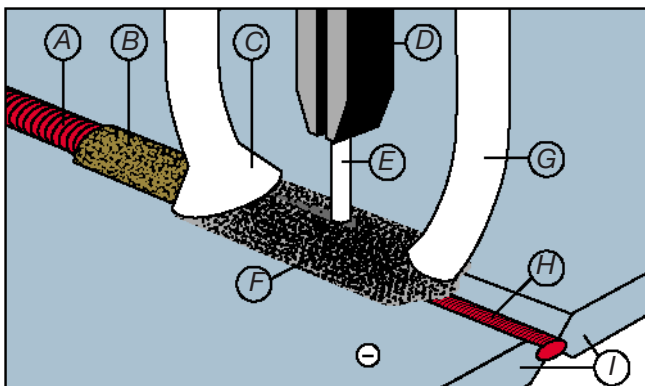
Hlutverk duftsins er bæði að hlífa suðunni frá súr-efni og köfnunarefni andrúmsloftsins og að færa íblöndunarefni í suðumálminn til þess að suðan uppfylli settar kröfur um álagsþolseiginleika.

Kostir duftbogasúðunnar liggja fyrst og fremst í:

1. Mjög miklum suðuafköstum
2. Djúpri innbræðslu, sem gerir kleift að þrengja til muna fúgurnar samanborið við handsuðu
3. Löngum bogatíma
4. Minni kröfum sem setja þarf á hæfni suðumannsins ef borið er saman við handsuðuaðferðir

Suðustöður: Í reynd aðeins beinar, láréttar suður. (Mesti suðuhalli er ca. 5 gráður). Með sérstökum aukabúnaði er hægt að sjóða láréttar þilsuður. Beygjumöguleiki er vart fyrir hendi nema þá með mjög stórum radíus.

Þessi aðferð krefst hærri straums en handsuðuaðferðir. Vegna þykktar grunnefnisins og gjalls og dufts sem liggur eftir á suðunni er kólnun efnisins tiltölulega hæg.



Einfölduð mynd af duftsuðu.

A Tilbúin suða

B Gjall

C Endurupptaka dufts

D Rafskautshaldari

E Suðuþráður/Rafskaut

F Duft

G Duftmötun

H Rótstrengur

I Grunnefni

## Framleiðnisuðuhraði

Mesta mögulega suðuefnismagn (suðuafköst) er u.þ.b. 25 kg/klst, að jafnaði 8-12 kg/klst. Mesti strengjahraði er u.þ.b. 120 m/klst, að jafnaði 30-60 m/klst. Gæði suðuefnisins eru góð, að því tilskildu að suðufletirnir séu hreinir, grunnefni og suðuefni séu af háum gæðaflokki og að suðuvinnan sé framkvæmd á faglegan hátt. Fjölstrengjasuða með þunnum strengjum sem soðnir eru á lágum straumi, 500-600 A, skilar gegnheilu, fínkornóttu suðuefni sem hefur meiri slagseiglu (er síður stökkt) heldur en suða í sambærilegar fúgur með færri strengjum á hærri straumi, 1000-1500 A.

## Búnaður til duftsuðu

Búnaðurinn samanstendur af straumgjafa (spenni/afriðli), suðuhöfði með stjórnboxi, matarverki fyrir suðuþráðinn, suðuleiðslu og jarðleiðslu ásamt búnaði til mótunar og endurupptöku dufts.

## Notkunarsvið - efni

Óblandað, lítt blandað og ryðfrítt smíðastál og þrýstikútastál.

## Notkunarsvið - efnisþykktir, fúgugerðir

Efnisþykktir frá 2 mm. I-fúgur allt upp í 12 mm. Í þykkara efni Y-fúgur eða tvöfaldar Y-fúgur. Fúgurnar verða að vera nákvæmt skornar og suðubilið má ekki vera meira en 1 mm.

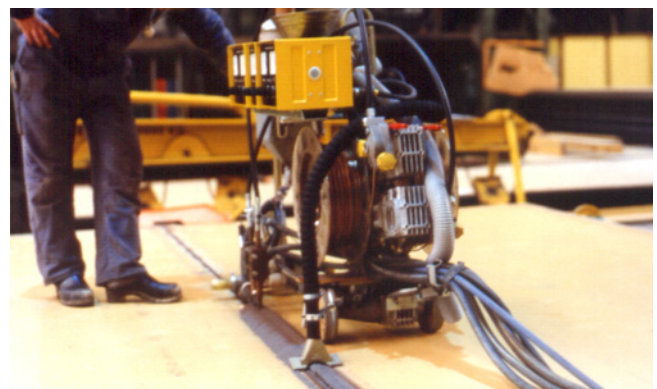
## Kröfur á suðumanninn

Þar sem suðuferlið er sjálfvirk eru engar kröfur settar um hæfni í handsuðu, sem nauðsynleg er við handvirkar og hálf sjálfvirkar suðuaðferðir, en almenn skynsemi og ábyrgðartilfinning verður vissulega að vera fyrir hendi. Í vissum tilfellum er krafist hæfnisprófs.

## Umhverfispættir

Duftsuðu ætti aðeins að framkvæma innanhúss eða þar sem vel er skýlt fyrir vindi og regni.

Duftsuða veldur hvorki reyk né pirrandi geislun og hefur því yfirburði yfir aðrar suðuaðferðir frá umhverfissjónarmiði.



Mismunandi búnaður til duftsuðu.



## Öryggissjónarmið við duftsuðu

Samanborið við aðrar suðuaðferðir hefur duftsuða frekar lítil áhrif á vinnuumhverfið, nema hvað varðar rafsegulsviðið sem getur orðið mjög sterkt.

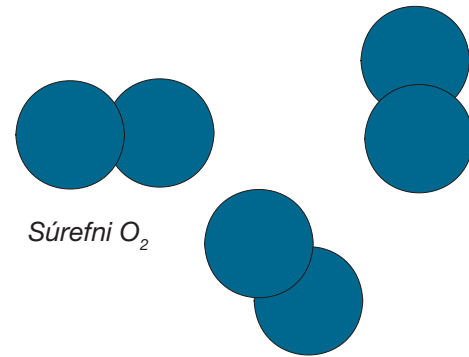
Duftsuða er mest notuð til suðu á grófu efni.

## E6.2.4 Einkenni straumgjafa (sjá einnig E 1.2.1)

### Eðli rafmagns

#### Sameindir

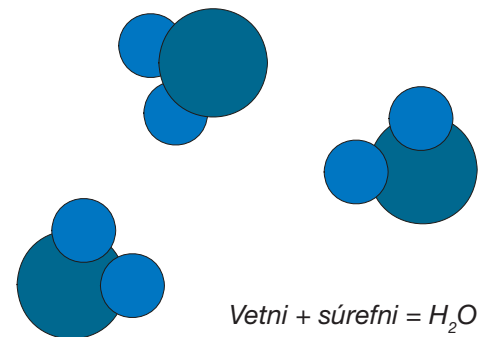
Allt efni býr yfir raforku. Efni geta verið samsett úr frumefnum í föstu-, fljótandi- eða gasformi. Dæmi um frumefni er járn, kolefni og súrefni. Minnsti hluti frumefnis er atómið. Í sumum frumefnum eru atómin ekki stök heldur tengjast tvö eða fleiri í s.k. sameindir (sjá mynd).



#### Atóm

Atómin samanstanda af kjarna ásamt einni eða fleiri rafeindum sem fara í kringum kjarnann eftir ákveðnum brautum á miklum hraða. Í kjarnanum eru prótónur sem hafa jákvæða hleðslu (+).

Rafeindirnar sem eru á sporbaug um kjarnann eru neikvætt hlaðnar (-). Venjulega ríkir jafnræði á milli rafeinda og prótóna sem þýðir að atómið sem slíkt hefur enga hleðslu (sjá mynd).

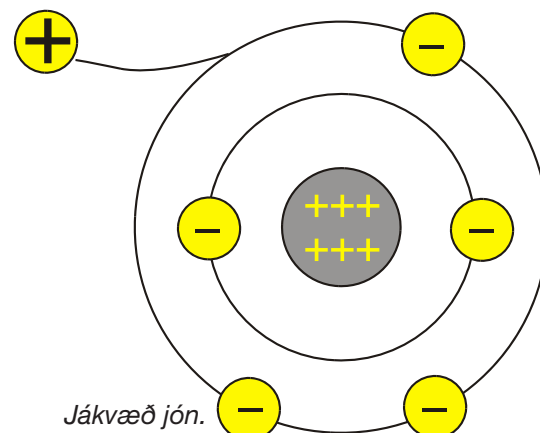
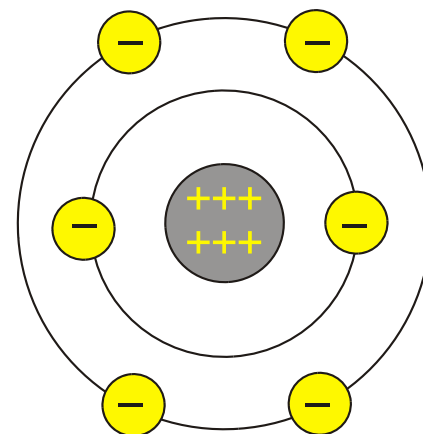


#### Jónir

Vegna ytri áhrifa geta atómin þurft að láta frá sér rafeindir sem eru neikvætt hlaðnar. Þá er atómið ekki lengur hlutlaust heldur jákvætt hlaðið. Slíkt jákvætt hlaðið atóm hefur tapað uppruna sínum og er ekki lengur atóm. Það verður í þessu ástandi jón. Hlutfallið á milli jákvæðra og neikvæðra jóna fer eftir ráðandi hleðslum (sjá mynd).

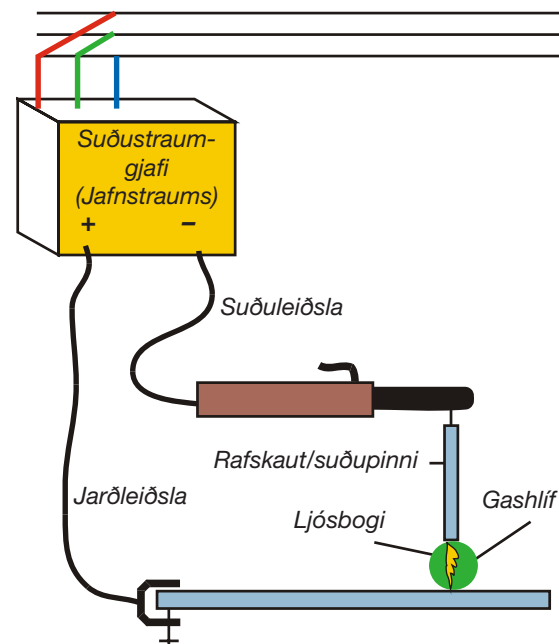
Þau efni sem notuð eru í rafleiðslur hafa rafeindir sem eru í „lausu“ sambandi við atómkjarna sína (s.k. leiðnirafeindir). Því hoppa rafeindirnar á milli atómanna án nokkurs skipulags. Ef slíkur leiðari er tengdur við rafsvið (spenna-Volt) er hægt að stýra leiðnirafeindunum í ákveðna átt. Þetta er upphafið að rafstraumi.

Rafstraumurinn er bundinn leiðaranum, þar sem rafeindirnar geta ekki yfirgefið hann upp á eigin spýtur. Það er aðeins ef orka er fengin utanfrá sem hægt er að vinna bug á innri kröftum leiðarans og rafeindirnar geta yfirgefið leiðarann/geislant burt. Þetta er kallað yfirfærsla.



## Rafmagns-ljósboginn

Rafstraumur verður þegar rafeindir hreyfast í sömu átt í leiðara. Rafeindirnar bera með sér rafhleðslur. Ef rof verður á leiðaranum stöðvast flæði rafeindanna og straumurinn rofnar. Ef rofið í leiðaranum jónast, þá hefst flæði rafeindanna upp á nýtt þannig að straumrásin lokast. Við jóninguna skipta sumar rafeindirnar um braut og sumar fara yfir á braut með lægra orkusviði. Orkan sem losnar myndar rafsegulbylgjur sem mynda sjáanlegan glampa. Ljósglampinn sem verður til í rofinu er *ljósbogi* sem hefur mikla þýðingu við suðu (sjá mynd).

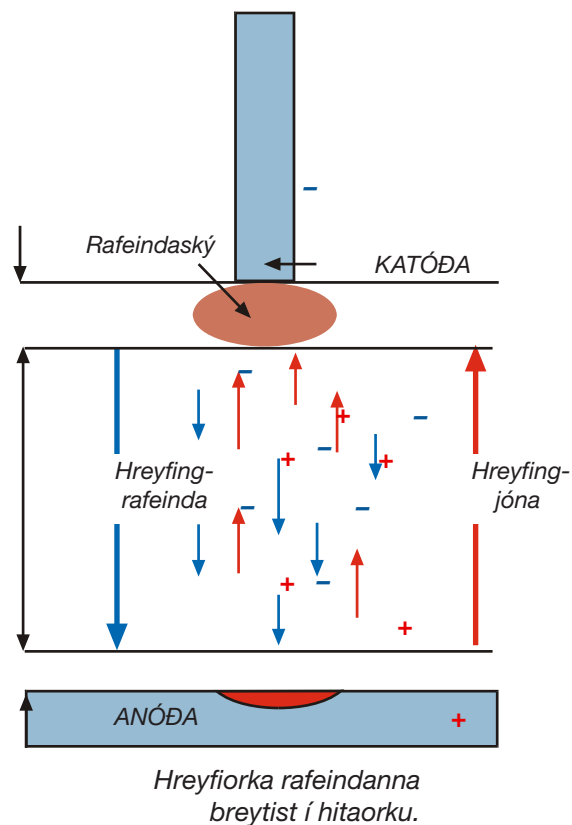


## Ljósboginn sem hitagjafi

Kveikispenna suðuvéla er af öryggisástæðum höfð u.þ.b. 80 V og það er of lítið til þess að kveikja ljósbogann með yfirslagi. Það þarf u.þ.b. 5000 V/mm kveikispennu í loftbili. Þegar endi suðupinnans (katóða) snertir vinnslustykkið (anóðu) verður skammhlaup og rafeindaský myndast í kringum enda suðupinnans. Þegar lausagangsspenna suðuvélarinnar nær að vinna yfir loftbilið verður rafeindaskothríð frá suðupinnanum að vinnslustykkinu. Hér er talað um „skothríð“ til þess að lýsa ofsa ferlisins sem á sér stað.

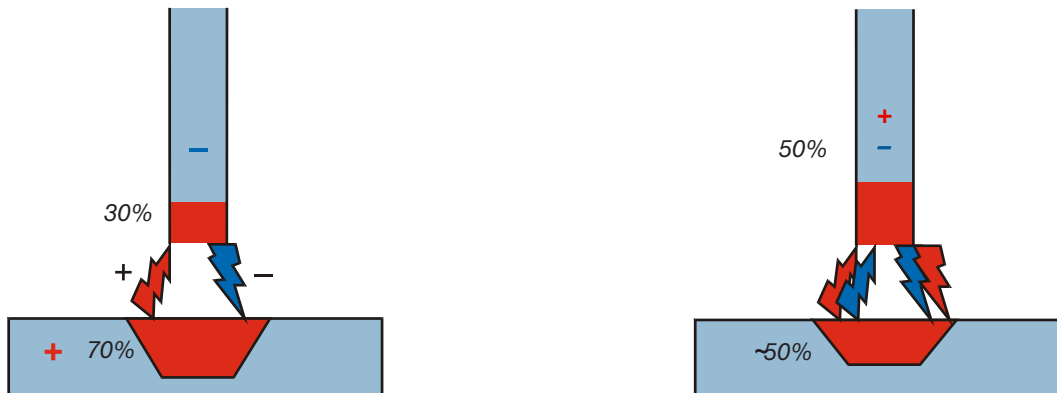
Hreyfiorka rafeindanna breytist í hitaorku við það að lenda á vinnslustykkinu (sjá mynd). Það er ástæðan fyrir því að vinnslustykkið hitnar þar sem rafeindaskothríðinni er beint að því. Á mótsvarandi hátt auka jónirnar hraða sinn að enda suðupinnans (katóðunni) og hiti hans hjálpar til við að losa um fleiri rafeindir.

Þar sem rafeindaskothríðin frá katóðunni er ofsafengnari en jónaskothríðin til baka frá anóðunni, hitnar anóðan (+) meira en katóðan (-) þegar soðið er með jafnstraumi. Þetta skýrir hvers vegna meiri hiti fæst í vinnslustykkið þegar soðið er á mínuspól og á hinn bóginn meiri hiti í pinnann þegar soðið er á plúspól. Þegar soðið er á riðstaumi verður hitadreifingin jöfn, vegna þess að straumáttin er í sífellu að breytast (sjá mynd á næstu síðu).



Mannsaugað nemur skinið frá ljósboganum á ólíkan hátt hvað varðar lit og styrk. Það er vegna rafsegulgeislunarinnar sem ræðst af því hvaða atómgerðir eru á ferðinni í loftbilinu. Atómgerðin hins vegar stýrist af því gasi sem er þar hverju sinni.

Ljósbogaspennan fer eftir lengd ljósbogans. Aukin ljósbogalengd veldur aukinni ljósbogaspennu og styttri ljósbogi lægri ljósbogaspennu. Af eðlisfræðilegum ástæðum hefur ljósboginn ákveðna hámarks lengd sem hann getur náð áður en hann rofnar (slokknar).



Suða með plúspól í rafskautinu (efri mynd til hægri) veldur heitu rafskauti og „köldu“ vinnslustykki. Suða á mínuspól (til vinstri) veldur gagnstæðum áhrifum. Við suðu á riðstraum (neðri mynd til hægri) er hitinn jafn.

### Ljósbogaeinkenni

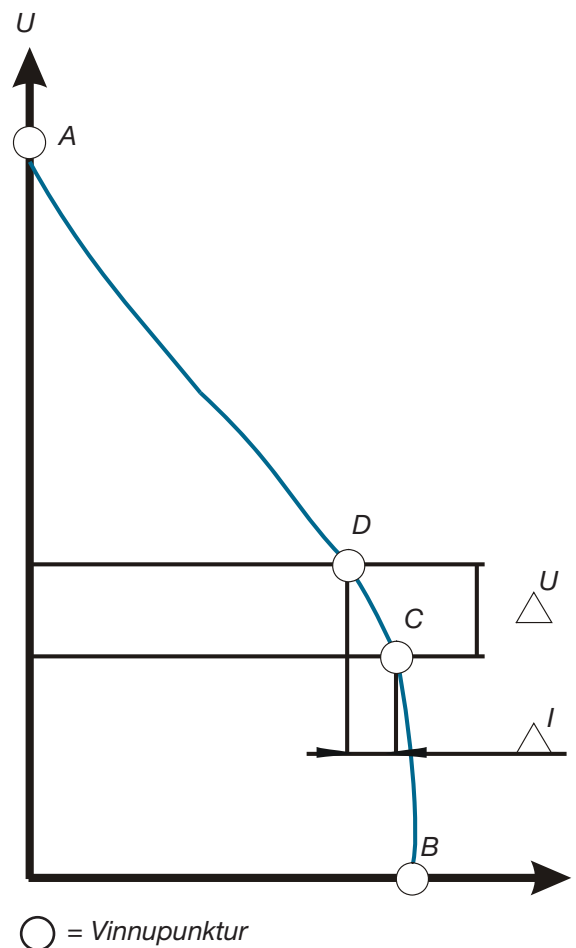
Þegar lengd ljósbogans breytist, veldur það breytingu á bæði spennunni,  $U$ , og straumnum,  $I$ . Punktur A á grafinu sýnir kveikispennuna, þ.e. straumgjafinn er ekki undir álagi, engin suða á sér stað.

Punktur B sýnir skammhlaupsstrauminn, þ.e. full leiðni hefur orðið milli rafskauts og vinnslustykkis. Straumurinn flæðir frá rafskauti til vinnslustykkis án þess að ljósbogi hafi kviknað. Engin suða á sér heldur stað nú (sjá mynd).

Á punkti C er suða í gangi og hægt er að mæla vinnugildi straums og spennu.

Við lengingu ljósbogans færast vinnupunkturinn frá C til D, þ.e.a.s. spennan eykst og straumurinn minnkar.

Vegna fallandi einkenna suðuvéla af þessari gerð verður straumbreytingin þó ekki ýkja mikil. Suðuvélar af þessari gerð eru öðrum betri til pinnasuðu.



○ = Vinnupunktur

## Kveiki- og ljósbogaspenna, suðustraumur

### Kveikispenna

Kveikispenna er mæld á milli úttakanna á straumgjafa sem ekki er undir álagi. Kveikt er á straumgjafanum en suða fer ekki fram.

Kveikispenna getur verið 60-100 V.

### Suðuspenna

Suðuspenna er sú spenna sem mælist á milli úttaka straumgjafans á meðan suða fer fram. Hún er nokkuð hærri en bogaspennan.

### Ljósbogaspenna

Ljósbogaspenna er spennufallið á milli pinnaenda og vinnslustykkis þegar ljósboginn er kveiktur. Ljós-bogaspennan getur verið ca. 15-30 V. Ljós-bogaspenna er mæld með voltmæli sem tengdur er á milli suðutangarinnar og jarðleiðarans.

### Suðustraumur

Sá fjöldi rafeinda sem á gefinni tímaeiningu hreyfist um leiðara kallast straumur. Þegar suðumaðurinn kveikir ljósbogann fara rafeindirnar í leiðaranum (kaplinum) á hreyfingu og þar með hefur hringrás myndast.

Hve mikinn straum þarf, veltur á stærð suðupinnans, en líka á lengd og þvermáli suðukapalsins. Ef kapallinn er langur eða grannur eykst straumþörfin þar sem viðnámið eykst.

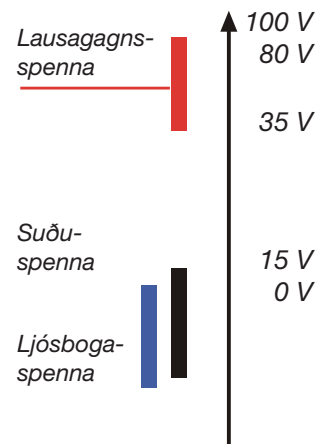
Suðustraumurinn er stilltur á framhlið suðuvélarinnar og sýnir stillihnappurinn hæsta straum sem vélin getur skilað. Hámarksstraum er þó sjaldan hægt að ná úr suðuvél (sjá um virknispátt).

Aðrar leiðir til að stilla straum eru með fjarstýringu eða með „púlsstilli“.

## Virknispáttur

### Bogatími

Bogatími við suðuvinnu er sá tími sem ljósboginn brennur. Tímanum er skipt upp í tíu mínútna bil. Á hverju tímabili má ljósboginn loga í svo mörg % af tímabilinu, sem virknispátturinn segir til um.



### MERKISPJALD

Merkispjaldið er staðsett aftan á suðuvélinni. Hér er sýnt merkispjald fyrir Caddy 200 með skýringum um hvernig á að lesa og túlka það.

|                                                                 |                       |                |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|
| Esab Arc Equipment AB<br>S-695 81 Laxå Sweden<br>Made in Sweden |                       | <b>ESAB</b>    |       |       |       |
| <b>LHN 200</b>                                                  |                       | IEC 974-1      |       |       |       |
| 1 —                                                             | 3~                    |                | 4 —   |       |       |
| 2 —                                                             | 5 A/20 V - 200 A/28 V |                | 5 —   |       |       |
|                                                                 | X                     | 35 %           | 60 %  | 100 % |       |
|                                                                 | U <sub>0</sub> =      | I <sub>2</sub> | 200 A | 150 A | 115 A |
|                                                                 | 53- 75V               | U <sub>2</sub> | 28 V  | 26 V  | 25 V  |
| 3 —                                                             | U <sub>1</sub> 400    | I <sub>1</sub> | 17 A  | 12 A  | 10 A  |
|                                                                 | 50/60Hz               |                |       |       |       |
|                                                                 | AF                    | IP 23          |       |       | S     |
|                                                                 |                       |                |       |       | 8 —   |

- LHN 200 er innanhúsnafn ESAB yfir Caddy 200.
- Þýðir að Caddy hefur tíðnibreyti, spennu og afriðil.
- Gefur upp tengingu við þriggja fasa stofn, 50 eða 60 Hz.
- Þessar bókstafa- og talnarunur þýða að ESAB fylgir alþjóðlegum viðmiðunum. Mikilvæg trygging fyrir notandann þar sem viðmiðanir eru ábendingar sem ekki er nauðsynlegt að fylgja. IEC er alþjóðleg viðmiðun.
- Sýnir straumsvið 5-200 A. Spennurnar 20 og 28 sýna að fylgt er hinni alþjóðlegu ljósbogalínu. Ljós-bogalínan er meðaltalsgildi allra suðupinna. Framleiðandi sem ekki gefur upp getu búnaðarins eftir þessari línu getur gefið upp mun stærra straumsvið án þess að geta búnaðarins sé í raun meiri.
- X sýnir virknispátt, I sýnir straum við vissan virknispátt, U sýnir spennu samkvæmt ljósbogalínunni. Virknispátturinn segir til um hve lengi er hægt að sjóða með gefnum gildum. Virknispáttur er mældur í % af tíu mínútna tímabili.
- Sýnir stofnspennu 400 V og inntaksstraum við mismunandi suðustraum.
- Hlíðarnúmer - sýnir hversu vel vélin er vernduð gagnvart vatnsgusum og öðru og að hún hafi kæliviftu.





**MMA**  
**Áfangi E 7**  
**E 7.1 verklegar æfingar**  
**E 7.2 bóklegt nám**



## E 7.1 Kynning

Tími 2 klst.

### Áfangi EWF-E7 rörasuða

Í þessum áfanga er lögð áhersla á að ná færni í að sjóða rör í lóðréttum stöðum. Æfingarnar er að finna á næstu síðum. Í lok áfangans er tekið suðupróf í rörasuðu, í stöðu PC, ásamt bóklegu prófi.

Prófstykkið er hægt að nota til útgáfu skírteinis samkvæmt EN 287.

Þessum áfanga tilheyrja einnig fjórir bóklegir kaflar:

#### E7.2.1 Gerð suðuferla

#### E7.2.2 Efni, önnur en kolefnisblandað stál (CMn)

#### E7.2.3 Skoðun og prófun

#### E7.2.4 Stálvirki

### Gerð suðuferla

Welding Procedure Specification (WPS) er upplýsingablað um það hvernig á að framkvæma suðuvinnuna, val suðuaðferðar, lögum suðufúgu, suðustillibreytur, hreinsun o.fl.

Nánari skilgreiningar um gerð suðuferilslýsinga er að finna í staðlinum ÍST-EN 288/ÍST-EN 156xx.

### Beiting

Staðallinn skilgreinir almennar reglur um gerð og samþykki suðuferla. Staðallinn gerir ráð fyrir að sodið sé með hefðbundnum suðuaðferðum sem stýrt er af suðumanni eða stjórnanda suðuvélmenna, sem fylgja WPS. Staðallinn á að gilda þegar krafist er samþykkis suðuferils, t.d. við samningagerð, gerð vörustaðla, reglna eða í kröfum yfirvalda.

### Efni, önnur en kolefnis- blandað stál (CMn)

#### Lágefnabætt stál

Lágefnabætt stál er notað þar sem gerðar eru miklar kröfur til eiginleika stálsins, eins og t.d. í þrýstikútastáli sem notað er í hluti eins og gufukatla og hverfla, þar sem fer saman hátt hitastig og mikill þrýstingur.

Til smíði á olíuborþöllum er lágefnabætt stál notað bæði til bygginga og í röralagnir, og þar þarf stálið að standast miklar kröfur við lágt hitastig. Í olíu- og gasleiðslum eru röralagnirnar oftast úr lágefnabættu stáli.

Auk kolefnis, innihalda lágefnabætt stál eitt eða fleiri efni sem *blandað er í þau*, t.d. króm, mólýbdeum eða nikkell. Í lágefnabættum stáltegundum er magn íblöndunarefna < 5%.

#### Háefnabætt stál og ryðfrítt stál

Fyrir utan lágefnabætt stál eru framleiddar ýmsar gerðir af háefnabættu stáli. Af þeim verður hér mest fjallað um hin ryðfríu. Þau eru flokkuð í austenítísk, ferrítísk, ferrít-austenítísk, martensít-austenítísk og martensítísk ryðfrí stál. Þau austenítísku eru algengust í dag, t.d. X5CrNi18 10.

Austenítísk stál innihalda mikið magn króms, Cr (ca. 18%) og nikkels, Ni (ca. 9%) ásamt lítilsháttar kolefni. Austenítísk uppbygging þeirra gerir þau vel suðuhæf og mótanleg.

*Hitaleiðni* krómstáls er u.þ.b. helmingi minni en hitaleiðni kolstáls. Hitinn helst því mun lengur í ryðfrírri suðu en suðu í kolstáli.

*Hitapenslustuðull* austenítísku stáls er u.þ.b. 50% hærri en kolstáls, og *rafleiðnivíðnám* ryðfrís stáls er 4-7 sinnum meira en kolstáls. Það veldur því að ryðfrír suðupinnar verða auðveldlega rauðglóandi, og eru þeir því yfirleitt framleiddir nokkru styttri.

Það á alltaf að hafa sem minnst orkuflæði við suðu á ryðfríu stáli.

#### Álmeimi

Ál er framleitt úr bauxíti, sem er rauðleitur leir sem verður til við náttúrulegt niðurbrot bergtegunda sem innihalda ál (ca. 25-30%). Bauxít inniheldur að auki lítið magn járn og kísils.

Ál er létt, þ.e.a.s. það hefur lága eðlisþyngd, 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Það er einnig sterkt, með brotmörk allt upp í 700 N/mm<sup>2</sup>. Það hefur mikla tæringarmótstöðu með þunnri oxíðhúð sem verndar. Það er leiðandi - leiðir vel bæði hita og rafmagn. Það er auðvinnanlegt, húðunarhæft, vel hæft til suðu og lóðningar og endurvinnanlegt. Áli er skipt í þrjá meginflokk; óblandað (hreint) ál, ekki-herðanlegar blöndur og herðanlegar blöndur.

Ál er oft blandað þar sem hreinn málmurinn er býsna mjúkur. Óblandað ál er 99,0, 99,5 eða 99,7% hreint. Óherðanlegar blöndur innihalda lítilsháttar magn af Mn eða Mg, en herðanlegar blöndur innihalda Cu, Mg + Si eða Zn + Mg.

Algengast er að nota einhverja hlífðargassuðu-aðferðina við suðu áls:

- TIG-suða sem notuð er við suðu á þunnu efni (< 9 mm)
- MIG-suða sem notuð er við suðu í þykkara efni (> 3 mm)

Þegar krafist er mikils suðuhraða og til að minnka formbreytingar, er notuð MIG-suða með púlsandi ljósþoga sem veitir betri stjórn á suðupollinum (þunnt efni; allt að 1,5 mm), stöðugri ljósþoga og mun minna suðuspraut.

Plasma- og leysigeislasuða verður æ algengari.

MMA (handstýrð pinnasuða) er stundum notuð, en hentar illa ef smíðisgripurinn á á hættu að verða fyrir álagi.

## Koparmelmi

Eir er unninn úr málmgrýti, sem inniheldur einungis u.þ.b. 0,8% eir. Eir er eðlisþungur, 89 g/cm<sup>3</sup>, hefur há brotmörk og er tæringarþolinn. Eir er þess utan góður leiðari fyrir bæði hita og rafmagn. Hægt er bæði að log- og rafsjóða eir, en lóðun er hentugust. (til lóðunar er hér talið það sem í daglegu tali er kallað að „koparbrasa“, en heitir með réttu *hardlóðun*).

Til eirblandna telst t.d. *látún* (*messing*) (eir og zink) í mismunandi útgáfum, og *brons* (eir og tin).

## Nikkelmelmi

Nikkelblöndur eru helst notaðar þar sem þörf er á mikilli tæringarmótstöðu við erfiðar aðstæður, eða þegar krafist er álagsþols eða mótstöðu gegn formbreytinum við hátt hitastig.

Vissar nikkelblöndur henta vel við mjög lágt hitastig.

Flestar nikkelblöndur standa utan við staðla og eru seldar undir nafngiftum framleiðenda sinna, t.d.:

*Monel* (Ni 66-67%, Cu 30%, Fe 2-3 %, Mn 1%)

*Inconel* (Ni 60-75%, + Cr, Mo, Fe Nb)

*Incoloy* (Ni 42%, Cr 22%, Mo 3%, Ti 1%, Ferest)

*Hastelloy* (Ni 45-60% , + Cr, Mo, W Fe)

## Títan - efni framtíðarinnar

Títan er eitt af nýu algengustu frumefnum jarðskorpunnar. Vinsældir efnisins aukast jafnt og þétt þar sem krafist er léttleika, mikils álagsþols og afburða tæringarþols við erfiðar aðstæður. Notkun títans og títanblandna er þess vegna stöðugt að aukast.

Eðlisþunginn er aðeins 4,5 kg/dm<sup>3</sup> og flokkast því títan til léttmálma. Styrkurinn er á við styrk í besta stáli.

Títan er mótanlegt, en leiðnihæfni fyrir hita og rafmagn lág. Títan er hægt að nota við aðstæður sem eru afar tærandi, vegna verndandi eiginleika oxíðhúðarinnar sem það myndar; TiO<sub>2</sub>.

## Steypujárn

Steypujárn er járn sem blandað er með meira en 2% kolefni. Samkvæmt skilgreiningunni er það hið mikla kolefnisinnihald sem greinir steypujárn frá hinum ýmsu gerðum stáls. Því er skipt í fimm flokka: grátt steypujárn, seigjárn, hvítt steypujárn, aducerjárn og blandað steypujárn.

Vandasamt er að sjóða steypujárn vegna þess að í uppbyggingunni er kolefni í formi *grafíts* og/eða *karbíta*. Þessi efni losna og mynda *cementít* uppbyggingu sem er hörð og hefur míkróuppbyggingu sem hættir mjög til að springa. Einkenni efnisins er lágt brotþol og seiglan er nákvæmlega engin.

## Skoðun og prófun

### Skaðlausar prófanir

Áður en hafist er handa við suðuna verður að ganga úr skugga um að lögun suðuraufarinnar standist þær kröfur sem til hennar eru gerðar. Að raufin og svæðið næst henni sé hreint og laust við galla og að hlutum vinnslustykkisins sé vel stillt upp og festir.

Á meðan á suðu stendur er fylgt með:

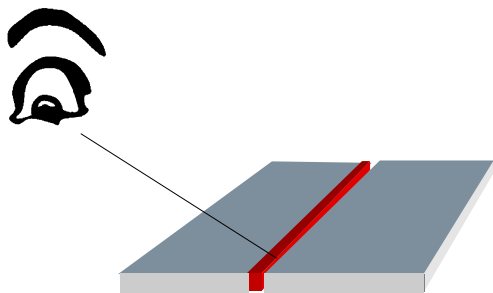
að fullnægjandi innbræðsla fái á milli grunnefnis og suðustrengja við fjölstrengjasuðu

að uppgefin forhitun sé rétt, og að millistrengjahiti sé réttur við fjölstrengjasuðu

að meðferð suðuefnis sé samkvæmt tilvísunum framleiðanda.

Eftir suðuna er athugað:

- að vinnslustykkið sé hreint og laust við suðulús, gjall og leifar reyks frá suðunni
- að slípun eða gjallhreinsun hafi ekki valdið sárum, sprungum eða öðrum göllum sem skaðað geta vinnslustykkið
- að hugsanleg rétting sé framkvæmd þannig að vinnslustykkið skaðist ekki
- að högg- eða önnur för eftir verkfæri sjáist ekki í þeim mæli að talist geti til skaða



### Prófun með sprunguleitarvökva

Yfirborðsprófun með sprunguleitarvökva til að finna galla sem eru á yfirborði vinnslustykkis hentar sérstaklega vel austenítísku efni.

Aðferðin byggir á því að litaprófunarefni, rauðri þunnfljótandi olíu sem hefur lága yfirborðsspennu er sprautað yfir prófunarflötinn. Með hárpípukraftinum þrengir hún sér niður í þröngar sprungur sem eru á efninu.

### Segulprófun

Segulprófun hentar til leitar að göllum sem eru rétt undir yfirborði efnisins, í öllum segulnæmum efnum. Aðstæður til prófunar þurfa helst að vera nokkuð góðar.

### Gegnumlýsing (Röntgen)

Til leitar að göllum sem eru inniluktir í efninu. Aðferðin hentar öllum efnum.

Við röntgenprófun er nýttur sá eiginleiki stuttrar bylgjulengdar röntgengeislanna að þrengja sér í gegnum efni.

### Hljóðbylgjuþrófun

Hljóðbylgjuþrófanir henta sérstaklega vel við suðu- og efnisþrófanir til að finna innri galla, og við þykktarmælingar. Henta síður austenítísku efni.

Aðferðin byggir á bergmáli, rétt eins og þegar hrópað er að hamravegg; þ.e. að hljóðið endurvarpast. Meginmunurinn er sá að við hljóðbylgjuþrófanir er notað hljóð með afar stuttri bylgjulengd og með hárrí títíni.

### Aflfræðilegar þrófanir

Mat á burðarþolseiginleikum efnis og suðuskeyta fer fram með ýmsum aflfræðilegum þrófunum.

### Togþrófun

Við togþrófun er prófstafurinn látinn verða fyrir beinu togálagi þar til hann brestur. Yfirleitt er togkrafturinn fenginn með vökvabúnaði. Við prófunina lengist prófstafurinn. Þessi lenging er skráð í vélinni sem ritar graf af prófunarferlinu. Álagið eykst jafnt og þétt þar til prófstafurinn brestur.

### Höggþolsprófun

Höggþolsprófun er gerð til að meta hve stökkt efnið og suðuskeytin eru.

Prófstafurinn á að vera vélunninn og er oftast 10 x 10 mm í þverskurð og 55 mm langur.

### Beygjuþrófun

Við beygjuþrófun suðuskeyta er reynt að sýna fram á að efnið þoli beygingu í ákveðinn gráðufjölda án þess að gallar komi fram. Beygjuþrófun er notuð til þess að kanna sambræðslu suðuefnis og grunnefnis.

### Brotþrófun

Til að rannsaka einsleitni (homogenitet) suðuskeytis eftir brot er notað brotþróf til að kanna hvort til staðar séu gallar eins og innilukt gjall, loftbólur eða bindigallar.

### Hörkumælingar

Hörkumælingar eru gerðar til að mæla hörku efnis. Með hörku er átt við mótstöðu efnisins gegn því að öðru efni sé þrýst inn í það. Harkan er þrófuð með því að hörðum hlut, ólíkum að lögun eftir mælingaraðferð, er þrýst inn í yfirborð efnisins. Farið, sem verður því stærra eftir því sem efnið er mýkra, segir til um hörku efnisins.

## Makró- og mikroprófanir

Við makróranssókn er þverskurðaryfirborð suðunnar skoðað, einsleitni og innbræðsla í grunnefnið. Þetta er gert til þess að kanna makróuppbygginguna í suðuskeytunum.

Með míkroranssóknnum er skoðuð míkrouppbygging (þverskurðaryfirborð) suðu, HAZ og grunnefnis.

## Yfirlit yfir soðna hluti

Pinnasuða var ráðandi suðuaðferð fram á miðjan áttunda áratuginn, ef miðað er við selt magn suðuefnis.

Um 1990 minnkaði sala suðupinna með hulu mikið, sérstaklega í Vestur-Evrópu og Japan, en minnkunin í Bandaríkjunum var minni, aðallega vegna þess að MIG/MAG-suða hafði þegar náð fötfestu þar.

Pinnasuðan hefur afar breitt notkunarsvið, bæði hvað varðar efni, suðustöður, möguleika á að sjóða innanhúss eða utan. Suðubúnaður er einnig fjölbreyttur. Gæði suðuefnisins eru einnig góð.

Takmarkanir aðferðarinnar liggja í framleiðninni. Afkastagetan er takmörkuð ef borið er saman við óhúðað suðuefni, vegna þess að hulan getur skaðast af háum hita.

Pinnaskipti og gjallhreinsun taka líka sinn tíma. Aðferðin hentar heldur ekki til vélvæðingar vegna þess að mötun suðuefnisins er ekki samfelld.

## Framtíðarhorfur

Margir hafa velt því fyrir sér hvernig starf suðumannsins kemur til með að vera þegar fram líða stundir. Það mun verða erfitt að fá fólk í starfið nema hægt verði að bjóða upp á mun betri starfsaðstæður en þær sem ráðandi eru í dag.

Tækniþróunin er - og á eftir - að breyta þeim kröfum sem gerðar eru til suðumanna. Ungt fólk gerir þegar í dag ýmsar kröfur til framtíðar sinnar og atvinnu. Þær kröfur eru meðal annars um að geta fullnægt sköpunargleðinni, möguleika til framþróunar í starfi, fjölbreytni í starfi og óbeint að starfið stuðli að bættri sjálfsímynd.

Vinnuaðstæðurnar hafa vissulega batnað, svo mjög að starfið telst ekki lengur heilsuspillandi. Líkamlegur styrkur skiptir ekki lengur máli. Ein afleiðing þessa er að konum fjölgar í greininni. Sú þróun sem gert er ráð fyrir að verði í greininni, felur líka í sér að enginn á

að þurfa að vinna einhæf störf alla starfsævina, en það minnkar einnig líkurnar á heilsutjóni.

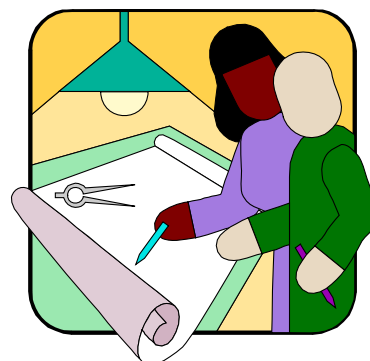
Suðuvinna verður þó ekki, í fyrirsjáanlegri framtíð, algerlega laus við hávaða, reyk eða líkamsálag.

Vinna suðumannsins felur í sér mun meira en bara að sjóða. Framleiðsluáætlanir, ferlisgæsla og samskipti við viðskiptavinum eru sjálfsagðir þættir starfsins. Suðumaðurinn verður að skilja alla þætti suðuferilsins og geta gripið til þeirra aðgerða sem þarf til að bestur hugsanlegur árangur náist.

Menntun suðumanna fer fram í nánú samstarfi við starfandi aðila í greininni. Fulltrúar greinarinnar (suðumenn, tæknimenn, stjórnendur fyrirtækja o.s.frv.) taka virkan þátt í þróun námsins.

Meginhluti námsins fer fram innan veggja skólans. Þó verður samstarfið milli skóla og fyrirtækja að vera til staðar til að þróa námið áfram.

Símenntun sem mikið hefur verið talað um er loks að verða að veruleika í málsuðu. Nú geta suðumenn að loknu EW (European Welder) námi haldið áfram að mennta sig innan EWF-kerfisins.



*Gerð framleiðsluáætlana mun líklega verða æ stærri hluti af starfi suðumannsins í framtíðinni.*

## Verkleg æfing 2-3

Tími ca. 20 + 20 klst.

## Stúfsuða V-rauf (E7P-2-1, E7P-3-1)

Kafla E 6.1 hófst með tveimur æfingum þar sem soðið var í stöðu PF, þ.e.a.s. að vinnslustykkin voru úr plötuefni en hölluðu í öðru tilfellinu fram en í hinu aftur í 45°. Þær æfingar voru mest til undirbúnings þeim rörasuðuæfingum sem nú hefjast. Notið suðuferilslýsingar nr. E7P-2-1 og E7P-3-1.

|                                                                                |                                                      |                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>2 st stálrör 8 x Ø 168 mm<br>2 st stálrör 5,5 x Ø 89,0 mm | <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 46 4 B12 H10<br>E 42 3 B 32 H5 | <b>Staða: PC</b>  |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Framkvæmið:

Skerið og slípið rörin. Punktið þau saman í stöðunni PA.

Festið vinnslustykkið í stöðunni PC og sjóðið botnstrenginn.

Byrjið að sjóða þannig að þið náðið sem lengstum suðukafla í einu. Ef byrjað er rangt er einungis hægt að sjóða stutta kafla í einu, en það þýðir mörg pinnaskipti. Það á að vera hægt að fara hringinn á 1 til 2 pinnaskiptum.

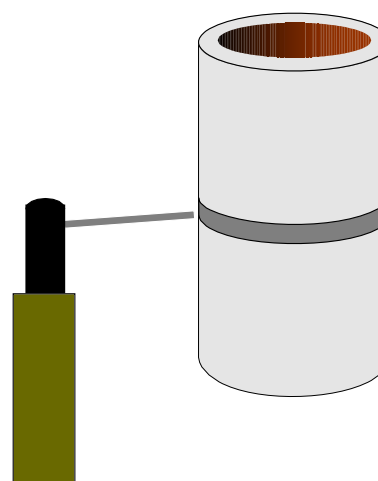
**Hafið í huga:**

Haldið réttum pinnahalla - allan tímann!

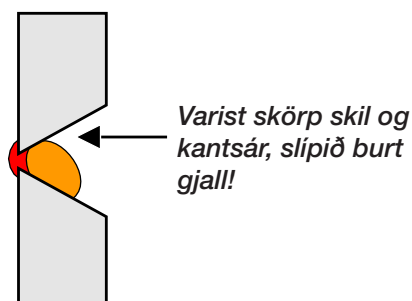
Gætið þess við suðu á streng 2 að ekki verði skörp skil við yfirborð raufarinnar. Ef kantsár myndast þar, er nauðsynlegt að slípa, til að forðast inniluktar gjallleifar.

Hugið einnig að vinnustellingunni. Sitjið ekki of lengi með handleggina á lofti!

Sjóðið æfingu 3 á sama hátt og æfingu 2. Fylgið leiðbeiningunum í WPS.



Byrjaðu suðuna þannig að þú náir sem lengstri suðu í einu.



Varist skörp skil og kantsár, slípið burt gjall!



## Verkleg æfing 4

Tími ca. 5 klst.

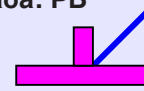
## Rör við flangs (E7P-4-1)

Enn ein æfing í að sjóða rör við flangs, en í þetta skipti í stöðu PB. Notið suðuferilslýsingu nr. E7P-4-1.

**GRUNNEFNI:**  
1 st stálrör 5,5 x Ø 89,0 mm  
1 st flangs 10 x 180 mm

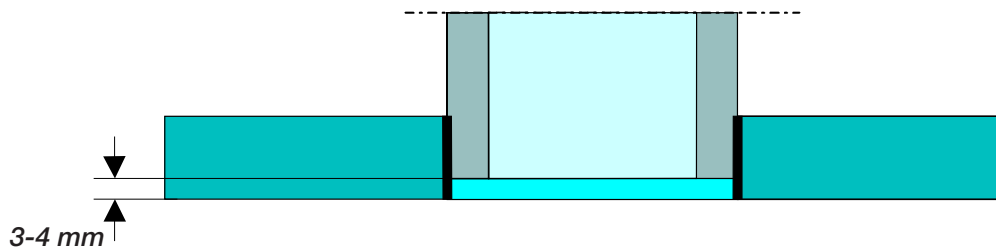
**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PB



## Framkvæmið:

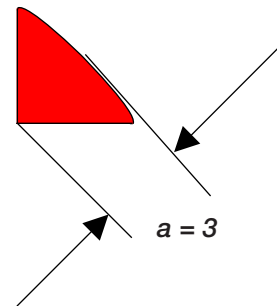
Punktið saman rör og flangs eins og sýnt er á myndinni.



Sjóðið og gjallhreinsið. Hugið að pinnahallanum.

Mælið a-málið allan hringinn. Frávik undir máli mega ekki koma fyrir.

Yfir máli mega frávik mest vera 0,5 mm.



## Verkleg æfing 5

Tími ca. 10 klst.

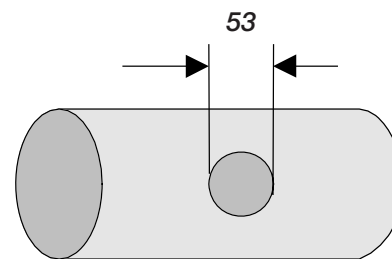
## Röragrein (E7P-5-1)

Þessi æfing er dálítið öðruvísi en hinar fyrri. Segja má að þetta sé sambland af röri við flangs og röri við rör. Röragrein getur verið hornrétt eins og í þessu tilfelli en hún getur líka haft annað horn. Notið suðuferilslýsingu nr. E7P-5-1.

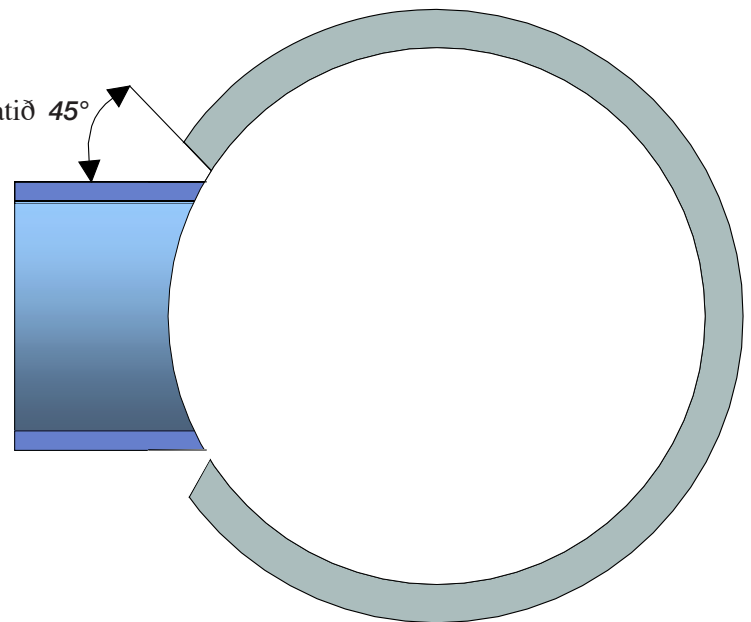
|                                                                                |                                                      |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>1 st stálrör 8 x Ø 168,0 mm<br>1 st stálrör 4,0 x 48,0 mm | <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 46 4 B12 H10<br>E 42 3 B 32 H5 | <b>Staða: PB</b><br> |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Framkvæmið:

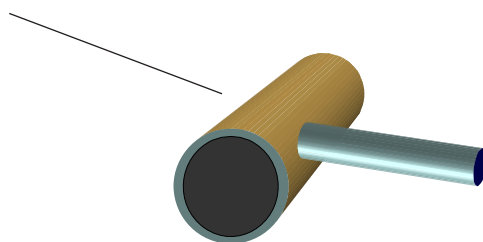
Formið enda litla rörsins þannig að það falli að hinu stærra. Skerið gat á það stóra og fellið rörin saman.



Fasið brúnir gatsins í 45°, stingið grennra rörinu í gatið 45° og punktið.



Sjóðið í stöðu PF: með bæði rörin í láréttri stöðu.



Nú er komið að prófi  
E 7.3!

## E7.2.1 Gerð suðuferilslýsinga (M5.2.4, T5.2.4)

### Hugtakið suðuferilslýsing (WPS); formleg aðferð til þess að koma vinnulýsingum til suðumanns

WPS = Welding Procedure Specification;

Upplýsingablað um það hvernig á að framkvæma suðuvinnuna, val suðuaðferðar, lögun suðufúgu, suðustillibreytur, hreinsun o.fl.

Nánari skilgreiningar um gerð suðuferilslýsinga er að finna í staðlinum ÍST-EN 288.

### Yfirlit yfir ÍST-EN 288 og ÍST EN ISO 15609-1

Í ÍST-EN 288, sem er í átta hlutum, er því lýst hvernig taka skal fram suðuferilslýsingar.

Hlutar staðalsins eru eftirfarandi:

1. Almennar reglur um bræðslusuðu.
2. Suðuferilsskilgreiningar fyrir ljósbogasúðu.
3. Suðuferilseftirlit fyrir ljósbogasúðu á stáli.
4. Suðuferilseftirlit fyrir ljósbogasúðu á áli.
5. Samþykki byggt á notkun viðurkennds suðuefnis.
6. Samþykki byggt á samanburði við fyrri reynslu.
7. Samþykki byggt á staðalsuðuferlum.
8. Samþykki byggt á úrtaksprófum.

### ÍST-EN 288-1 Almennar reglur

#### Beiting

Staðallinn skilgreinir almennar reglur um lýsingu og samþykki á suðuferilslýsingum. Staðallinn gerir ráð fyrir að soðið sé með hefðbundnum suðuaðferðum þar sem ferlinu er stýrt af suðumanni eða suðuvéla-stjórnanda sem fylgir WPS. Staðallinn skal gilda þegar krafist er samþykkis suðuferils, t.d. við samningagerð, í vörustöðlum, í reglum eða eftir kröfum yfirvalda.

#### Skilgreiningar

Í hverjum hluta eru skýrð þau hugtök sem eru notuð.

#### Skilgreining suðuferilslýsinga

Alla suðuvinnu á að skipuleggja á fullnægjandi hátt áður en framleiðsla hefst.

Hluti undirbúnings á að vera að taka fram WPS fyrir öll suðuskeyti. WPSin eiga að vera samkvæmt kröf-um ÍST-EN ISO 15609-1. Nákvæmni suðuferilslýsinganna á að hæfa samþykkisaðferðinni. Þær eiga að innihalda allar helstu stillibreytur sem hafa áhrif á eiginleika suðuskeytanna. Leyfð frávik helstu gilda skal taka fram.

WPS-in á að líta á sem *bráðabirgða* (pWPS) þar til þau hafa verið samþykkt samkvæmt staðlinum.

#### Samþykki

Samþykki WPS er hægt að byggja á eftirfarandi:

- Fyrri suðureynslu
- Viðurkenndu suðuefni
- Suðuferilseftirliti
- Almennit viðhöfðum suðuferlum
- Niðurstöðum prófana

Í viðbæti A við 288-1 eru leiðbeiningar um val og beitingu aðferða við samþykkt.

#### ÍST-EN ISO 15609-1 Suðuferilsskilgreining

Í staðlinum er tilgreint hvað á að vera tekið fram í suðuferilslýsingu (WPS) fyrir ljósbogasúður. Undirstöðuatriðin er einnig hægt að yfirfæra yfir á aðrar suðuaðferðir að því tilskildu að samkomulag samningsaðila liggi fyrir.

Þær stillibreytur sem tilgreindar eru í staðlinum eru þær sem hafa áhrif á málmfræðilega eiginleika, álagsþol, lögun og útlit suðuskeytanna.

**WPS á að tilgreina nákvæmlega hvernig suðuvinnan skal framkvæmd. ALLT sem skiptir máli við suðuvinnuna skal tekið fram.**

## ÍST-EN ISO15614-1 Suðuferilseftirlit fyrir ljósbogasúðu á stáli

Öll samþykki suðuferla á að gera eftir þessum staðli frá og með útgáfu hans.

Staðallinn ógildir ekki eldri ferilprófanir sem gerðar hafa verið, að því tilskildu að prófanirnar uppfylli þau tæknilegu skilyrði sem staðallinn setur og að prófanirnar hæfi þeirri framleiðslu sem ferlarnir eru ætlaðir.

Ef þörf er talin á viðbótarprófunum skulu þær gerðar samkvæmt þessum staðli.

Notkun eldri ferilprófana skal tekin fram í samningum og samþykkt af aðilum samnings.

### Beiting

Staðallinn gildir fyrir ljósbogasúðu á stáli og tekur yfir suðuadferðir samkvæmt ISO 4063:1990.

111 Pinnasuða

114 Suða með duftfylltum vír, án hlífðargass

12 Duftbogasúða

131 MIG-suða, hlutlaust hlífðargas

135 MAG-suða, virkt hlífðargas

136 MAG-suða með duftfylltum vír, með virku hlífðargasi

141 TIG-suða, hlutlaust hlífðargas

15 Plasmasuða

Aðrar suðuadferðir geta talist með eftir samkomulagi.

### Prófstykk

Prófstykkinn skulu vera nægilega stór til þess að tryggja að þau hitni ekki of mikið og þau skulu einnig að öðru leyti uppfylla skilyrði staðalsins. Prófstykkinn skal merkja með völsunarátt þegar krafist er höggþolsprófunar á hitaáverkaða svæðinu.


Lögun og minnstu mál prófstykkja eru gefin upp í staðlinum.

### Suða prófstykkja

Öll suða skal framkvæmd eftir pWPS og við skilyrði sem er að vænta í framleiðslu.

Suðustöður og takmarkanir á halla og snúningi prófstykkja á að vera samkvæmt ISO 6947.

Punktsuður skulu vera hluti prófstykkis ef slíkt



### SVETS DATABLAD (WPS)

Lernia ref nr: E2T-B

Kontrollföretags ref nr: \_\_\_\_\_

Plats: Lernia AB

WPAR nummer: 1444-1

Tilverkande företag: Lernia AB

Svetsarens namn: \_\_\_\_\_

Svetsmetod: MMA 111

Svetsstyp: FW/T

Fogberedning: \_\_\_\_\_

Framtagen av: Ivan Lund

Granskare eller provningsorganisation: STK Inter Test AB

Metod för hållning: \_\_\_\_\_

Antal, hålllängd, avstånd: 1 st, 5 mm, 9/ m

Metod för fogberedning och rengöring: \_\_\_\_\_

Specifikation för grundmaterialet: A: Fe 360 B  
B: Fe 360 B

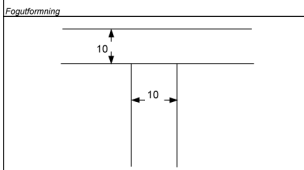
Materialjocklek (mm): A: 10,0-10,0 B: 10,0-10,0

Ytterdiameter (mm): A: \_\_\_\_\_ B: \_\_\_\_\_

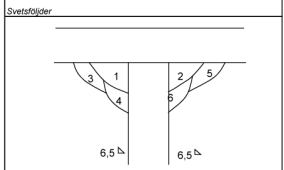
Svetsläge: P/D

Svetsklass: SS-ISO 5817 B

**Fogutformning**



**Svetsföljder**



| Sträng | Metod | Tillsats-material | Klass | □ mm | Pot | Ström (A) | Spänning (V) | Träkmätning<br>mm/min | Framföring/ stränglängd<br>mm/min | Sträckenergi<br>(kJ/mm) |
|--------|-------|-------------------|-------|------|-----|-----------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1      | 111   | ESAB OK48.00      | E7018 | 3,2  | DC+ | 115 - 145 | 23,5 - 24,5  | -                     | 205 - 250                         | 0,9 - 1,2               |
| 2-3    | 111   | ESAB OK48.00      | E7018 | 3,2  | DC+ | 130 - 160 | 23,5 - 24,5  | -                     | 180 - 220                         | 1,0 - 1,4               |
| 4      | 111   | ESAB OK48.00      | E7018 | 3,2  | DC+ | 110 - 140 | 23,5 - 24,5  | -                     | 205 - 250                         | 0,9 - 1,2               |
| 5-6    | 111   | ESAB OK48.00      | E7018 | 3,2  | DC+ | 130 - 160 | 23,5 - 24,5  | -                     | 205 - 250                         | 1,0 - 1,4               |

Särskild värmning eller torkning: \_\_\_\_\_

Skyddgas/pulver - toppsidan: \_\_\_\_\_

Rotsidan: \_\_\_\_\_

Gasflöde - toppsidan: \_\_\_\_\_

Rotsidan: \_\_\_\_\_

Gaskåpa dimension: \_\_\_\_\_

Worframelektrod typistorlek: \_\_\_\_\_

Rotmejsling/rotstöd, detaljer: \_\_\_\_\_

Förhöjd arbetstemperatur: 20°C

Mellansträngtemperatur max: 250°C

Annan information\*: \_\_\_\_\_

T ex. pendling (maximal strängbredd): \_\_\_\_\_

Oscillering: Amplitud, frekvens, hålltid: \_\_\_\_\_

Pulsvetnings detaljer: \_\_\_\_\_

Munstycksavstånd: \_\_\_\_\_

Plasmasvetsning, detaljer: \_\_\_\_\_

Brännarvinkel: 70-80 grader

Efterföljande värmebehandling och/eller åldring: \_\_\_\_\_

Tid, temperatur, metod: \_\_\_\_\_

Uppvärmnings- och svalningshastighet\*: \_\_\_\_\_

\* om så erfordras

Tilverkare: \_\_\_\_\_

Namn, datum och namnteckning

Granskare eller provningsorganisation: \_\_\_\_\_

Namn, datum och namnteckning

Kvalificerad enligt: W11 287-1, Grupp 9 288-3  
Norm: SS-EN 288-3 AD-HP 1/2

Dæmi um suðuferilsýsingu (WPS).

kemur fyrir í framleiðslunni. Suða og prófun skal framkvæmd undir eftirliti skoðunaraðila eða fulltrúa prófunarstofnunar.

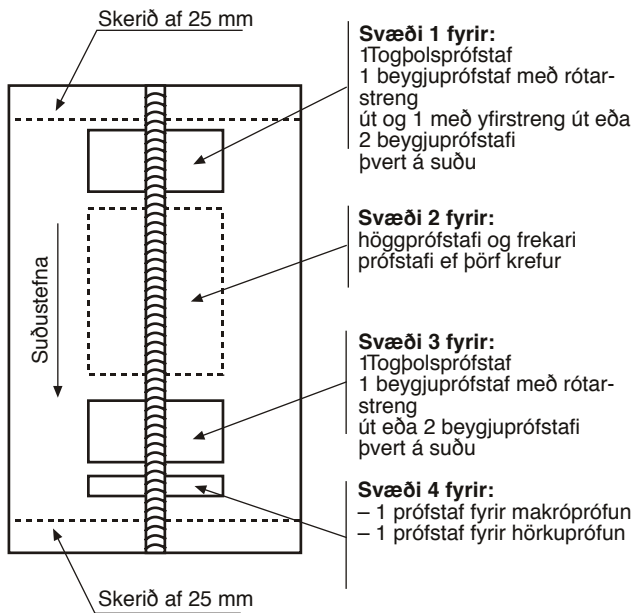
### Rannsókn og prófun

Prófunin felur í sér bæði skaðlausar og skaðandi prófunaraðgerðir, eftir aðstæðum valið úr eftirfarandi:

- útlitsskoðun
- röntgen- eða ultrahljóðprófun
- sprunguleit
- togþolsprófun þvert á suðu
- beygjuprófun þvert á suðu
- höggþolsprófun
- hörkuprófun
- makróprófun

Gæðakröfur á suðum fyrir skaðlausar prófanir eru samkvæmt ÍST-EN-ISO 5817, flokkur B, nema fyrir suðukúf og A-mál þar sem flokkur C gildir.

Staðsetning prufustafa er samkvæmt mynd 6-9 í staðlinum.



### Endurpröfun

Ef suðurnar uppfylla ekki gerðar kröfur við prófanir á ekki að samþykka suðuferilinn. Það er leyfilegt að framkvæma eitt ferilpróf til viðbótar.

Ef einstakur prófstafur stenst ekki kröfur vegna galla á lögum suðunnar má taka tvo nýja stafi til endurpröfunar. Ef annarhvor þeirra er ekki samþykktur á ekki að samþykka viðkomandi suðuferil.

### Gildissvið

WPS sem er samþykkt til suðuframléiðslu gildir á verkstæðum og uppsetningarstöðum sem eru undir sömu tæknistjórn.

Á suðuferilsprófinu er hægt að byggjasamþykki suðuferilslýsingar að því tilskildu að frávik á breytipáttum hennar séu innan gildissviðs suðuferilprófsins.

Helstu breytipættir eru:

- grunnefni, sjá samanburðartöflu
- efnisþykkt
- suðuaðferð
- suðustaða
- fúgugerð
- suðuefni
- straumgerð

- orkuflæði
- forhitun
- millistrengjahitastig
- eftirfarandi hitameðferð

### SAMANBURÐARTAFLA

| Stálflokkar                 |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Suðupróf samkv. ÍST- EN 287 | Suðuferill samkv. EN-288-3         |
| W01                         | 1                                  |
| W02                         | 4, 5, 6                            |
| W03                         | 2, 3, 7 Nikkel blandað stál        |
|                             | Gildir ei 5% < NI% 9% <sup>1</sup> |
| W04                         | 8                                  |
| W11                         | 9                                  |

<sup>1</sup> Sérstakt suðupróf

Viss mismunur er á suðuprófi samkvæmt ÍST-EN 287-1 og ferilprófinu ÍST-EN 288. Mestur er munurinn á flokkun stálsins samkvæmt ÍST-EN 288-3, sjá töflu.

## ÍST-EN 288-4

### Suðuferilseftirlit fyrir ljósbogasuðu á áli og álblöndum

Staðallinn gildir fyrir ljósbogasuðu á áli og sjóðanlegum álblöndum samkvæmt ISO 2092 og 2107.

Umræddar suðuaðferðir eru:

- 131 MIG-suða
- 141 TIG-suða
- 15 Plasmasuða

Staðallinn segir til um framkvæmd suðunnar og hvaða prófanir á að gera og fylgir sömu grundvallarreglum og 288-3.

## ÍST-EN ISO 15610

### Samþykki byggt á notkun viðurkennds suðuefnis

Samþykkið á að vera unnið af skoðunaraðila eða fulltrúa prófunarstofnunar og skal vera grundvallað á innihaldslýsingu grunnfnisins samkvæmt EN staðli á flokkunarskýrslu suðuefnisins og á ákveðnu pWPS samkvæmt ÍST-EN- ISO 15609-1.

Samþykkið gildir svo lengi sem hið viðurkennda suðuefni er notað.

Samþykkið skal skráð með undirskrift skoðunar-aðilans og dagsetningunni á viðkomandi pWPS.

## ÍST-EN 288-6 Samþykki byggt á samanburði við fyrri reynslu

Mörg verkstæði búa yfir mikilli reynslu af framleiðslu soðinna stálvirkja þar sem eftirlit þriðja aðila hefur komið við sögu og þar sem reynsla af notkun hefur sannað gæði framleiðslunnar.

Taka skal fram pWPS í samræmi við ÍST-EN- ISO 15609-1 byggt á fyrri reynslu sem á að vera sannprófuð með skýrslum frá viðurkenndum prófunum eða rannsóknum sem sýna að tæknilegar kröfur sem gerðar eru til framleiðslunnar eru uppfylltar. Tvær leiðir eru nefndar til sannprófunar:

1. Skýrslur frá prófunum (t.d. skaðlausum prófunum, þrýstiprófunum) ásamt samantekt um suðuframleiðslu a.mk. eins árs.
2. Skráð langtímareynsla sambærilegra suðuskeyta (fimm ára reynsla telst hæfilegt).

Gildissvið suðuferilslýsingar er samkvæmt ÍST-EN ISO 15614 og 288-4 og gildir á meðan framleiðslan fer fram á tilgreindan hátt. Samþykkið er skráð með undirskrift skoðunaraðilans og dagsetningu á pWPS.

## ÍST-EN 288-7 Samþykki byggt á staðalsuðuferlum

Staðalsuðuferilslýsing á að standast kröfurnar í ÍST-EN- ISO 15609-1 og á að vera samþykkt af óháðum skoðunaraðila eða prófunarstofnun sem staðfestir að suða og prófanir fari fram eftir þeim reglum sem eru í ÍST-EN 288. Fyrirtæki sem hafa tekið fram samþykktar staðalsuðuferilslýsingar geta notað þær til þess að byggja á aðrar suðuferilslýsingar sínar. Notkun staðalsuðuferla getur takmarkast af vöruviðmiðunum eða kröfum í samningum.

Notkun staðalsuðuferla er háð því að hæfur suðutæknistjóri sé til staðar samkvæmt ÍST-EN-719 og að gæðastjórnunarkerfi fyrirtækisins uppfylli þann hluta af ÍST-EN-729 sem við á.

Staðalsuðuferlar gilda svo lengi sem ofanefndum kröfum er fullnægt.

## ÍST-EN 288-8 Samþykki byggt á úrtaksprófum

Úrtaksprófun á suðum getur komið til greina þegar lögun og stærð prófstykkjanna samkvæmt 288 hæfir

ekki þeim suðufúgum sem um ræðir. Prófstykkinn eiga að hæfa viðeigandi vörustaðli eða á annan hátt hljóta samþykki samningsaðila. Taka skal fram pWPS fyrir suðu prófstykkjanna.

Suðan skal samsvara væntanlegum aðstæðum við framleiðsluna.

Prófunin á, að því leyti sem mögulegt er, að innihalda þær aðgerðir sem eru í 288. Yfirleitt á að framkvæma eftirfarandi prófanir:

- útlitsskoðun
- yfirborðsprófun
- makróprófun
- hörkuprófun (fer eftir efniskröfum)

Samþykkið verður í samræmi við viðeigandi hluta af 288 en takmarkað við þá fúgugerð sem notuð var í úrtaksprófuninni.

Ferlissamþykkið gildir svo lengi sem framleiðslan fer fram á sama hátt og þegar prófunin var gerð.

WPAR á eins og hægt er að samræmast ÍST-EN ISO 15614-1 eða 288-4.

## Ferlið við að samþykkja WPS fyrir framleiðslu

Þegar taka skal fram suðuferilslýsingu sem á að samþykkja samkvæmt ÍST-EN 288 getur grunnurinn verið bráðabirgða WPS (pWPS) frá áður þekktum suðuferlum. Það eru einnig til tölvuforrit, t.d. Svejsplan, sem geta tekið fram pWPS.





Suðutæknistjóri verður að samþykkja hvora leiðina sem notuð er.

Það þarf hæfan og reyndan suðumann til að framkvæma suðuna eftir bráðabirgða ferilslýsingu. Hann er einnig sá sem ákveður hvernig suðuvinnan fer fram eftir samþykktari suðuferilslýsingu í framleiðslunni.



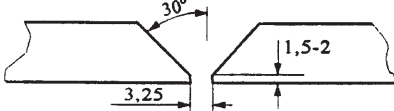
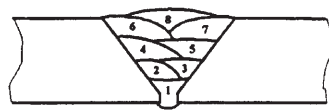



**Bráðabirgða suðuferilslýsing** - sem þýðir bráðabirgða suðuleiðbeiningar eins og um fúguundirbúning, suðuaðferð, straum, færsluhraða, punkun, hreinsun o.fl. - sjá viðbæti 1.

Með þessu þarf að fylgja skýrsla um suðuferil, WPAR (Welding Procedure Approval Record) sem er í þremur hlutum, sjá næstu síður.

1. hluti - er Vottunarskírteini svokallað WPAR skírteini (Welding Procedure Approval Record form): vottorð um að suða og prófun hafi skilað fullnægjandi niðurstöðum - sjá að neðan.


|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 | <b>PROTOKOLL FRÅN PROCEDURPROVNING (WPAR)</b><br>Welding Procedure Approval - Test certificate (WPAR)             |                | <br>1181                                                            | WPAR 1/3<br><b>RAPPORT</b><br>utfärdad av ackrediterat laboratorium<br>REPORT issued by an Accredited Laboratory |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 | Tillverkarens svetsprocedur: 111 T01 HL-201<br>Manufacturer's welding procedure:                                  |                | Provningsorganisation: AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING<br>Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd                                            |                                                                                                                  |
| Referens nr:<br>Reference No:                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | G-5085                          | WPAR nr:<br>WPAR No:                                                                                              | 111 T01 HL-301 |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Tillverkare:<br>Manufacturer:                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | AmuGruppen Väst AB              |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Adress:<br>Address:                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 400 60 GÖTEBORG                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Provningsstandard:<br>Code/testing standard:                                                                                                                                                                                                                                                                                     | SS-EN 288-3/AD-Merkblatt HP 2/1 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Datum för svetsningen:<br>Date of welding:                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1994-12-01                      |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| <b>Godkännandets omfattning</b><br>Extent of approval                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Svetsmetod:<br>Welding process:                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 111                             |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Fogtyp:<br>Joint type:                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BW                              |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Grundmaterial (s):<br>Parent metal (s):                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Grupp 1 (SS 2172)               | Värmebehandlingsstillstånd: -<br>Conditions of tempered:                                                          |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Tjocklek (mm):<br>Metal thickness (mm):                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6-25                            |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Ytterdiameter (mm):<br>Outside diameter (mm):                                                                                                                                                                                                                                                                                    | >80                             |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Typ av tillsatsmaterial:<br>Filler metal type:                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ESAB OK 48.00/Similar           |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Skyddsgas/flöde:<br>Shielding gas/flux:                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -                               |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Typ av ström:<br>Type of welding current:                                                                                                                                                                                                                                                                                        | -                               |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Svetslägen:<br>Welding positions:                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Alla                            |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Förhöjd arbetstemperatur:<br>Preheat:                                                                                                                                                                                                                                                                                            | min 10°C                        |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Efterföljande värmebehandling och/eller åldring: -<br>Post-weld heat treatment and/or ageing:                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Annan upplysning: -<br>Other information:                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| <p>Härmed intygas att provsvetsar bereddes, svetsades och provades med tillfredsställande resultat enligt fordringarna i ovan angiven provningsstandard.<br/>         Certified that test welds prepared, welded and tested satisfactorily in accordance with the requirements of the code/testing standard indicated above.</p> |                                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Plats<br>Location                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Utskriftsdatum<br>Date of issue | Provningsorganisation: AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING<br>Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd       |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| Göteborg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1995-01-12                      |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 | Namn, datum och signatur:<br>Name, date and signature:                                                            |                | <br>AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING<br>Swedish Plant Inspection Ltd |                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 | <br>Bror Gustafson 1995-01-12 |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
| SA 316.4 (EB) 941116<br>Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag. Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45001.                                                                                                                |                                 |                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |

2. hluti – er „skýrsla um suðupróf“: skýrsla sem í smáatriðum lýsir öllu suðuferlinu, sjá að neðan.


|                                   |                  | <b>DETALJER OM SVETSARPROV</b><br>Details of weld test                             |                            |                                 |                                                      | WPAR 2/3                                                                                             |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                                                                                    |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      | <b>RAPPORT</b><br>utfärdad av ackrediterat laboratorium<br>REPORT issued by an Accredited Laboratory |  |
| Ort:<br>Location:                                                                                                  |                  | Göteborg                                                                           |                            | Provningsorganisation: <b>AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING</b><br>Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd |                                                      | WPAR nr:<br>WPAR No:                                                                                 |  |
| Tillverkarens svetsprocedur:<br>Manufacturer's welding procedure:                                                  |                  | 111 T01 HL-201                                                                     |                            | 111 T01 HL-301                                                                                                     |                                                      | 1181                                                                                                 |  |
| Referens nr:<br>Reference No:                                                                                      |                  | G-5085                                                                             |                            | Metod för fogberedning och rengöring: <b>Svarvning/Slipning</b><br>Method of preparation and cleaning:             |                                                      | Specifikation för grundmaterialet: <b>SS-2172-03</b><br>Parent material specification:               |  |
| Tillverkare:<br>Manufacturer:                                                                                      |                  | AmuGruppen Väst AB                                                                 |                            | Materialtjocklek (mm):<br>Material thickness (mm):                                                                 |                                                      | 12,5                                                                                                 |  |
| Svetsarens namn:<br>Welder's name:                                                                                 |                  | Bror Börjesson                                                                     |                            | Ytterdiameter (mm):<br>Outside diameter (mm):                                                                      |                                                      | 168,0                                                                                                |  |
| Svetsmetod:<br>Welding process:                                                                                    |                  | 111                                                                                |                            | Svetsläge:<br>Welding position:                                                                                    |                                                      | H-LO45                                                                                               |  |
| Fogtyp:<br>Joint type:                                                                                             |                  | BW                                                                                 |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Fogberedning (skiss):<br>Weld preparation details (sketch):                                                        |                  |  |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Svetsdata<br>Welding details                                                                                       |                  |                                                                                    |                            | Svetsföljder<br>Welding sequences                                                                                  |                                                      |                                                                                                      |  |
|                                |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Sträng<br>Run                                                                                                      | Metod<br>Process | Tillsatsmaterial<br>Filler metal<br>Dimension<br>Size of                           | Strömstyrka A<br>Current A | Spänning V<br>Voltage V                                                                                            | Strömtyp<br>Type of current<br>Polaritet<br>Polarity | Matning *)<br>Feeding                                                                                |  |
| 1                                                                                                                  | 111              | 2,5                                                                                | 65                         | 21                                                                                                                 | DC+                                                  | -                                                                                                    |  |
| 2                                                                                                                  | 111              | 2,5                                                                                | 80                         | 22                                                                                                                 | DC+                                                  | -                                                                                                    |  |
| 3-8                                                                                                                | 111              | 2,5                                                                                | 90                         | 24                                                                                                                 | DC+                                                  | -                                                                                                    |  |
| Tillsatsmaterial, kodifiering och handelsnamn: <b>ESAB OK 48.00</b><br>Filler metal classification and trade name: |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Särskild värmebehandling eller torkning: -<br>Special baking or drying:                                            |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Skyddsgas/fluss: skydd: -<br>Gas/shield: shielding:                                                                |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| rotstöd: -<br>backing:                                                                                             |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Gasflöde - skydd: -<br>Gas flow rate - shielding:                                                                  |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| gasrotstöd: -<br>backing:                                                                                          |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Wolframelektrod, typ/dimension: -<br>Tungsten electrode type/size:                                                 |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Uppgifter om mejsling på baksidan: -<br>Details of back gouging/backing:                                           |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Förhöjd arbetstemperatur: 20°C<br>Preheat temperature:                                                             |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Mellansträngstemperatur: <250°<br>Interpass temperature:                                                           |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Efterföljande värmebehandling och/eller åldring: -<br>Post-weld heat treatment and/or ageing:                      |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Tid, temperatur, metod: -<br>Time, temperature, method:                                                            |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Uppvärmnings- och kylningshastigheter *): -<br>Heating and cooling rates:                                          |                  |                                                                                    |                            |                                                                                                                    |                                                      |                                                                                                      |  |
| Tillverkare: AmuGruppen Väst AB<br>Manufacturer:                                                                   |                  |                                                                                    |                            | Provningsorganisation: <b>AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING</b><br>Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd |                                                      |                                                                                                      |  |
| Namn, datum och signatur<br>Name, date and signature                                                               |                  |                                                                                    |                            | Namn, datum och signatur<br>Name, date and signature                                                               |                                                      |                                                                                                      |  |
|                                 |                  |                                                                                    |                            |                                |                                                      |                                                                                                      |  |
| Jan Hansson 1995-01-15                                                                                             |                  |                                                                                    |                            | Bror Gustafson 1995-01-15                                                                                          |                                                      |                                                                                                      |  |
| *) om så fordras<br>if required                                                                                    |                  |                                                                                    |                            |                               |                                                      |                                                                                                      |  |



3. hluti – er „prófunarniðurstaða“: skýrsla sem greinir frá öllum prófunum og niðurstöðum þeirra; ef suða og prófun hafa leitt til fullnægjandi niðurstöðu, fæst á endanum samþykkt suðuferilslýsing, WPS, samkvæmt ÍST-EN 288, sjá að neðan.



**PROVNINGSRISULTAT**  
Test results



**RAPPORT**  
utfärd av ackrediterat laboratorium  
REPORT issued by an Accredited Laboratory

1181

WPAR 3/3

|                                                                                 |                |                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tillverkarens svetsprocedur:<br>Manufacturer's welding procedure:               | 111 T01 HL-201 | Provningsorganisation: <b>AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING</b><br>Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd |
| Referens nr:<br>Reference No:                                                   | G-5085         | WPAR nr:<br>WPAR No:                                                                                               |
| Okulärbesiktning:<br>Visual examination:                                        | Godkänd        | Radiografisk undersökning *): Godkänd<br>Radiography:                                                              |
| Penetrant/magnetpulverprovning *): Godkänd<br>Penetrant/magnetic particle test: |                | Ultraljudundersökning *): -<br>Ultrasonic examination:                                                             |
|                                                                                 |                | Temperatur:<br>Temperature:                                                                                        |
|                                                                                 |                | +20°C                                                                                                              |

**Dragprov**  
Tensile test

| Typ/nr<br>Type/No      | Re<br>N/mm <sup>2</sup> | Rm<br>N/mm <sup>2</sup> | A % | Z % | Brottställe<br>Fracture location | Anmärkningar<br>Remarks |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----|-----|----------------------------------|-------------------------|
| Fordran<br>Requirement |                         | 490                     |     |     |                                  |                         |
| 1                      |                         | 562                     |     |     |                                  |                         |
| 2                      |                         | 555                     |     |     |                                  |                         |

|                              |                                          |
|------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Bockprov</b><br>Bend Test | <b>Dorndiameter:</b><br>Former diameter: |
|------------------------------|------------------------------------------|

| Typ/nr<br>Type/No | Bockningsvinkel<br>Bend angle | Förlängning *)<br>Elongation | Resultat<br>Result |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1 Toppsid         | 180°                          |                              | utan anm           |
| 2 Rotsida         | 180°                          |                              | "                  |
| 3 Toppsid         | 180°                          |                              | "                  |
| 4 Rotsida         | 180°                          |                              | "                  |

Makroudersökning: Godkänd  
Macro examination:

Mikroudersökning: Godkänd  
Micro examination:

|                                   |               |                   |  |                          |  |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|--|--------------------------|--|
| <b>Slagprov *)</b><br>Impact test | Typ:<br>Type: | Storlek:<br>Size: |  | Fordran:<br>Requirement: |  |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|--|--------------------------|--|

| Anvisningens läge/riktning<br>Notch locations/directions | Temp°C | Värden<br>Values |     |    | Medelvärde<br>Average | Anmärkningar<br>Remarks |
|----------------------------------------------------------|--------|------------------|-----|----|-----------------------|-------------------------|
|                                                          |        | 1                | 2   | 3  |                       |                         |
| Svets                                                    | -20°   | 162              | 116 | 68 | -                     | -                       |
| HAZ                                                      | -20°   | 156              | 132 | 94 | -                     | -                       |

**Hårdhetsprov \*)**  
Hardness test

|                                         |                                                                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Typ/belastning: HV 10<br>Type/load:     | Mätpunkternas lägen (skiss *) Enligt SS-EN 288-3<br>Location of measurements (sketch) |
| Grundmaterial: 152-162<br>Parent metal: | Punkt 7.4.5                                                                           |
| HAZ: 164-216<br>HAZ:                    |                                                                                       |
| Svetsgods: 183-197<br>Weld metal:       |                                                                                       |
| Andra prov: -<br>Other tests:           |                                                                                       |
| Anmärkningar: -<br>Remarks:             |                                                                                       |

Proven utförda enligt fordringar angivna i/av: SS-EN 288-3  
Tests carried out in accordance with the requirements of: AD-Merkblatt HP 2/1

Laboratorierapport, referens nr: 94 233212  
Laboratory report, reference No:


Provningsresultaten var godkända/  
Test results were acceptable/  
Proven utförda i närvaro av: -  
Test carried out in the presence of: -

\*) om så fordras  
if required


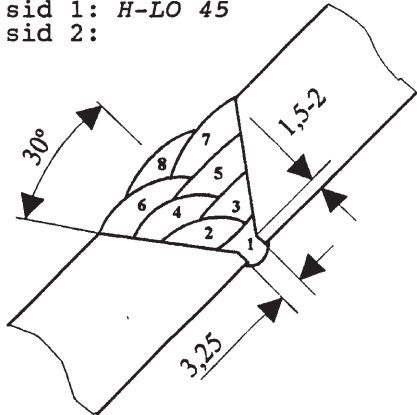
Namn, datum och signatur  
Name, date and signature

*Eiror Gustafson*

Eiror Gustafson 1995-01-15

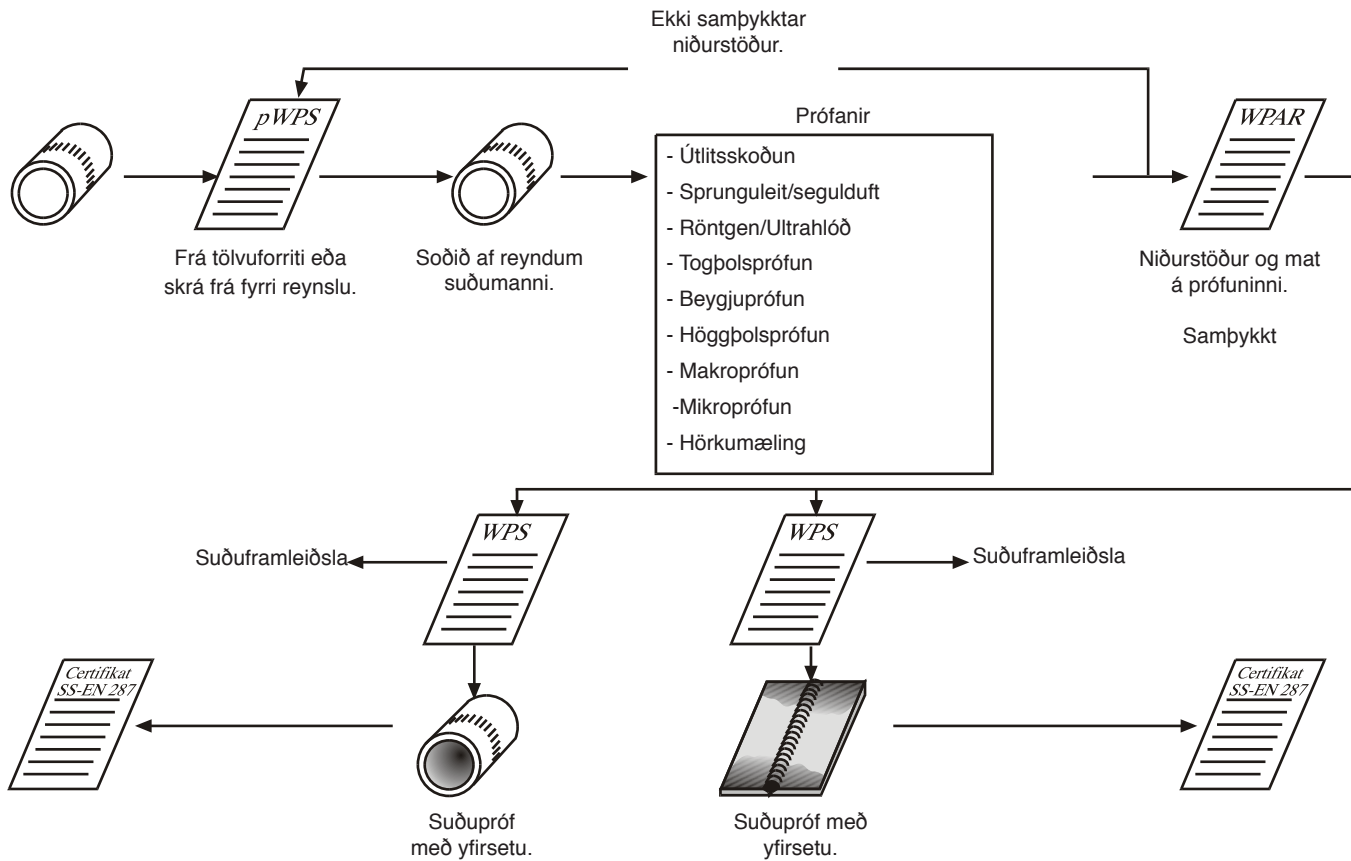


WPS – Suðuferilslýsing er endanleg afurð þegar suðan hefur staðist allar prófanir að viðbættum hugsan-legum aukakröfum. Hún á að vera undirrituð bæði af suðutæknistjóra og fulltrúa prófunarstofnunar, sjá að neðan.

|   | SVETS DATABLAD - WPS    |                                                                                               | WPS nr: 111T01HL201                             |                                              |                                 |                           |              |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------|----------|
|                                                                                    | Utgiven av: Jan Hansson |                                                                                               | Sida: 1 av 2                                    |                                              |                                 |                           |              |          |
|                                                                                    |                         |                                                                                               | Datum: 1995-01-24                               |                                              |                                 |                           |              |          |
| Utbildning: AmuGruppen                                                             |                         | Baserad på WPAR nr: 111T01HL.301                                                              |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
| Grundmaterial:<br>A: SS 2172<br>mot B: SS 2172                                     |                         | (W01)                                                                                         | Godstjocklek:<br>12.5 -12.5 mm<br>12.5 -12.5 mm | Rördiameter:<br>168 - 168 mm<br>168 - 168 mm |                                 |                           |              |          |
| Arbetstemp                                                                         |                         | Svetsklass: WB                                                                                |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
| Mellansträngstemp, max: °C                                                         |                         | Svetsort:                                                                                     |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
| Hantering av tillsatsmaterial:<br>Enligt tillverkarens anvisningar                 |                         | Fogberedning: Gaskärning, slipning<br>Slagging: Hacka, borste                                 |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
| Svets- sid 1: H-LO 45<br>läge: sid 2:                                              |                         | Rotstöd:<br>Fixtur:                                                                           |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
|  |                         | Häftning:<br>Fixering: rundstång                                                              |                                                 | Mejsling:                                    |                                 |                           |              |          |
|                                                                                    |                         | Min temp: °C<br>Häftlängd: 20 mm<br>Antal strängar: 2<br>Antal per m: 6<br>Svetsläge: H-LO 45 |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
| Anm: Svetsrikt.: Uppåt<br>Slipning: I rotsträngen<br>Övriga strängar min.          |                         |                                                                                               |                                                 |                                              |                                 |                           |              |          |
| Sträng                                                                             | Svetsmetod              | Tillsatsmaterial                                                                              | Dim mm                                          | Beteckning                                   | Gas / pulver<br>Gasflöde: l/min |                           |              |          |
| 1                                                                                  | 111                     | ESAB OK 48.00                                                                                 | 2.50/350                                        | AWS E 7018.                                  |                                 |                           |              |          |
| 2-8                                                                                | 111                     | ESAB OK 48.00                                                                                 | 2.50/350                                        | AWS E 7018.                                  |                                 |                           |              |          |
| Sträng                                                                             | Ström Pol               | Ström Ampere                                                                                  | Trådmatn m/min                                  | Kont avst                                    | Spänning Volt                   | Hast m/min / Str längd mm | Energi kJ/mm | Puls Anm |
| 1                                                                                  | DC+                     | 55- 75                                                                                        |                                                 |                                              | 18.0-24.0                       | 51- 67                    | 1.0-2.5      |          |
| 2-8                                                                                | DC+                     | 80- 105                                                                                       |                                                 |                                              | 20.5-28.0                       | 66- 90                    | 0.9-2.2      |          |

Suðumaður á að skilja, geta útskýrt og unnið eftir suðuferilslýsingu eða vinnuleiðbeiningum í framleiðslunni

Yfirlit yfir tilurð samþykks WPS samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1, sjá E 3.2.1.



HEIMILDIR ÞESSA HLUTA:

„Svensk Standard SS-EN 287, 288 o.fl.“ – Standardiseringskommissionen, SAQ-Kontroll AB Curt Johansson,  
 „Suðupróf“ – Lernia AB,

ATH! Allar þýðingar á innihaldi ÍST-EN-288 í þessum kafla eru mínar eigin og þar með birtar með fyrirvara, hér er ekki um að ræða tilvitnanir í opinbera íslenska útgáfu sem mér vitanlega er ekki til ennpá. Þýðandi.

## E7.2.2 Efni, önnur en kolefnisblandað stál (CMn) (M6.2.3, T6.2.3)

### Lágblönduð stál

Flestar eldri stálmerkingar eru nú smám saman að hverfa og í staðinn koma nýjar merkingar sem eru samkvæmt ýmsum stöðlum í EN-kerfinu.

Í nýja kerfinu hefur hvert efni tvær merkingar, bæði nafn og númer.

Nafnið samanstendur af blöndu bókstafa og tölustafa sem veita upplýsingar um eiginleika stálsins, eins og togþol og seiglu.

Númerið er oftast fimm stafa tala með punkti á eftir fyrsta tölustafnum. Bæði nafna- og númerakerfi eiga mikið skylt við gömlu þýsku kerfin.

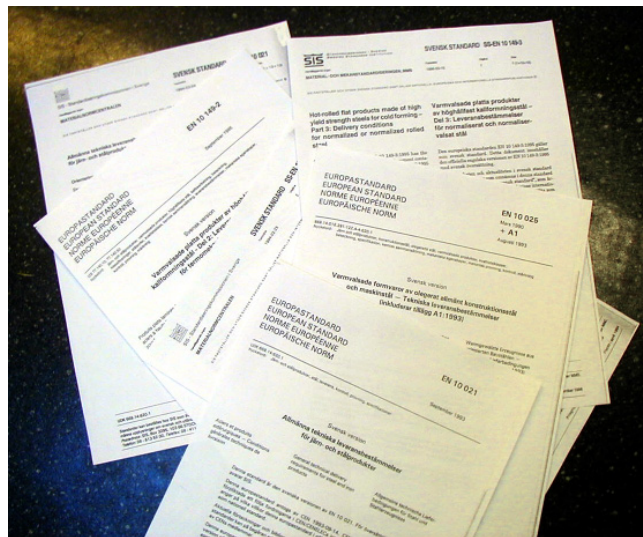
Vinnan við kerfisbreytinguna tekur sinn tíma og eflaust koma ýmsar stáltegundir til með að hverfa en í samanburðartöflum verður hægt að finna það sem næst kemst í nýja kerfinu.

Þeir efnisstaðlar sem áhugaverðastir eru fyrir fyrirtæki í suðuvinnu eru:

- ÍST EN 10020
- ÍST EN 10027
- ÍST EN 10028
- ÍST EN 10029
- ÍST EN 10088
- ÍST EN 10113
- ÍST EN 10207
- ÍST EN 10216
- ÍST EN 10217
- ÍST EN 10273

Meira en 300 nýir staðlar sem snerta suðu eru í vinnslu. Margir þeirra fjalla um grunnefni.

Reynt verður að endurnýja þetta námsefni eftir því sem nýir staðlar og viðmiðanir koma út, en best er að fylgjast með nýjum útgáfum hjá Staðlaráði.



Fjöldi staðla kemur til með að fara yfir 300.

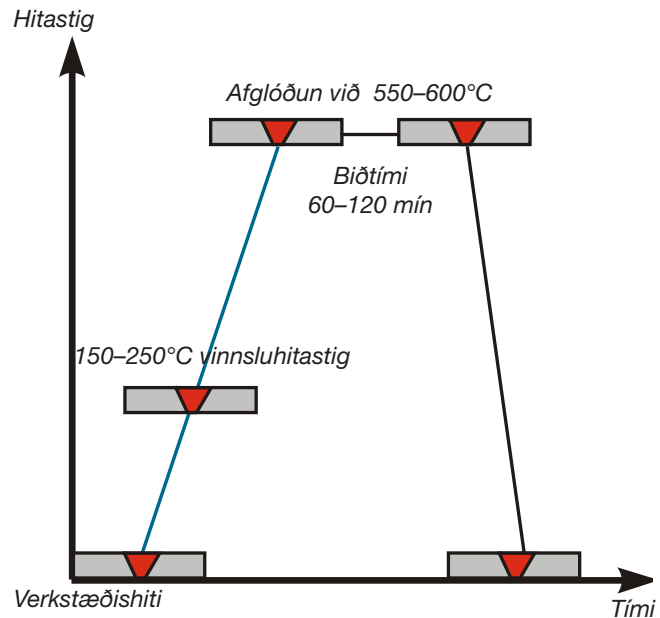
Lágblönduð stál eru notuð í verkefni þar sem miklar kröfur eru gerðar til eiginleika stálsins, til dæmis þrýstikústál sem er notað í gufutúpur og hverfla þar sem stálið verður fyrir háum hita og þrýstingi.

Í „offshore“ mannvirki (olíuborpalla/íbúðapalla) er notað lágblandað efni í stálvirki og röralagnir, og þar eru gerðar miklar kröfur til efnisins við lágan hita. Í „pipelines“ (olíu- og gasleiðslum) er efnið í rörunum yfirleitt úr lítt blönduðu stáli.

Auk kolefnis innihalda lágblönduð stál eitt eða fleiri íblöndunarefni sem bætt er í stálið, t.d. króm mólýbden eða nikkell.

Í lágblönduðu stáli er magn íblöndunarefna á bilinu 0,5–1,0%, t.d. stálið SS 2912 (16 Mo 3) með 0,5% mólýbden, eða SS 2216 (13 Cr Mo 44).

Lítt blönduð stál eiga það sameiginlegt að hafa mikið álagsþol, og að þau eru erfiðari í suðu en kol- og kolmanganstál. Það þýðir að suðan verður að fara fram við hækkað vinnsluhitastig og að afglóða þarf að suðuvinnu lokinni.



Afglóðun.

## Suða á há- og lágblönduðu stáli

Á svæði næst suðunni fær stál með efnisinnihaldið 0,2% C, 1,5% Mn og 0,5% Mo ólíka kólnunarhraða í uppbyggingunni samkvæmt efri töflunni.

Við herslu yfir 350 HV í lágblönduðu stáli myndast auðveldlega sprungur, sérstaklega ef soðið er með pinna sem inniheldur mikinn raka, t.d. rútlpinna eða rökum pinna. Slíkar sprungur eru kallaðar vetnissprungur.

Þau íblöndunarefni sem mest áhrif hafa á hörku stálsins eru mangan (Mn), nikkell (Ni), króm (Cr), mólýbden (Mo) og vanadíum (V). Kolefnismagnið hefur hins vegar aðeins áhrif á hörku martensítsins þar sem aukið magn kolefnis þýðir aukna hörku.

Annað dæmi með efnisinnihald 0,4% C, 0,8% Mn og 0,2% Mo sést í neðri töflunni.

| Uppbygging 800–500°C | Kólnunarhraði | Harka  |
|----------------------|---------------|--------|
| Martensít            | 200°C / sek   | 500 HV |
| Bainit               | 60°C / sek    | 300 HV |
| Ferrít + Perlít      | 10°C / sek    | 200 HV |

| Uppbygging      | Kólnunarhraði | Harka  |
|-----------------|---------------|--------|
| Martensít       | 10°C / sek    | 650 HV |
| Bainit          | 5°C / sek     | 600 HV |
| Ferrít + Perlít | 0,5°C / sek   | 350 HV |

Tiltölulega litlar breytingar á magni íblöndunarefna geta breytt miklu um herðanleika stálsins!

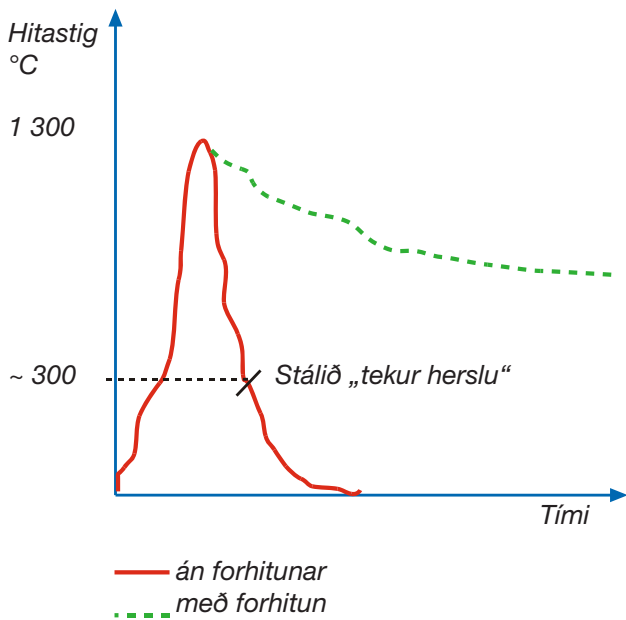
**Hvaða stál eru viðkvæm fyrir vetnissprungum?**

Fyrst og fremst óblönduð smíðastál með meira en ca. 0,2-0,3% kolefni, ásamt öllu herðanlegu stáli t.d. seigherslustáli, settherslustáli, spanhertu stáli, fjaðrastáli, kúlulegustáli og verkfærastáli.

**Hvernig er komið í veg fyrir vetnissprungur?**

1. Með því að forhita efnið og halda hitanum meðan á suðunni stendur. Eftir suðuna eiga vinnslustykkinn að kólna hægt, sem kemur í veg fyrir að svæðið næst suðunni taki herslu.
2. Með því að nota rakasnautt suðuefni er að nokkru marki hægt að minnka þörfina á forhitun, eða a.m.k. lækka vinnsluhitastigið. Suðuefni sem þetta er fánlegt frá flestum framleiðendum.

Myndin hér fyrir neðan sýnir hitaferlið í hitaáhrifa svæðinu - með og án forhitunar.



Handbækur um suðuefni.

**Hvaða vinnsluhitastig (forhitunarhitastig) á að velja?**

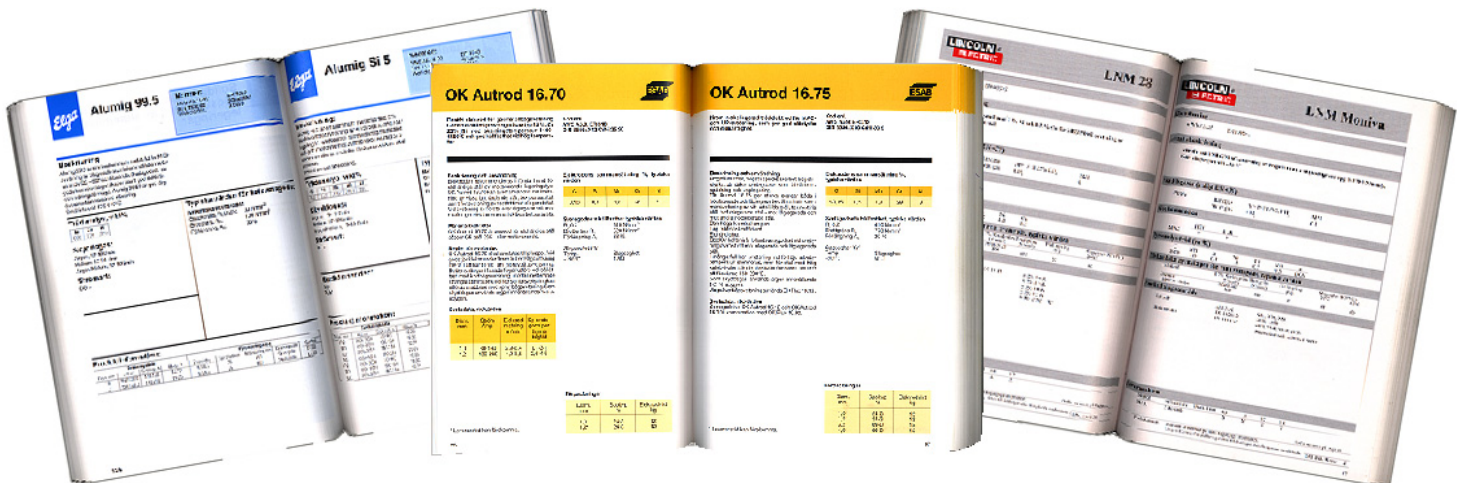
Fyrir seigherslustál, fjaðrastál, vélastál og kúlulegustál má setja eftirfarandi viðmiðunargildi:

| STÁLGERÐ          | VINNSLUHITASTIG °C |
|-------------------|--------------------|
| <b>Óblönduð</b>   |                    |
| 0,3–0,4% C        | 100–200            |
| > 0,4% C          | 250                |
| <b>Lágblönduð</b> |                    |
| < 0,3% C          | 150–200            |
| > 0,3% C          | 200–250            |
| <b>Ryðfrí</b>     |                    |
| 13% krómstál      | 200–300            |

Fyrir háblönduð verkfærastál er erfitt að setja almennar reglur þar sem val vinnsluhitastigs fer eftir fyrri hitameðferðum, lögum og stærð ásamt því hvernig viðgerð er um að ræða.

Eftirfarandi viðmiðanir er þó hægt að hafa við suðu hertra verkfæra:

- Forhitið upp í það hitastig sem áður hefur verið afglóðað við
- Sjóðið við þetta hitastig
- Látið hlutinn kólna hægt
- Eftir að hluturinn hefur kólnað - afglóðið þá á nýjan leik



Snúum okkur aftur að lágblönduðu stálunum, sem geta haft nöfn eins og:

55 Si 7 - Fe E295 - A25 Cr Mo 4 - 34 Cr Mo 4 - 42 Cr Mo4 - OX 802 - HARDOX 400 - SKF 322 A - SKF 356 A - DOMEX 480 - BOFORS 0653 ofl.

Til eru margar aðferðir til þess að ákveða hæfilegt hitastig forhitunar svo hættan á sprungumyndun verði sem minnst við suðu á lágblönduðu stáli, en ein almenn, algild aðferð er ekki til.

Þar sem engin ein algild aðferð er til, þá eru hér nokkrar ábendingar sem geta auðveldað leitina að svari við spurningunni um forhitun og hve mikla:

Forhitun kemur til greina ef:

- Stálið er hástyrksstál (brotmörk > 600 N/mm<sup>2</sup>).
- Kolefnisinnihald stálsins er meira en 0,25%.
- Manganinnihaldið er meira en 1,5%.
- Stálið er blandað með t.d. Cr, Ni, Mo eða W án þess að vera austenítískt.
- Efnisþykktin er mikil.
- Stálið er stökkt við stofuhita.

Hæfilegt hitastig forhitunar fyrir lágblönduð stál er yfirleitt á bilinu 200-350°C.

## Háblönduð stál

### Háblönduð stál – Verkfærastál

Það er erfitt að gefa almenn ráð um hitameðferð í sambandi við suðu á verkfærastáli. Þetta á við um stál eins og: SS 2140, 2550, 2710, 2260, 2310, 2312 (EN-merkingar fyrir þessi stál hafa enn ekki verið gefnar út).

Hitastig forhitunar ræðst ekki bara af íblönduninni, heldur einnig af fyrri hitameðferðum, lögun verkfærisins og efnisþykkt.

Eftirfarandi ráð eiga þó oft við:

1. Forhitið hlutinn að því hitastigi sem áður hefur verið notað.
2. Sjóðið við þetta hitastig.
3. Látið kólna hægt í ofni.

Ef mögulegt er, þá er rétt að afglóað nýju strax eftir suðuna. Afglódunarhitastig og biðtími fer eftir stálgerð og því hve hart stálið á að verða.

## Ryðfrí stál

Fyrir utan lágblönduð stál eru framleiddar margar gerðir af háblönduðum stálum. Af þeim verður hér mest fjallað um ryðfrí stál. Þau skiptast í austenítísk, ferrítísk, ferrít-austenítísk, martensít-austenítísk og martensítísk ryðfrí stál. Í dag eru austenítísku stálin þeirra algengust, t.d. X5CrNi18 10.

Austenítísk stál innihalda mikið af krómi, Cr (ca. 18%) og nikkeli, Ni (u.þ.b. 9%) en lítið af kolefni. Austenítíska uppbyggingin gerir þessi stál vel suðuhæf og mótanleg.

Ástæða hinnar góðu mótstöðu ryðfrís stáls gegn tæringu er að í oxandi umhverfi myndast þunnt oxíðlag á yfirborði stálsins. Það er króm sem með súrefni myndar þessa himnu. Þetta þýðir að króm er mikilvægasta íblöndunarefnið, en innihald þess þarf að vera yfir u.þ.b. 12%.

Þrátt fyrir að ryðfrí stál hafi lítið kolefnisinnihald er það samt nóg til þess að stór hluti kolefnisins getur myndað krómkarbíta á kornamörkum við hitameðferð við 500-800°C. Þetta hefur í för með sér minnkaða tæringarmótstöðu.

Austenítísk ryðfrí stál eru yfirleitt afgreidd í afglóaðu ástandi (släckglödad), þ.e.a.s. afglóað við hitastig á milli 1000°C og 1100°C og síðan snöggkæld til þess að hindra myndun karbíta á kornamörkum.

## Eðlisfræðilegur munur á ryðfríu- og óblönduðu stáli

*Hitaleiðni* krómstáls er aðeins u.þ.b. *helmingur* þess sem hitaleiðnin er hjá kolstáli. Hitinn helst því mun lengur í ryðfrírri suðu en í kolstálssuðu.

*Hitapenslustuðull* austenítísku stáls er u.þ.b. 50% *hærri* en fyrir kolstál, og rafleiðnimótstaða ryðfrís stáls er u.þ.b. 4-7 sinnum meiri en kolstáls. Þess vegna verða ryðfrír suðupinnar auðveldlega rauðglóandi og eru því oftast hafðir styttri en aðrir.

Fyrir austenítísk stál er hitastig á milli 800°C og 500°C varasamt, vegna þess að á þessu hitabili útskiljast krómkarbítar á kornamörkum og valda minnkaðri

tæringarmótstöðu. Lág kolefnisinnihald er því kostur því þá er minni hætt á krómkarbítum.

Við suðu á ryðfríu stáli á alltaf að reyna að hafa orkuflæðið eins lágt og mögulegt er.

Flokkun og notkunarvið ryðfrís stáls.

| Flokkur               | Samsetningarmörk <sup>1</sup> fyrir SS:stál <sup>2</sup> |           |           |          | Herðanleiki     | Segulnæmi      | Dæmi um notkun                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------------|----------------|-------------------------------------------------|
|                       | C %                                                      | Cr %      | Ni %      | Mo %     |                 |                |                                                 |
| Ferrítisk             | <0,08                                                    | 12-13,5   | -         | -        | Ekki herðanlegt | Segulnæmt      | Efniðnaður heimilistæki                         |
|                       | <0,08                                                    | 16-19,0   | -         | <2,5     |                 |                |                                                 |
|                       | <0,20                                                    | 24-28,0   | -         | -        |                 |                |                                                 |
| Martensítisk          | 0,09-0,35                                                | 1,0-14,0  | -         | <1,2     | Herðanlegt      | Segulnæmt      | Verkfæri, vélahlutir, vatnstúrbínur             |
|                       | 0,14-0,23                                                | 15,5-17,5 | <2,5      | -        |                 |                |                                                 |
| Martensít-Austenítisk | <1,10                                                    | 12-14     | 5-6       | -        | Herðanlegt      | Segulnæmt      | Vélahlutir                                      |
|                       | <0,05                                                    | 15-17     | 4-6       | 0,8-1,5  |                 |                |                                                 |
| Ferrít-Austenítisk    | 0,030                                                    | 18-26     | 4,3-9     | 2,5-4,0  | Ekki herðanlegt | Segulnæmt      | Olíu- og gasvinnsla, efna- og sellulósaiðnaður  |
|                       | 0,10                                                     | 24-27     | 4,5-7     | 1,3-1,8  |                 |                |                                                 |
| Austenítisk           | <0,12                                                    | 16,0-19,0 | 6,5-12,0  | -        | Ekki herðanlegt | Ekki segulnæmt | Olíu- og gasvinnsla, efna- og sellulósaiðnaður, |
|                       | <0,10                                                    | 16,5-18,0 | 8,0-10,0  | 1,3-18,0 |                 |                |                                                 |
|                       | <0,05                                                    | 16,5-18,5 | 10,5-14,5 | 2,0- 3,0 |                 |                |                                                 |

<sup>1</sup> Fleiri íblöndunarefni geta verið í stálinu eins og (Ti), níob (Nb), eir (Cu), köfnunarefni (N) o.fl, en þessi efni hafa ekki áhrif á stálflokkunina.

<sup>2</sup> SS:stál = Stál frá Svenska Stål AB (SSAB)

Ýmis notkunarvið fyrir ryðfrí stál.



„Offshore“.



Röraleiðslur, tankar.



## Suðuhæfi og eiginleikar ryðfrís stáls

### Ferrítisk stál

Helsta notkunarvið og kostur ferrítiskra stála er tæringarmótstaða í röku umhverfi. Í samanburði við austenítisk stál hafa ferrítisk stál mun betri mótstöðu gegn spennutæringu.

Ferrítisk stál er jafnvel hægt að nota við hátt hitastig og þar sem þau innihalda ekki nikkell hafa þau góða mótstöðu gegn brennisteinsríku afoxandi reykfasi. Tilhneiging stálsins til að mynda stökkan sigmafasa skiptir minna máli í notkun við hátt hitastig.

Suðuhæfi ferrítiskra stála er betri en martensítiskra, en verri heldur en austenítiskra vegna þess hve stökkt ferrítíð er og vegna hættunnar á aukinni kornastærð á hitaáhrifasvæðinu.

Stálin verður að sjóða eins kalt og hægt er og forðast skal suðuferli sem valda miklu orkuflæði. Þó verður að skilja á milli eldri stála eins og X6Cr17, sem verður að forhita fyrir suðu (100-300°C) og hinna nútímalegu ELI stála (Extra Low Interstitials, t.d. X2CrNiMoTi 18-2) sem ekki þarf að forhita. Það nægir að fylgjast með orkuflæðinu og halda því eins lágu og mögulegt er.

Austenítist suðuefni er oftast notað þar sem ferrítiskur suðumálmur verður mjög grófkornóttur og stökkur. Einungis þar sem um er að ræða brennisteinsríkt afoxandi umhverfi er ráðlegt að nota ferrítist suðuefni.

Fyrir suðu á X2CrNiMoTi 18-2 er oftast notað 23Cr/12Ni/2Mo suðuefni og fyrir X16Cr26 er 29Cr/9Ni passandi.

### Martensítisk stál

Martensítisk stál hafa mesta álagsþolið en einnig minnstu tæringarmótstöðuna. Notkunarvið þeirra er þar sem saman fer slit og tæring eins og í vatnstúr-bínunum og keflum í stálvinnslu o.fl.

Við suðu dugir ekki að halda stálinu heitu til að koma í veg fyrir myndun martensít, en ef hitastiginu er haldið nærri því sem þarf til myndunar martensíts verður HAZ austenítist og seigt meðan á suðunni stendur og umbreytist eftir suðuna í martensít.

Það þarf að afglóða martensítíð og minnka suðuspennurnar eftir suðuna til þess að koma í veg fyrir myndun herslusprungna. Afglóðunin á að fara fram við 650–800°C og þá helst sem hitameðferð í tengslum við suðuvinnuna, þá þurfa suðurnar að hafa kólnað niður fyrir u.þ.b. 150°C.

Til þess að suðumálmurinn verði seigur eru martensítisk stál oft soðin með austenítisku suðuefni, t.d. 19Cr/12Ni/3Mo. Það skilur minna vetni eftir á hitaáhrifa svæðinu, og því þarf ekki að nota sérþurrkaða basíska pinna. Álagsþol suðunnar verður minna, en þó í flestum tilfellum ásættanlegt.

Til þess að auðvelda suðu á þessum stálum á byggingarstöðum er það oft „forsoðið“ inni á verkstæði, þ.e. að soðið er lag með austenítisku suðuefni í raufarnar.

### Martensít-Austenítisk stál

Martensít-austenítisku stálin hafa að mestu sama notkunarvið og þau martensítisku.

Þar sem þessi stál hafa minna magn martensíts og þar að auki nokkuð minna kolefnisinnihald verður það martensít sem fyrir hendi er ekki eins hart, það lækkar þó ekki álagsþolið svo nokkru nemi.

Minna magn kolefnis og íblöndu nikkels gerir að verkum að suðuhæfi þessara stála er betri en hinna martensítisku. Yfirleitt þarf ekki að grípa til hækkads vinnsluhitastigs, a.m.k. ekki fyrir stálin 13Cr6Ni og 16Cr5Ni1Mo. Stál af gerðinni 13Cr4Ni hafa minna hlutfall austeníts og þurfa því að hitna upp í u.þ.b. 100°C fyrir suðu.

Stálin eru oftast seig eftir suðu, en þurfa þó á afglóðun að halda við u.þ.b. 600°C til þess að fá bestu mögulega eiginleika. Best er að nota austenítiskt suðuefni t.d. 19Cr12Ni3Mo.

### Austenítisk stál

Austenítisk stál eru oft notuð í röku umhverfi, íblöndun allt frá 18Cr7Ni til 27Cr31Ni4Mo eða jafnvel enn meira blönduð.

Með auknu króm- og mólýbdeninnihaldi þola stálin æ sterkari lausnir. Það á við um almenna tæringu, rifutæringu og pyttatæringu. Mótstaðan gegn pytta- og rifatæringu er mikilvæg þar sem stálin eru oft notuð þar sem mikið er af klórsamböndum.

Notkun í sjó eða í sellulósaiðnaði er algeng.

Suðuhæfi austenítiskra stála er mjög góð, þar sem HAZ verður ekki stökkt eins og hjá t.d. ferrítiskum stálum. Almennt á að hafa orkuflæðið lágt, sérstaklega við suðu mikið íblandaðra austenítiskra stála. Þumalputtaregla er að hafa mest 1,0 kJ/mm í orkuflæði og ekki meira en 150°C millistrengjahita.

Austenítisk stál með meira kolefnisinnihaldi, t.d. X5CrNi1810 og X3CrNiMo17-13-3 mynda, við suðu, kornamarkakarbita á hitaáhrifa svæði, sem getur leitt til kornamarkatæringar í súru umhverfi.

Til að vinna á móti þessu hafa verið þróuð stál með lágu kolefnisinnihaldi. Önnur leið til þess að leysa þetta vandamál er að blanda stálið með níob eða títan sem bindast kolefninu hraðar en krómið er fært um og koma þannig í veg fyrir að króm myndist á kornamörkum.

Nútímaleg, háblönduð austenítisk stál fyrir rakt, tærandi umhverfi hafa nær undantekningarlaust lágt kolefnisinnihald, < 0,025%.

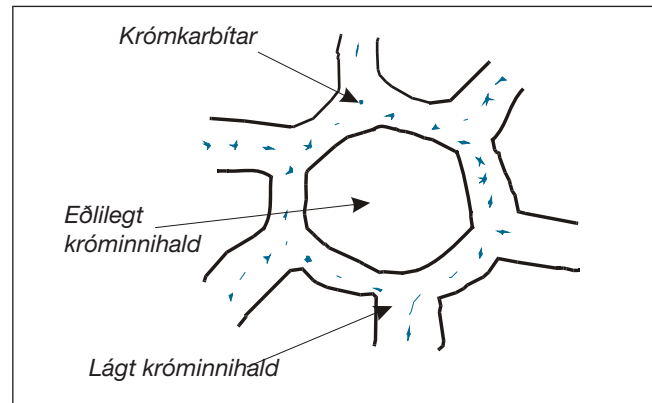
Suðuefni fyrir austenítisk stál eru nær alltaf sömu gerðar og grunnefnið, þó heldur meira blönduð til þess að vega upp á móti sigi o.s.frv. Stál með íblöndun allt að X2CrNiMo18-15-4 þurfa suðuefni sem myndar 5-10% ferrít í suðumálminum. Þetta er til þess að tryggja að suðumálmurinn storkni að mestu í ferrítisku ástandi, sem er gott með hliðsjón af hættunni á myndun hitasprungna.

Háblandaður austenítiskur suðumálmur er einnig viðkvæmur fyrir endurupphitun sem er enn frekari ástæða til þess að hafa gætur á hitanum við fjölstrengjasuðu.

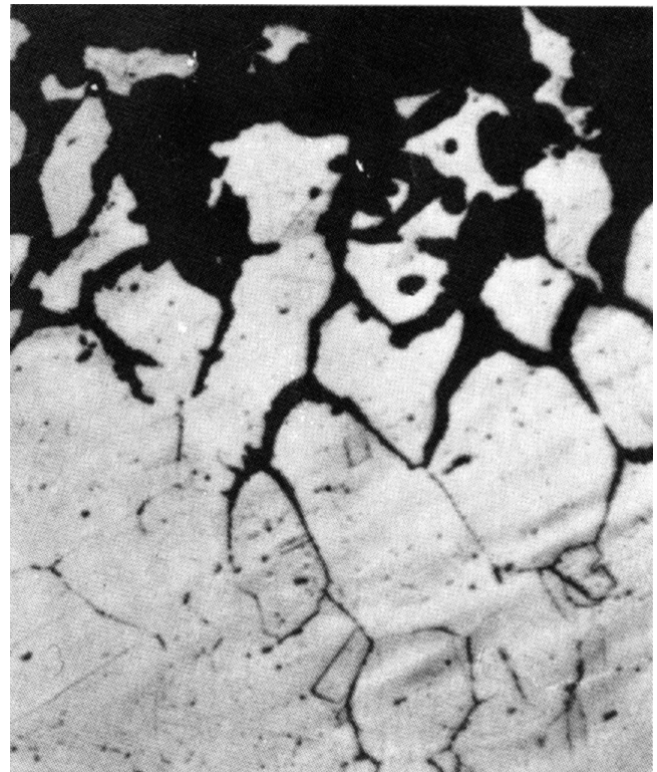
## Ferrít-Austenítisk stál (duplex stál)

Ferrít-austenítisku stálin eru stöðugt meira notuð en þessa tegund stáls var af alvöru byrjað að framleiða á miðjum áttunda áratugnum.

Í ferrít-austenítiskum stálum eru sameinaðir góðir eiginleikar bæði ferríts og austeníts. Tveggja fasa uppbyggingin verður smákornótt, með ferrítinnihaldinu og íblöndun köfnunarefnis verður stálið nærri tvöfalt álagspólnara en austenítisk stál.



Krómkarbítar myndast þegar austenítikornin hitna upp í 500–800°C.



Krómkarbítar, ásamt samdráttarspennum geta valdið innbyrðis spennusprungumyndunum á milli kristalla.

Að auki hafa duplex stál gott spennutæringarþol og þol þeirra gegn pyttatæringu er sambærilegt við mikið íblönduð austenítisk stál. Það er því ekki að undra að þessi stál hafi á skömmum tíma náð mikilli útbreiðslu.

Vegna mikils álagspols duplex stálanna er hægt að byggja úr þeim mun léttari stálvirki en úr eldri stálum með sambærilegu tæringarþoli.

Það er tvennt sem verður að hafa í huga við suðu á duplex stálum: Ef soðið er með mjög lágum hita er hætt á að ferrítinnihald suðumálms og HAZ verði allt of mikið, og vegna þess að ferrítið tekur illa til sín köfnunarefni myndast líka auðveldlega krómkarbítar í því.

Ef hins vegar soðið er með of háum hita, sérstaklega ef millistrengjahitinn er líka of hár, er hætt á úrskiljun á kornamörkum fasa, sérstaklega sigmafasa, á kornamörkum austeníts og ferríts, en það minnkar bæði álagsþol og tæringarþol.

Vandamálið er því stærra eftir því sem efnisþykktin eykst. Fyrir minna íblönduð duplex stál af gerðinni X2CrNiMoN22-5-3 (og minna blönduð) er svigrúmið til suðu ríflegt áður en þetta gerist.

Það má fara allt upp í 2,5 kJ/mm í orkuflæði og í sumum tilfellum jafnvel meira, og 250°C í millistrengjahitastig fyrir „superduplexstálin“ af gerðinni X2CrNiMoN25-7-4, en hinsvegar er rétt að halda orkuflæðinu undir 1,5 kJ/mm og millistrengjahitastiginu helst undir 150°C.

Þetta eru þó mörk sem öll eðlileg suða lendir innan.

## Ál og álblöndur

Ál er framleitt úr bauxít í tveimur þrepum:

1. Úr bauxít er unnið áloxíð.
2. Úr áloxíð er framleitt ál.

Úr 2 tonnum bauxíts er unnið ca. 1 tonn af áloxíð. 25% af heimsframleiðslu áls er unnið úr brotamálm (endurvinnsla áls).

Bauxít er rauðleitur leir sem verður til við náttúrulegt niðurbrot bergtegunda sem innihalda ál og inniheldur ca. 25–30% ál. Bauxít inniheldur að auki minna magn járn og kísils. Það er unnið úr jörð í Ástralíu, Brasilíu og á Jamaica.

## Eðlis- og efnafræðilegir eiginleikar áls

- Létt - lág eðlisþyngd; 2,7 g/cm<sup>3</sup>.
- Sterkt - brotmörk allt að 700N/mm<sup>2</sup>.
- Tæringarþolið - það myndar oxíðhúð sem hlífir.
- Leiðandi - góður leiðari bæði hita og rafmagns.
- Auðvelt í vinnslu með spóntökuverkfærum.
- Hægt að yfirborðsmeðhöndla
- Suðuhæft - sjá um suðu.
- Lóðanlegt - sjá um lóðun.
- Endurvinnanlegt - eyðist næstum aldrei.

## Áli er skipt í þrjá meginflokka

Flokkarnir eru; óblandað ál (hreint ál), óherðanlegar melmi og herðanlegar melmi.

## Íblöndunarefni

Ál er oftast blandað þar sem hreinn málmurinn er býsna mjúkur. Óblandað ál er 99,0, 99,5 eða 99,7% hreint. Óherðanlegar blöndur innihalda lítið magn af Mn eða Mg á meðan herðanlegar blöndur innihalda Cu, Mg + Si eða Zn + Mg.

Aukið álagsþol óblandaðs og óherðanlegs áls fæst með *kaldvinnslu*.

Herðanlegar blöndur fá aukið álagsþol með *uppleysingarmeðferð (upplösningsbehandling) og öldrun*.

## Suða áls

Suða áls getur skapað viss vandamál vegna oxíðhúðarinnar sem í sífellu myndast. Mikilvægt er að hafa í huga, þar sem ál binst gjarnan súrefni.

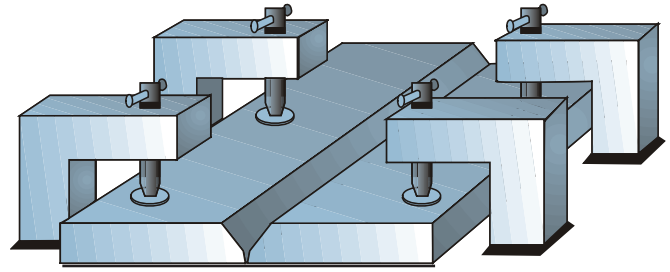
- Oxíðin eru seig og sterk – orsaka oft suðugalla
- Oxíðin bráðnar ekki við suðuna – bræðslumörkin eru við ~2.050°C.
- Oxíðin sekkur í suðupollinn – myndar inniluktur agnir.

**Að sjóða ál er ekki erfiðara en að sjóða stál  
– bara öðruvísi**

## Hreinsun raufar

Það er afar mikilvægt að hreinsa ál fyrir suðu. Það er til þess að fjarlægja sem mest af oxíðhúðinni en líka til þess að hreinsa burt fitu og gráður eftir klippingu o.fl.

Skarpa kanta eftir klippingu á að slípa eða hefla og gera ávala. Það minnkar líkurnar á rötargöllum og formgöllum í suðunni.



Suðuklemmur eru gott hjálpartæki við álsuðu.

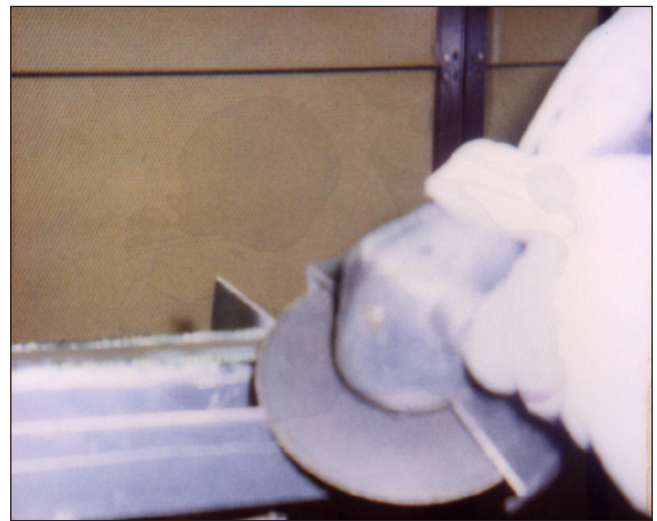
## Suðuvandamál

Þau vandamál sem koma upp við suðuna eru fyrst og fremst vegna hinna sérstöku eiginleika áls:

- Há hitaleiðni (4 x hitaleiðni stáls)
- Hár þenslustuðull
- Mikil hitaþörf við suðuna
- Dregur sig mikið

Til þess að vinna á móti vandmálunum sem þetta skapar er hægt að:

- Nota suðuklemmur
- Punktsjóða



Slípun er góð aðferð til að fjarlægja oxíðhúð. Munið að nota rétta gerð slípiskífu! Þegar gæðakröfur eru háar verður að þvo álið eftir slípun, t.d. með acetón.



Hreinsun með vírbursta er áhrifarík aðferð. Munið að nota aðeins ryðfría bursta á ál.



Til að koma í veg fyrir oxíðrendur í stúfsuðum á að gera fúgukantana ávala. Til þessa eru til sérstök verkfæri.

## Samdráttur

Við alla bræðslusuðu verður samdráttur í vinnslustykkinu.

Samdráttur verður vegna þess að rúmmál suðupollsins minnkar samtímis því sem upphitað efnið dregst saman.

Afleiðingin er staðbundnar formbreytingar sem verða meiri við álsuðu en við stálsuðu.

## Suða -

### samdráttur - formbreytingar

Þeir þættir sem ákvarða stærðir samdráttarspennu eru efnisþykkt, suðaáferð, raufar og orkuflæði.

Vandamálið minnkar með viðbótar suðuefni og með notkun suðuklemma. Gott skipulag á suðuvinnunni er einnig mikilvægt.



## Suðuhæfi áls

Flestar gerðir áls er hægt að sjóða. Til hinna vel suðuhæfu teljast:

- Óblandað ál (allar gerðir)
- Óerðanlegar melmi (flestar)
- Herðanlegar melmi (vissar gerðir)

Til torsjóðanlegra teljast:

- Óerðanlegar melmi (vissar gerðir með miklu Mg-innihaldi)
- Herðanlegar melmi (Cu- og Pb-blandaðar).

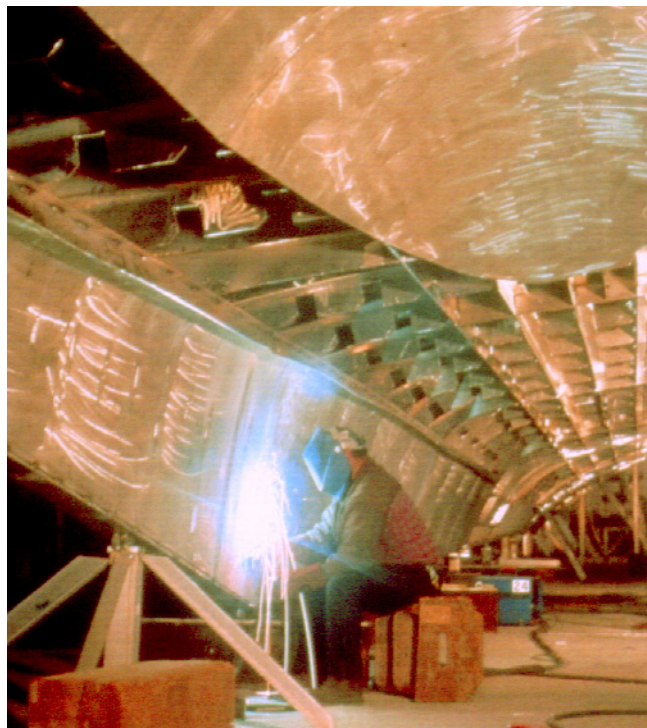
## Suðuaðferðir

Algengustu aðferðirnar við álsuðu eru hlífðargassuðurnar TIG og MIG.

TIG-suða er notuð við suðu í þunnt efni < 9 mm, við suðu frá annarri hlið og þegar óskað er góðrar yfirborðsáferðar. MIG-suða er notuð í grófara efni > 3 mm, þegar þörf er á miklum suðuhraða og þegar áhersla er lögð á litlar formbreytingar.

MIG-suða með púlsandi ljósboga gerir kleift að hafa betri stjórn á suðupollinum við suðu á þunnu efni (1,5 mm), ljósboginn verður stöðugri og sprautið minnkar til muna.

Pinnasuða áls er möguleg, en ekki er mælt með henni ef suðan þarf að þola mikið álag.



Ál er nær eingöngu soðið með hlífðargassuðunum TIG eða MIG.

Ljósmynd: AGA.

## Hlífðargas

Hlífðargas við álsuðu á að vera óvirkt (inert). Algengast er að notað sé argon, sem veldur minna sprauti en helíum sem aftur á móti gefur heitari ljósboga og dýpri innbræðslu.

Þegar kröfur um innbræðslu eru miklar, t.d. við kverksuðu, er notuð blanda argons og helíums.

## Suðuefni

Við suðu óblandaðs áls og óherðanlegra melma er notað suðuefni sömu gerðar og grunnefnið.

Herðanleg melmi eru oftast soðnar með suðuefni sem hefur mikið magn kísils (Si) eða mangans (Mn). Þetta er til þess að koma í veg fyrir hitasprungur.

## Lóðun

Ál er hægt að harðlóða bæði með gasloga, lóði og flúxefni og með sjálfvirkri lóðun, t.d. vakúmlóðun án flúxefnis.

## Framleiðsla og notkunarvið

Ál er framleitt sem plötuefni, renningar, stangaefni og blokkir sem notaðar eru í álsteypu. Ál er notað á öllum hugsanlegum sviðum, allt frá álpappírnum í eldhúsinu til gervihnatta. Mest er það notað í byggingar, kassa fyrir rafeindatæki, rafleiðslur, vélar, gírkassahús, báta, lendingarpalla fyrir þyrlur, gashverfla og umbúðir undir drykki.

### Ráðlegt val suðuefnis við suðu ólíkra álblandna

Finnið tegundarnafn eða SS-númer þess grunnefnis sem á að sjóða í dálkinum undir „Grunnefni A“. Fylgið röðinni til hægri þar til komið er beint fyrir ofan viðkomandi efni í

„Grunnefni B“. Þar með er fundið það suðuefni sem mælt er með.

Munið að suðuefni getur haft mis-munandi áhrif á eiginleika

á sprungumyndun, tæringarþol, álagþol, suðueiginleika og lita-samræmi eftir rafbrynjun.

|                   |                    |                    |                   |                     |       |                    |                |                    |  |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------|--------------------|----------------|--------------------|--|
| Grunn-efni A ↓    |                    |                    |                   |                     |       |                    |                |                    |  |
| Al99,7            | Al99,8             |                    |                   |                     |       |                    |                |                    |  |
| Al99,5<br>Al99,0  | Al99,5Ti<br>Al99,5 | Al99,5Ti<br>Al99,5 |                   |                     |       |                    |                |                    |  |
| AlMn              | Al99,5Ti           | Al99,5Ti           | Al99,5Ti          |                     |       |                    |                |                    |  |
| AlMn(Mn)<br>AlMg2 | Al99,5Ti<br>AlMg5  | Al99,5Ti<br>AlMg5  | Al99,5Ti<br>AlMg5 | AlMg3<br>AlMg5      |       |                    |                |                    |  |
| AlMg3             | AlMg3              | AlMg3              | AlMg3             | AlMg3               | AlMg3 |                    |                |                    |  |
| AlMg4,5Mn         | AlMg5              | AlMg5              | AlMg3             | AlMg5               | AlMg5 | AlMg4,5Mn          |                |                    |  |
| AlMgSi            | AlMg5<br>AlSi5     | AlMg5<br>AlSi5     | AlMg5             | AlMg5               | AlMg5 | AlMg5              | AlSi5<br>AlMg5 |                    |  |
| AlZnMg            | AlMg5              | AlMg5              | AlMg5             | AlMg5               | AlMg5 | AlMg5<br>AlMg4,5Mn | AlMg5          | AlMg5<br>AlMg4,5Mn |  |
| Grunn-efni B →    | Al99,7             | Al99,5<br>Al99,0   | AlMn              | AlMg1 (Mn)<br>AlMg2 | AlMg3 | AlMg4,5Mn          | AlMgSi         | AlZnMg             |  |
| SS nr             | 4005               | 4005<br>4010       | 4054              | 4106                | 4120  | 4140               | 4104<br>4212   | 4425               |  |

Tafla yfir suðuefni (Úr vörulista Migatronics).

## Eir og eirmelmi

Eir er unninn úr málmgrýti sem inniheldur aðeins u.þ.b. 0,8% eir. Með háþrúðum hreinsunar- og úrvinnsluferlum getur vinnslan samt verið arðsöm. Málmgrýtið getur að auki innihaldið blý, zink, brennistein, gull, silfur, platínu, selen og arsenik.

Eirinn er rauðbrúnn á litinn og hann er mjúkur og seigur. Það eru tvær aðferðir notaðar við vinnslu eirs úr málmgrýtinu: Hreinsun eða rafgreining, sem er betri aðferð og skilar afurð með minni óhreinindum.

### Eðlis- og efnafræðilegir eiginleikar

- Eir hefur háa eðlisþyngd, 89 g/cm<sup>3</sup>.
- Eir hefur há brotmörk.
- Eir er tæringarþolinn.
- Eir leiðir mjög vel bæði rafmagn og hita.
- Eir er auðvelt bæði að kaldvinna og heitforma.
- Lóðun hentar mjög vel fyrir eir.

Eir flokkast venjulega í fjórar ólíkar gerðir:

- Súrefnismettaður eir
- Súrefnissnaður eir (OF)
- Afoxaður eir (súrefnisinnihald bundið)
- Eir með litlu magni íblöndunarefna

Eirmelmi eru til dæmis messing (eir og zink), af ýmsum gerðum eins og alfamessing, alfabetamessing, blýblandað messing, specialmessing ásamt nikkelmessing (nýsilfur).

Annar flokkur eirmelma er brons (eir og tin). Algengustu gerðir eru tinbrons, álbrons, kísilbrons og koparnikkel.

Eir nýtist fyrst og fremst í afurðir eins og rafleiðara, þakklæðningar, vatnshitara, varmaskipta, rör o.fl.

### Súrefnismettaður, súrefnissnaður og afoxaður eir

Súrefnismettaður eir er framleiddur með einfaldri steypuþækni í súrefnisríku andrúmslofti og inniheldur u.þ.b. 0,02% súrefni. Hann er viðkvæmur fyrir „vetnisveiki“ (vätensjuka).

Súrefnissnaður eir er framleiddur með því að bræða niður og steypa á ný rafgreindan eir við afoxandi aðstæður.

Desoxíderaður eir inniheldur nokkra þúsundustu hluta

úr prósentu af fosfór – allt að 0,020% sem bindur súrefnið.

Desoxíderuðum eir er ekki eins hætt við vetnisveiki. Á hinn bóginn eru leiðnieiginleikar hans verri.

Hann er notaður í þrýstikúta, valsa í pappírsmframléiðslu o.þ.h.

Eir með íblöndunarefnum hefur betra álagsþol, bætta skurðarhæfi, og hækkað afglódunarhitastig. Hann er notaður í kæla í bílum, varmaskipta o.fl.

### Suðuhæfi

Eir er hægt að lóða og sjóða án mikilla vandræða. Þau vandamál sem geta komið upp eiga rætur að rekja til hinnar miklu hitaleiðni eirsins, mikillar hitaþenslu og þess að bráðin gefur frá sér gas sem veldur útfellingum við storknun og loftbólum.

Hitinn leiðist burt frá suðunni allt að 15 sinnum hraðar en í stáli, og því þarf forhitunin að vera mikil, suðuhitinn mikill og suðupollurinn stór.

Hitapenslan veldur eiginspennu og formbreytingum.

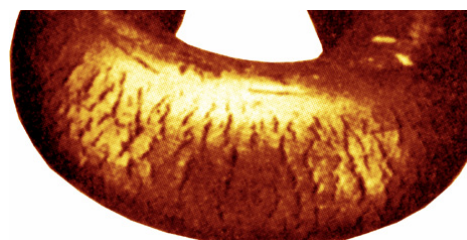
Herslumeðhöndlað efni mýkist vegna suðuhitans og súrefnismettaður eir myndar eiroxíðir á kornamörkum í HAZ sem gerir efnið stökkt. Hætta getur verið á vetnisveiki ef vetni kemst að suðunni, t.d. frá gasloga.

### Vetnisveiki (vätensjuka)

Eins og komið hefur fram inniheldur viss gerð eirs smávægilegt magn súrefnis (nokkra hundruðustu hluta úr prósentu). Við stofuhita er þetta súrefni í formi eiroxíðs sem í smásjá er hægt að greina sem sérstakar efnisagnir. Oxíðin hafa ekki merkjanleg áhrif á álagsþol efnisins en valda vetnisveiki ef efnið er glóðað í afoxandi andrúmslofti. Vetni frá afoxandi andrúmslofti þrengir sér inn í eirinn og verkar með eiroxíðinu við myndun vatnsgufu, sem sprengir sundur málminn (Sjá mynd).

Þetta vandamál er ekki fyrir hendi í súrefnissnaðum eða desoxíderuðum eir.

*Vetnisveiki í súrefnis-mettuðum eir.*



**Að sjóða eir**

Logsuða er vel nothæf, sérstaklega fyrir messing. Annars er notuð MIG- og TIG-suða.

Pinnasuða er einnig nothæf en er sjaldan beitt.

Undirbúningur suðuskeyta: suðuskeytin þarf að fasa ef efnisþykktin er > 5 mm með 60-70° horni, V eða X-rauf, 1,5-3 mm nef, < 2 mm suðugap.

Tinbrons þarf opnari rauf, allt að 90°.

#### Annad:

Flest eirmelmi eru viðkvæm fyrir yfirborðsgöllum, allar missmíðar og gallar svo sem kantsár o.þ.h. verður því að fjarlægja með slípun eða á annan hátt.

Hreinlæti er alger nauðsyn. Fita, óhreinindi og oxíð verður að hreinsa vandlega burt.

#### Forhitun:

**Eir** Fyrir TIG ef efnisþykkt er yfir 4 mm,

Fyrir MIG ef efnisþykkt er yfir 8 mm,  
Forhitun í 300-600°C, eftir efnisþykkt.

**Brons** Varkárni skal viðhöfð svo hitastigið sé ekki á því bili þar sem seiglan er lítil.

- Snögg kæling niður fyrir afgerandi hitastigssvæði.
- Engin meðhöndlun undir 600°C
- Minnsta mögulega hitun við suðuna, fáir suðustrengir
- Minni hitaleiðni en í eir, minni forhitun
- Engin forhitun fyrir þunnst efni
- Fyrir grófara efni 100-150°C nægir oft að forhita byrjunarstað suðunnar

## Nikkelblöndur

### Framleiðsluaðferðir

Nikkel er framleitt með tveimur aðferðum. Önnur byggir á því að fyrst er framleitt nikkeloxyð, sem er afoxað svo úr verður s.k. nikkelsvampur, þ.e. nikkel nánast í duftformi. Yfir nikkelsvampinn er síðan leitt koloxíð, sem breytir honum í nikkelsamband í gasformi, nikkel-karbonyl.

Með hitun er síðan nikkel-karbonylið látið sundurfalla og nikkel í málmformi fellur út.

Þetta s.k. mondnikkel er selt í kúluformi.

Með hinni aðferðinni er fyrst unnið „óhreint“ nikkel með bræðslu og afoxun, sem síðan er hreinsað með rafgreiningu. Þetta nikkel er selt sem rafhúðaðar plötur í stærri eða minni einingum til íblöndunar eða nikkelhúðunar.

### Eðlis- og efnafræðilegir eiginleikar

Nikkel hefur meðal annars eftirfarandi einkenni:

- Það er silfurhvítt á litinn
- Það er segulnæmt
- Það hefur háa eðlisþyngd (8,9 kg/dm<sup>3</sup>)
- Það er mjög sterkt bæði við hátt og lágt hitastig
- Það hefur afar mikið tæringarþol
- Það er auðvelt að sjóða



Hlutir úr nikkelmelmi.

### Nikkelmelmi og notkunarsvið

Nikkelblöndur eru fyrst og fremst notaðar þegar óskað er eftir miklu tæringarþoli við erfiðar aðstæður eða þá að krafist er mikils álagsþols við háan hita.

Vissar nikkelblöndur henta vel til notkunar við afar lágt hitastig.

Þar sem enn eru ekki til nema fáir staðlar yfir nikkelblöndur þá eru þær enn sem komið er seldar eftir framleiðslunöfnum sínum.



**Monel**

(Ni 66-67%, Cu 30%, Fe 2-3%, Mn 1%)

Sérstaklega tæringarþolið. Gott álagsþol við hátt hitastig. Mest notað í efnaiðnaði og við framleiðslu flugvéla.

**Inconel**

(Ni 60-75%, + Cr, Mo, Fe Nb)

Af þessu eru til nokkrir mismunandi gæðaflokkar. Allir hafa gott eða mjög gott spennutæringarþol. Sumar gerðirnar eru mest notaðar í súru umhverfi, aðrar í klórmettuðu umhverfi. Gott álagsþol við hátt hitastig. Notkunarviðið er í efnaiðnaði, í gufuhverflum og við olíuhreinsun.

**Incoloy**

(Ni 42%, Cr 22%, Mo 3%, Ti 1%, Fe rest) Mjög gott tæringarþol, og gott álagsþol á hitabilinu -180 til +1100°C. Notað í efnageyma.

**Hastelloy**

(Ni 45-60%, + Cr, Mo, W, Fe) Hastelloy er til í nokkrum gæðaflokkum. Gott tæringarþol. Notkunarvið Hastelloy C-276 er súrt- og klórmettað umhverfi. Hastelloy G30 endist mjög vel í fosfórsýru.

**Suðuaðferðir**

Nikkelmelmi er hægt að sjóða með góðum árangri og nota til þess TIG-suðu eða MIG-suðu með gegnheilum eða rörþræði. Eins er hægt að nota pinnasuðu.

**Dæmigerð vandamál**

Nikkelmelmi eru vel suðuhæf en vandamál geta komið upp ef hreinsun suðuraufa er ófullnægjandi.

Vandamálið orsakast af oxíðum sem hafa hærra bræðslumark en grunnefnið, og geta orðið eftir í suðumálminum.

Rétt áður en soðið er á að hreinsa suðuraufarnar í rennibekk eða með slípun. Burstun dugir yfirleitt ekki til þess að fjarlægja oxíðin. Svo vel sé skal síðan hreinsa bæði suðuraufar og suðuefni með fituhreinsandi efni. Suðumaðurinn á að sjálfsögðu að vera með hreina hanska.

Bæði forhitun og aðrar hitameðferðir geta komið til greina fyrir nikkelmelmi, en hafa verður í huga að hver gerð hefur sína sérstöku eiginleika.



Nikkelmelmi hafa víðtækt notkunarvið, sérstaklega í efnaiðnaði.

## Títan og önnur sérstök efni

### Títan - efni dagsins í dag og framtíðarinnar

Títan er eitt af níu algengustu frumefnum fasta hluta jarðskorpunnar.

Heimsframleiðsla á hreinu títan er meira en 100.000 tonn á ári. Stærstu framleiðendurnir eru Rússland, Bandaríkin og Japan.

Títan er efni dagsins í dag og framtíðarinnar þar sem sífellt meiri kröfur eru gerðar um litla þyngd, álagsþol og mótstöðu gegn tæringu. Notkun títans og títanmelma eykst stöðugt.

Eðlis- og efnafræðilegir eiginleikar:

- Eðlisþyngd títans er aðeins 4,5 g/cm<sup>3</sup> (stál 7,9 g/cm<sup>3</sup>). Þessi lága vikt gerir að títan telst til léttmálma.
- Títanmelmi eru sambærilegar við bestu smíðastálin.
- Títan er mótanlegt.
- Raf- og hitaleiðni títans er lág.
- Títanmelmi er hægt að nota við allt að ca. 400 stiga hita°C.
- Títan verður ekki stökkt, það heldur seiglu sinni niður í -270°C (nánast alkul).
- Títan er hægt að nota við aðstæður þar sem tæringarhætta er afar mikil, vegna eiginleika oxíðhúðarinnar sem það myndar, TiO<sub>2</sub>. Oxíðið er afar tæringarþolið og er sjálflæknandi húð sem er u.þ.b. 0,01 mm þykkt.

Ef húðin skadast og umhverfið inniheldur súrefni í einhverju formi – þá tekur títanið til sín súrefnið og myndar nýja húð. Í súrefnislausu eða afoxandi umhverfi veikist oxíðvörnin.

### Tæringarþol

Óblandað títan hefur afar gott tæringarþol gagnvart t.d. röku klórgasi og klórsamböndum eins og koltvíldi, sjó og kælivökum. Við slíkar aðstæður hefur títan yfirburði fram yfir önnur efni.

### Þreytuþol

Títan er viðkvæmt fyrir yfirborðsgöllum og þess vegna hefur yfirborðsáferð þess mikil áhrif á þreytuþolið.

Til dæmis hafa sýni með slípað yfirborð meira þreytuþol en sýni með vélunnið yfirborð.

### Heitvinnsla

Títan er hægt að valsa og eldsmíða. Hitastigið á ekki að fara yfir 900°C, vegna þess að títan getur tekið til sín bæði súrefni, köfnunarefni og vetni. Efninu skal halda heitu eins stutta stund og hægt er.

### Kaldvinnsla

Kaldvinnsla títans er möguleg að vissu marki. Djúp pressumótun verður mun auðveldari ef efnið er hitað, 100-200°C er nægjanlegt.

### Hitameðferð

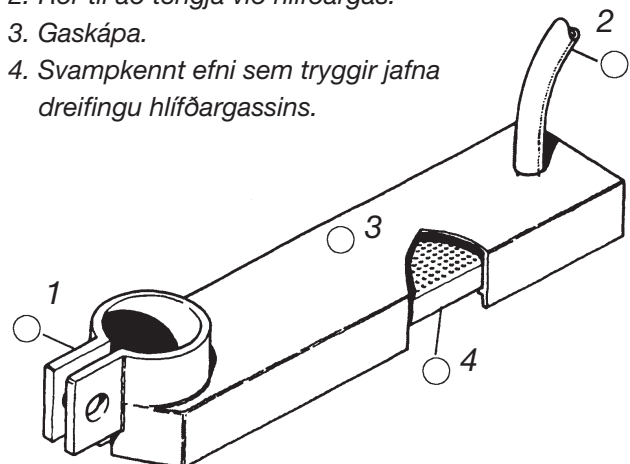
Kaldunnið títan er hægt að spennulosa með afglódun við 500°C í 20 mínútur. Mikið unnið títan þarf að endurkristallast með glóðun við 700°C í 20 mínútur.

### Suðuaðferðir

TIG-suða er algengasta aðferðin við suðu títans. Plasmasuða er einnig heppileg við vélræna suðu.

Sama hvor aðferðin er notuð, þá verður að hlífa bæði bráðnum málminum og nærliggjandi upphit-uðum svæðum við áhrifum andrúmsloftsins og fyrir efnem sem gefa frá sér virkar loftegundir. Þetta útilokar notkun bæði log- og pinnasuðu þar sem þær aðferðir byggja á því að nota virkt gas.

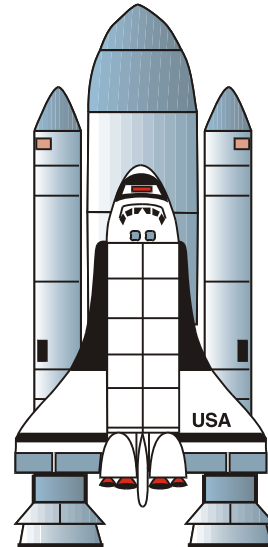
1. Festing fyrir suðubyssu.
2. Rör til að tengja við hlífðargas.
3. Gaskápa.
4. Svampkennt efni sem tryggir jafna dreifingu hlífðargassins.



Dæmi um dragskó fyrir TIG- og MIGsuðu títans. (Frá AGA. Hvernig hlífa skal topp- og róthlið suðunnar)

**Hafa ber í huga:**

- Skiljið títan frá stálhlutum við vinnslu
- Breiðið yfir títanhluti til þess að hlífa þeim við rykögnum í loftinu
- Hafið verkfæri sem aðeins eru notuð í títan
- Hreinsið suðuraufarnar rétt fyrir suðu
- Notið alltaf hreina hanska
- Suðuárangurinn er metinn eftir lit oxíðhúðarinnar næst suðunni. Hálmgulur eða silfurhvítur litur ber vott um góða suðu

**Notkunarsvið**

Títan er notað í rör, loka, varmaskipta, dælur og geyma og jafnvel sem klæðning inni í búnaði til bleikingar og í öðrum iðnaði þar sem klórsambönd eru notuð.

*Títan er mikið notað við smíði geimflaugna.*

**Steypujárn**

Steypujárn er járn, blandað með meira en 2% kolefnis. Þannig hljómar skilgreiningin, og eins og fram kemur þá er það hið mikla kolefnisinnihald sem skilur steypujárn frá hinum ýmsu stáltegundum.

Af steypujárni eru til fimm gerðir:

- Grátt steypujárn
- Seigjárn
- Hvítt steypujárn
- Aducerjárn
- Íblandað steypujárn

Steypujárn er torsóðid vegna þess að í því er kolefni í grafítformi og/eða karbítar. Þessi efni losna og mynda uppbyggingarformið *cementít* sem er hart og hefur míkróuppbyggingu sem er ákaflega viðkvæm fyrir sprungumyndun.

Steypujárn hefur lág brotmörk og enga seiglu.

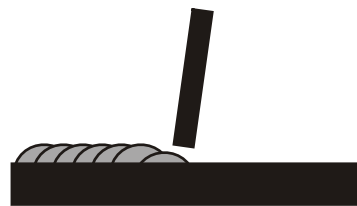
Af ýmsum ástæðum verður samt sem áður stundum að sjóða steypujárn. Það getur verið um að ræða bæði samsuðu steypujárnshluta og steypujárn við stál.

Algengust er samt viðgerðasuða, bæði á hlutum úr steypujárni sem hafa brotnað eða slitnað, og á göllum sem hafa myndast við steypuna.

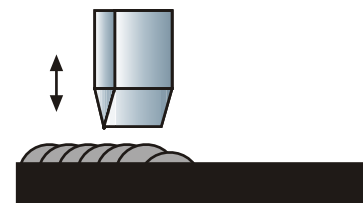
**Suðuhæfi**

Besta suðuhæfi hafa ferrítísku steypujárnin (grátt steypujárn) sérstaklega ferrítískt seigjárn, en hvítt steypujárn hefur hins vegar mjög takmarkaða suðuhæfi.

Í einföldum tilfellum er hægt að „kaldsjóða“, þ.e. að sjóða án forhitunar (<100°C). Í neyðartilfellum er hægt að sjóða með óblönduðum pinnum, en þá er hætta á að steypujárnið verði afar hart, sem útilokar frekari vinnslu. Algengara er að nota pinna sem blandaðir eru með nikkel eða bronsi.



*Sjóðið u.þ.b. 25 mm.*



*Hamrið suðuna til að losa um hugsanlega spennu.*

*S.k. kaldsuða er framkvæmd þannig að ca. 25 mm eru soðnir í einu og látnir kólna í „snertihita“ (ca. 50°C).*

Suða í stærri hluti veldur meiri spennu. Í slíkum tilfellum getur gengið betur að „hálfhita“ (100-300°C) og sjóða með nikkelpinum.

Ef um flókna og erfiða hluti er að ræða er mælt með fullri forhitun (300-600°C) og steypujárnspinnum.

Í slíkum tilfellum, eins og við alla suðu, eiga hlutirnir að vera hreinsaðir af olíu og feiti.

Steypuhúð og hugsanlegar sandleifar í efninu verður að fjarlægja með slípun, og raufin þarf að vera opnari en við stálsuðu, helst með vel afrúnaða kanta. Suða í láréttri stöðu er best, en það eru til pinnar sem eru ætlaðir til stöðusuðu (t.d. Castolin 2230).

Notið eins granna pinna og hægt er. Þeir bræða minna af grunnefninu og þar með verður hitaáhrifasvæðið (HAZ) minna.

Suðustrengina á að hamra strax eftir suðuna til þess að mynda þrýstispenntur og vinna á móti samdrætti.

Mikilvægt er að sjóða í gíginn í lok suðunnar. Í gígnum geta verið smásprungur sem auðveldlega geta teygst úr sér og stækkað.

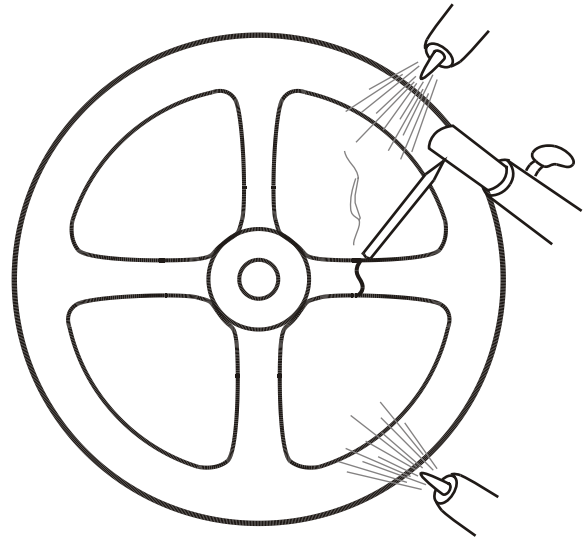
## Hitameðferð

Í erfiðum tilfellum og þegar efnisþykktin er mikil getur verið þörf á viðbótar hitameðferð.

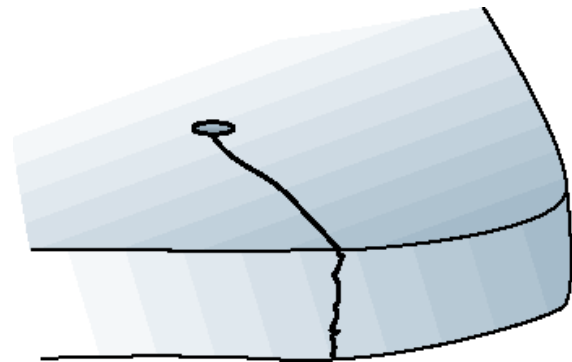
Það getur verið *spennulosun með afglódun* sem fer fram við 500-560°C og með biðtíma (þann tíma sem efnið er fullheitt) sem er ca. 1,5 tími/25 mm efni með hægri kólnun. Bætir álagspolið.

*Normalglódun* (cementítupplausn) fer fram við 900-920°C og með um 3 klst. í biðtíma. Hæg kólnun.

Blönduðu steypujárnin, gjarnan af gerðinni hvítt steypujárn, eru oft notuð í slithluti (hörpur o.þ.h.). Til þeirra teljast s.k. Nihörð steypujárn. Þau eru yfirleitt ekki suðuhæf.



*Hálf-heit suða (100-300°C) fær hér hjálp með viðbótar-hita til þess að efnið þenjst jafnt út. (Algengt í flóknari tilfellum).*



*Sprungur eru stoppaðar með því að bora gat framan við sprunguendann. Kannið fyrst með sprunguleitarvökva hve löng sprungan er. Gætið þess að hreinsa vökvann vandlega burt áður en hafist er handa við suðuna.*

### HEIMILDIR:

Handbækurr frá Castolin, ESAB, AGA, Migatronic, Sandvik. Útgáfur m.a. frá Svetskommissionen/IVA Karlebo Materiallára. Eigið efni: Adrian Bailey, Jan Jönsson, Bengt Westin

## E 7.2.3 Eftirlit og prófun (G3.2.1, M5.2.5, T5.2.5)

### Upprifjun: Suðugallar

Sjá kafla E 4.2.2.

### Skoðun: könnun ytri mála, yfirborðs- áferðar og formbreytinga

Sjónskoðun, sem felur í sér stærðarmælingar og formkönnun ásamt skoðun og mati á suðugöllum, er mikilvægasti þátturinn í skaðlausum prófunum.

Tveir staðlar eru notaðir við mat á gæðum soðinna skeyta í stáli:

**ÍST-EN-ISO 5817**

**ÍST-ISO 6520**

ÍST-EN 25817 skilgreinir suðugæði í þremur mismunandi flokkum:

- B -Hár
- C -Meðal
- D -Lágur

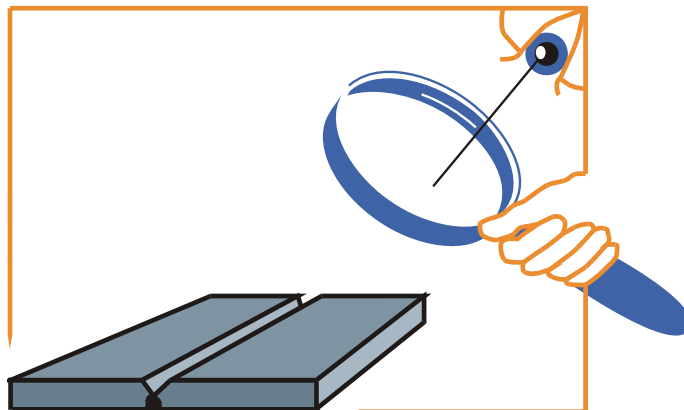
ÍST-EN-ISO 6520 gefur frekari skýringar/lýsingu á einstökum göllum í suðum á stáli.

### Sjónrænt eftirlit

Algengt er að þessu sé skipt í þrjá þætti: fyrir, á meðan og eftir suðuna.

#### Fyrir suðuna er gengið úr skugga um:

- Að lögun fúgunnar sé í samræmi við kröfur
- Að yfirborð fúgunnar og aðliggjandi svæði séu hrein og án galla
- Að þeim hlutum sem á að sjóða saman sé rétt stillt upp og vel fest



#### Á meðan soðið er skal gengið úr skugga um:

- Að millistrengir fái fullnægjandi innbræðslu í grunnefnið og fyrri strengi við fjölstrengjasuðu
- Að uppgefið vinnsluhitastig sé rétt
- Að millistrengjahitastig sé rétt við fjölstrengjasuðu
- Að meðhöndlun suðuefnis sé rétt samkvæmt leiðbeiningum

#### Eftir suðuna er gengið úr skugga um:

- Að vinnslustykkið sé hreinsað og laust við suðulús, gjalleifar og áfallinn suðureyk
- Að slípun og meitlun hafi ekki valdið sárum, sprungum eða öðrum göllum
- Að hugsanleg rétting sé framkvæmd þannig að hluturinn verði ekki fyrir tjóni
- Að ekki sjáist för eftir verkfæri sem geta talist vinnslustykkinu til lýtis
- Að suðuklemmur, dragmellur o.þ.h. sé fjarlægð án þess að merki sjáist eftir

## Rannsókn á yfirborði með tilliti til sprungna og annarra galla, sprunguleitarvökvi og segulduftsprófun

### Prófun með sprunguleitarvökva

Yfirborðsprófun til að leita að göllum sem opnir eru á yfirborði hentar sérstaklega *austenítisku* efni.

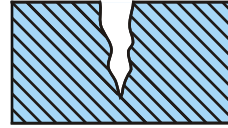
Aðferðin byggir á því að vökvar með litla yfirborðsspennu, t.d. steinólía, geta með háþræðakrafti þrengt sér inn í þröngar sprungur.

Prófunin er í fjórum þrepum:

1. Yfirborðið er hreinsað, jafnvel svo að reynt er að ná óhreindum sem farið hafa ofan í hugsanlegar sprungur. Slípun með sandpappír eða sandblástur getur hins vegar lokað fyrir sprungur.
2. Sprunguleitarvökvanum er sprautað á yfirborðið. Vökvinn er *raudur*, *svartur* eða *sjálflýsandi* og þrengir sér niður í sprunguna
3. Vökvinn er þurrkaður burt svo eftir verður aðeins það sem leitað hefur niður í sprunguna
4. Þunnu lagi af *hvítum* framköllunarvökva er sprautað yfir, en hann hefur þann eiginleika að hann dregur upp sprunguleitarvökvann eins og þerripappír og sést hann þá eins og strik í framköllunarvökvanum

### Sprunguleitarvökvi

Yfirborðið er hreinsað.



Vökvinn þrengir sér niður í sprunguna.



Umframvökvinn er fjarlægður. Framköllunarvökvinn dregur



upp sprunguleitarvökvann og



litast af honum.

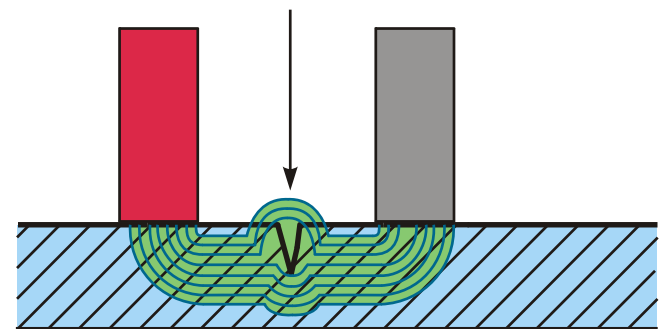
Segulduftsprófun.

### Segulduftsprófun

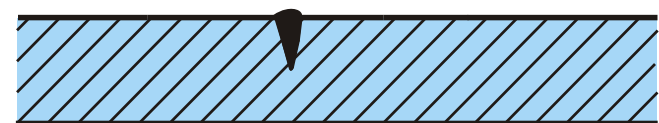
Yfirborðsprófun til leitar galla sem opnir eru á yfirborði, leiðir einnig, við góðar aðstæður, í ljós galla sem eru rétt undir yfirborðinu. Hentar til prófana á segulnæmum efnum.

Ef segull er settur á stálplötu myndast segulflæði rétt undir yfirborðinu. Prófunaraðferðin byggir á því að gallar í eða rétt undir yfirborðinu trufla segulflæðið; það verður leki í flæðinu.

Ef járnsvarf er sett á plötuna, mun það dreifa sér jafnt á milli segulpólanna og yfir sprungum myndast veggur af svarfi þar sem segulmagnið er sterkast. Til að auðvelda svarfinu að hreyfast er það hrært út í vökva, t.d. steinólíu.



### Innri rannsóknir á suðum



Járnsvarfið safnast yfir gallanum.

## með skaðlausum prófunum (Röntgen)

„Gegnumlýsing“ til leitar inniluktra galla. Hentar öllum efnum.

Við gegnumlýsingu, röntgen, er nýttur sá eiginleiki röntgengeisla að geta, með sinni stuttu bylgjulengd, farið í gegnum efni.

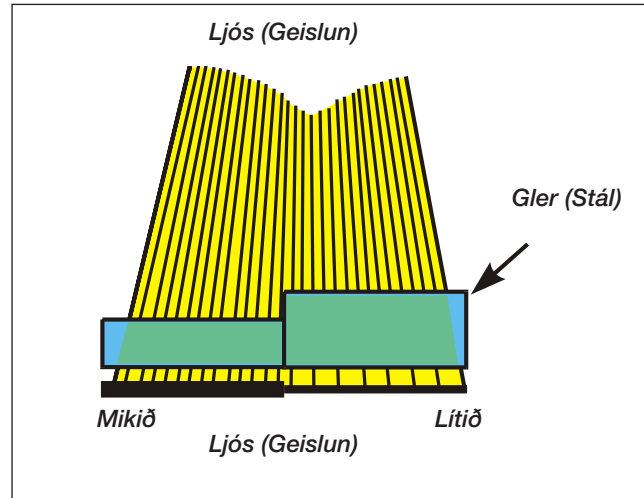
Ef borið er saman við venjulegt ljós, er margt sameiginlegt. Ljósgeislar komast jú í gegnum gler. Reyndar komast ekki allir geislarnir í gegn, hluti þeirra endurspeglast af yfirborðinu og hluti þeirra stöðvast í glerinu.

Af þessu leiðir að því þykkra sem glerið er, því minna ljós nær í gegn. Sama á við um röntgengeislana; því þynnra sem efnið er, því meiri geislun nær í gegn.

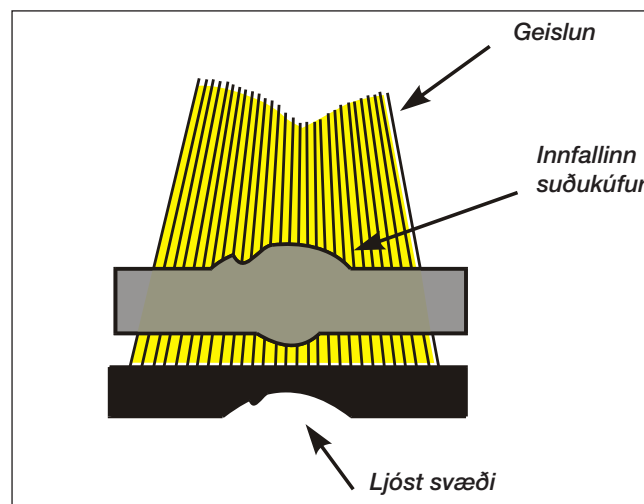
Ef ljósmyndafilma væri sett undir glerið sem lýst var í gegnum, (mynd 1), fengist dökk „negatíva“ þar sem glerið var þunnt og mikið ljós náði í gegn og ljósari þar sem glerið var þykkara. Röntgenfilman bregst við á sama hátt; þau svæði þar sem mikil geislun kemst í gegn verða svört, á meðan svæði undir þykku efni verða ljósari.

Ef litið er á tákmyndina af suðu (mynd 2), sést að suðukúfurinn, sem er n.k. aukning á efnisþykkt, myndar ljóst svæði á filmunni.

Ef þar að auki er að finna staðbundnar þynningar í efninu, t.d. rötargalla, myndast dökkur blettur á filmunni (mynd 3).

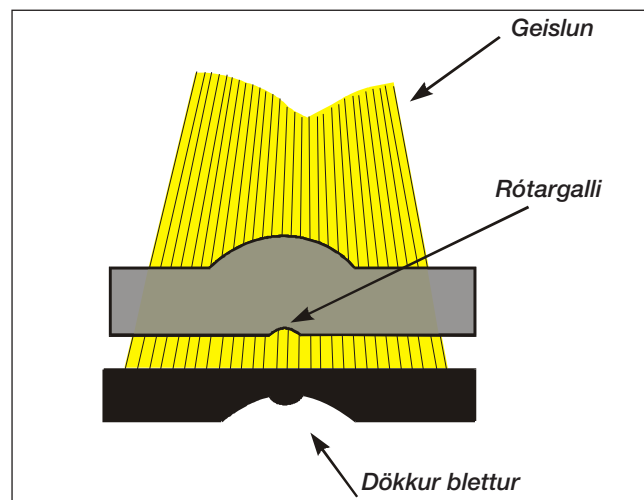


Mynd 2. Aukning efnisþykkta, myndar



ljósari svæði.

Mynd 3. Efnisþynningar mynda dökkri svæði á



röntgenmyndinni.

## Innri rannsókn á suðum

Mynd 1. Filma er sett undir glerið.

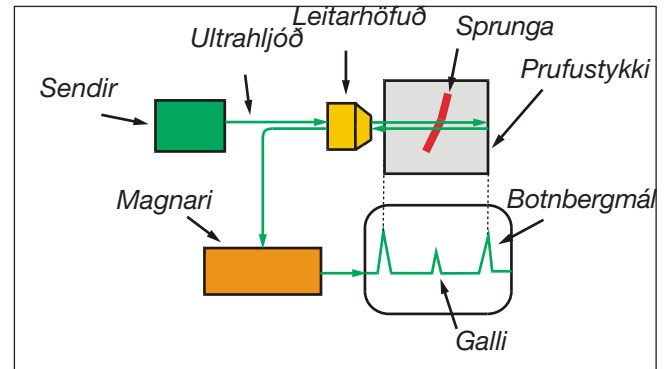
## með hátíðnihljóðbylgjum, (sóñar)

Þessi aðferð hentar sérstaklega vel við gallaleit í suðum og efni; til þess að finna innilukta galla, sem og við þykktarmælingar. Aðferðin hentar síður við austenítískt efni.

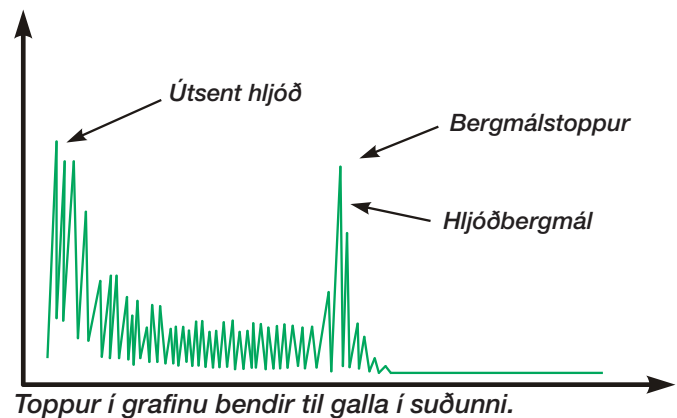
Þessi aðferð byggir á sömu tækni og bæði fiski-leitartæki og sónarinn á fæðingarveidinni. Hljóðbylgjur sem sendar eru með mjög stuttri bylgjulengd og hárrí títíni endurvarpast og gefa mynd af því sem olli endurvarpinu.

Við suðuprófanir er notaður s.k. sendir sem sendir hljóðbylgjurnar með vissu horni, 45 - 70 gráður, inn í efnið.

Ef hljóðbylgjurnar lenda á galla, endurkastast þær til baka í móttakarann þannig að bergmál fæst sem gefur til kynna að þarna sé galli. Til þess að komast að því hvers konar galli þarna er á ferðinni, er staðsetning hans mæld út í suðunni. Bindigalli t.d. sem liggur í hlið suðufúgu gefur alveg sérstakt bergmál vegna hinnar sléttu lögunar sinnar.



Grunnbættir sónarleitartækis.



Toppur í grafinu bendir til galla í suðunni.

## Hvirfilstraumsprófun (Spanstraumsprófun)

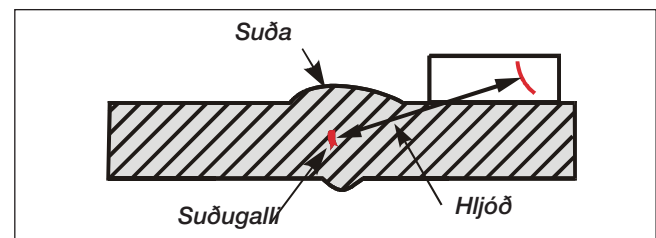
Hvirfilstraumsprófun er oftast notuð sem sjálfstýrð prófun á rörum. Hentar bæði til að finna yfirborðs- og innilukta galla.

Við prófun verður prufustykkið að fara annaðhvort í gegnum eða alveg upp við spangjafann, sjá myndir til hægri. Ríðstraumsgjafi er tengdur við spangjafann og rafsegulsvið myndast í honum. Þegar segulsviðið fer í gegnum prufustykkið myndast þar hvirfilstraumar sem hafa áhrif til baka á móttstöðu spangjafans.

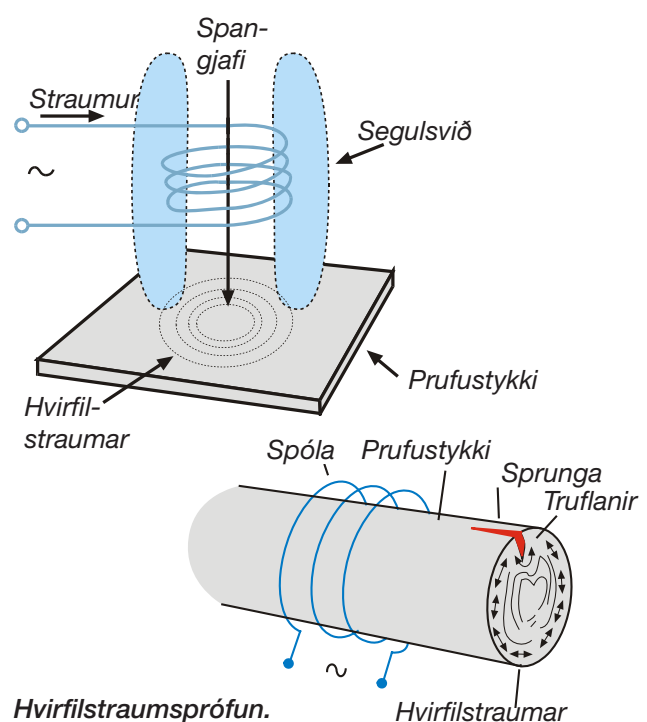
Stærð hvirfilstraumanna og útbreiðsla er háð lögun prufustykkisins, stærð, raf- og seguleiginleikum þess, ásamt hugsanlegum göllum sem kunna að leynast í stykkinu.

Það er sem sagt mögulegt með skráningu á raf-eiginleikum spangjafans, að meta eða segja til um áður nefnda eiginleika í prufustykkinu.

Sveiflurnar í móttstöðu spangjafans eru samt svo litlar að það verður að magna þær verulega upp svo hægt sé að lesa úr þeim.



Hljóðbylgjurnar eru sendar inn með ákveðnu horni.



Hvirfilstraumsprófun.



## Vélrænar prófanir til þess að finna álagsþol efnis og suðu

### Aflfræðiprófanir

Könnun á álagsþoli suðunnar og efnisins.

### Togþolsprófun

Við togþolsprófun er prófstafurinn látinn verða fyrir beinu togálagi þar til hann brestur. Yfirleitt er togið fengið með vökvakrafti. Við prófunina lengist prófstafurinn.

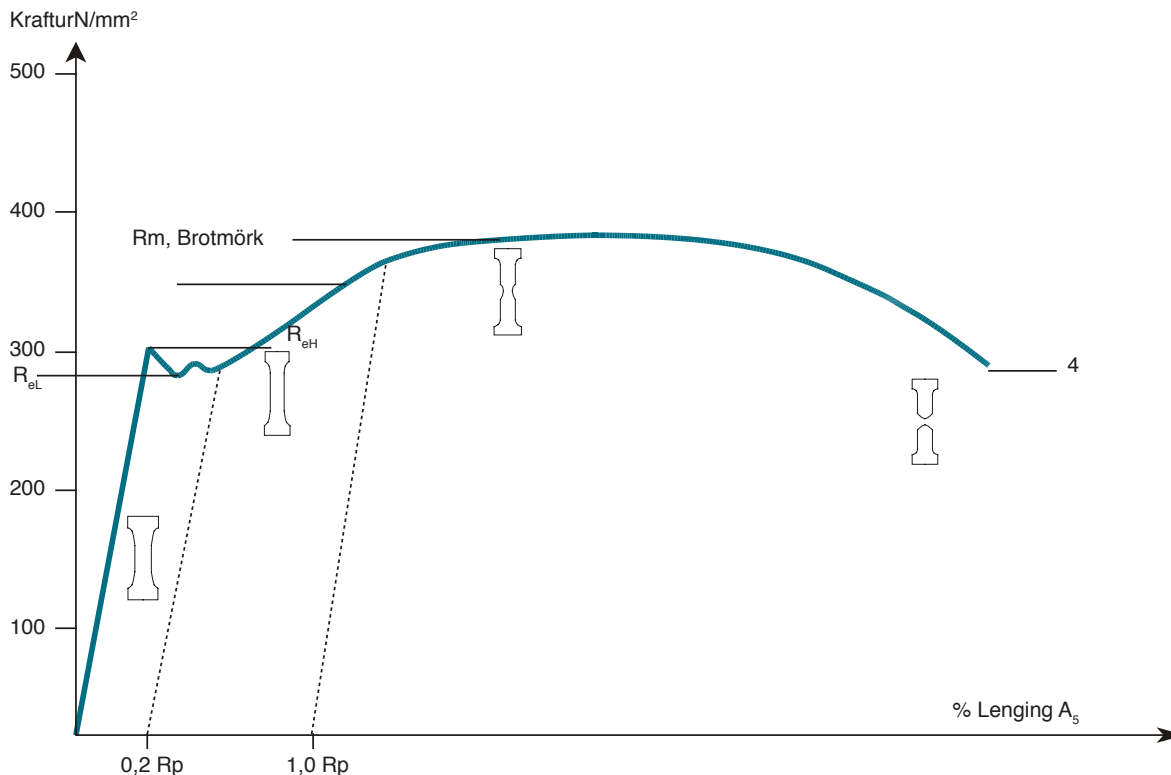
Þessi lenging er skráð í vélinni sem ritar graf af prófunarferlinu. Álagið eykst jafnt og þétt þar til prófstafurinn brestur, sjá graf fyrir neðan.

Þær upplýsingar sem fást með togþolsprófun eru:

- Það álag sem efnið þolir áður en það brestur ( $R_m$ )
- Hve mikil lengingin verður við visst álag (A)
- Hve mikið þvermál prófstafsins minnkar í sárinu (samdráttur).
- Flotmörk efnisins ( $R_{eL}$  eða  $R_{eH}$ ) sem er grunnur fyrir álagsþolsútreikningum í hönnun mannvirkja.

#### Úrdráttur úr SS 14 13 12

| SS-Stál  | Ástand                  | Efnisgerð            | Efnisþykkt mm               | Togþol SS 11 21 10                   |                                      |                                   |                   |
|----------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
|          |                         |                      |                             | $R_{eL}$<br>N/mm <sup>2</sup><br>min | $R_{eH}$<br>N/mm <sup>2</sup><br>min | $R_m$                             | $A_5$<br>%<br>min |
| 13 12-00 | Ómeðhöndl.              | Plötu-og, stangaefni | 40<br>(40)-100              | 220<br>210                           | 240<br>230                           | 360-460                           | 25                |
| 13 12-01 | Normal                  | Smíða-stál           | 50<br>(50)-250<br>(250)-500 | 220<br>200<br>200                    | 240<br>220<br>220                    | 360-460<br>360-(460)<br>360-(460) | 27<br>25<br>24    |
| 13 12-03 | Ómeðhöndl. eðahitameðh. | Heildregin rör       | 5<br>>5                     | 240<br>220                           | 260<br>240                           | 360-490                           | 24                |



Togþolsprófun fer fram við stofuhita (20°C).

RP = Hlutfallstogmörk (Lengingarmörk) N/mm<sup>2</sup> gildi sem segir til um teygjuþol sem eftir er.

## Höggþolsprófun

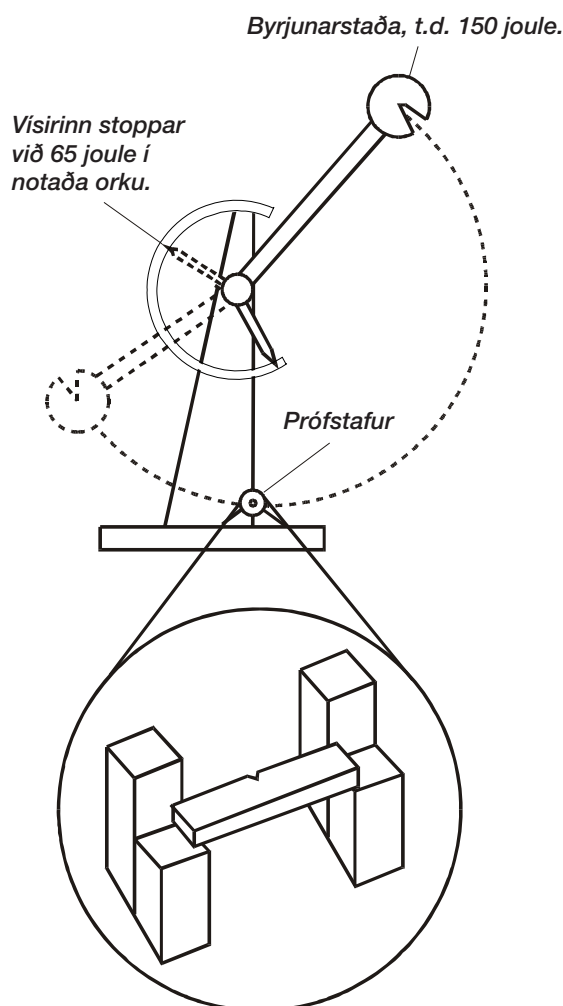
Höggþolsprófun er gerð til þess að meta hve stökkt efnið og suðuskeytin eru.

Prófstafurinn á að vera vélunninn og er oftast 10 x 10 mm í þverskurð og 55 mm langur.

Á miðju prófstafsins er rauf sem hefur nákvæma lögun, en þó eru gerðirnar amk. þrjár:

- V-laga, ætluð seigum efnum (Charpy-V)
- U-laga, ætluð stökkum efnum (Charpy-U)
- Skráargatslöguð, ætluð stökkum efnum

Með föstum kvarða og vísi sem fylgir pendúlum er hægt að meta seigluna, en það er mælikvarði á þá orku sem þarf til þess að slá í sundur prófstafinn. (Sjá mynd).



Höggþolsprófun.

Prófunarskilyrðin samkvæmt staðlinum ÍST-EN 10045-1 gerir ráð fyrir prófstaf í staðalstærð og að slagkraftur pendúlsins sé 300 J + - 10 J. Við þessi skilyrði er nýttur slagkraftur táknaður með:

- kU fyrir prófstaf með U-rauf
- kV fyrir prófstaf með V-rauf

*Dæmi: kV 300 -20°C þýðir:*

- Höggkraftur, 300 J
- Staðlaður prófstafur með V-rauf
- Notuð orka við brotið: 121 J
- Hitastig við prófun: -20°C

Prófunarvélar með annan slagkraft eru leyfðar, en þá á að vera tilvísunartala á eftir kU eða kV sem segir til um þennan kraft, t.d kV 150: slagkraftur 150 J.

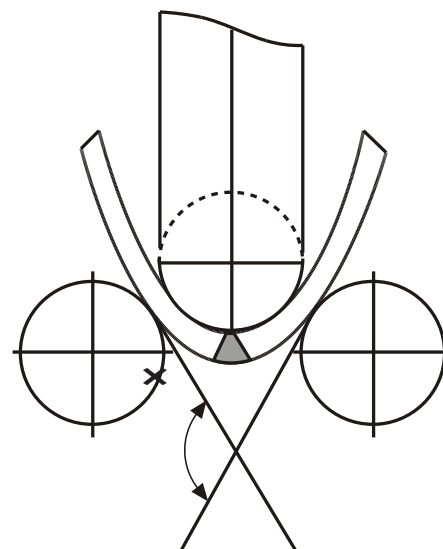
Einnig er hægt að nota prófstafi af öðrum stærðum, t.d. 5 x 5 mm. Þetta er þá gefið upp með kV 150/5.

*Dæmi: kV 150/5 0°C þýðir:*

- Slagkraftur: 150 J
- Prófstafur með V-rauf
- Notuð orka við brotið: 65 J
- Hitastig við prófun: 0°C
- Þverskurðarstærð prófstafsins: 5 x 5 mm

## Beygjuprófun

Beygjuprófun með rótina inn á við.



Við beygjuprófun suðuskeyta er reynt að sýna fram á að efnið þoli beygingu í ákveðinn gráðufjölda án þess að gallar komi fram.

Beygjuprófun er notuð til þess að kanna sambræðslu suðuefnis og grunnefnis.

Stúfsuðupróf gerð með MIG/MAG (135) eða gassuðu (311) á að beygjuprófa samkvæmt ÍST-EN 287-1 og SS 06 52 01 sem viðbót við röntgen-myndatöku.

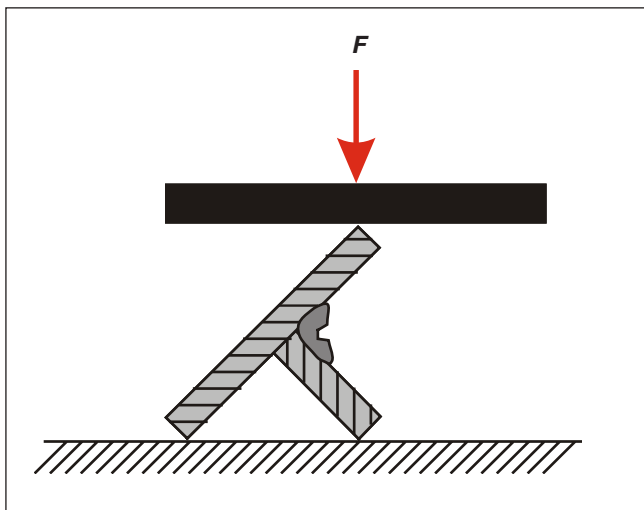
Þegar tekin eru fram WPS samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1 er gert ráð fyrir að prófstafirnir séu beygðir yfir sívala stöng sem er fjórföld efnisþykkt prófstafanna að þvermáli. Stafina skal beygja í 120° (Það geta þó komið til undantekningar vegna ákveðinna grunn- og suðuefna). Í prófstafina mega ekki myndast brestir sem eru meira en 3 mm í nokkra átt. Ekki á að taka tillit til bresta á hornum prófstafanna við mat á prófuninni. Beygjuprófun er ýmist framkvæmd með róthlið eða suðuhlið út.

## Brotprófun

Til að rannsaka gegnheilleika suðuskeytis eftir brot er notað brotpróf til þess að kanna hvort til staðar séu gallar eins og innilukt gjall, loftbólur eða bindigallar. Við suðupróftöku samkvæmt ÍST-EN 287 getur brotpróf komið í staðinn fyrir röntgenmyndatöku (gildir fyrir stúfsuður í rör og plötuefni). Brotpróf er notað við rannsóknir á kverksuðum, aðeins önnur hliðin soðin.

Suðunni sem á að rannsaka má skipta upp í fjóra minni hluta.

Suðukúfinn má slípa burt.



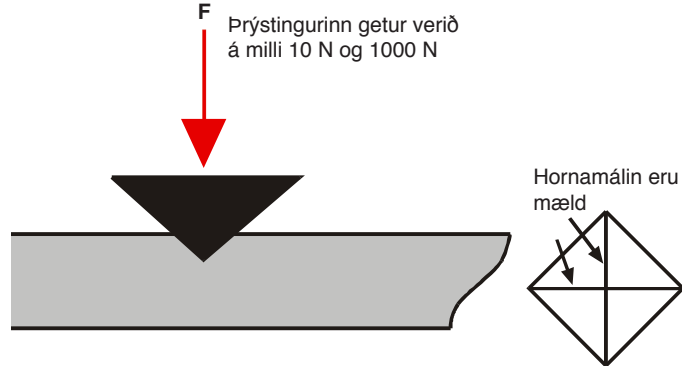
Brotpróf.

## Hörkuprófun

Fyrir efni og suðuskeyti.

Til þess að mæla hörku efnisins og suðuskeytanna.

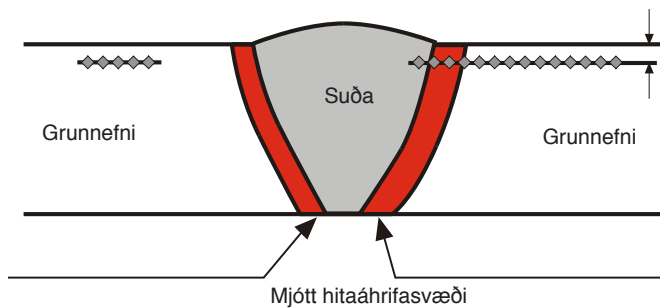
Hörkuprófun með Vickersaðferðinni.



Hörkuprófanir eru gerðar til þess að mæla hörku efnis.

Með hörku er átt við mótstöðu efnisins gegn „innrás“ framandi hluta. Harkan er prófuð með því að hörðum hlut, ólíkum að lögun eftir mælingaraðferð, er þrýst inn í yfirborð efnisins. Farið, sem verður því stærra eftir því sem efnið er mýkra, segir til um hörku efnisins.

Hörkuprófun efnis og suðumálmis.



Hörkuprófanir eru m.a. notaðar við prófun suðuferilslýsinga samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1.

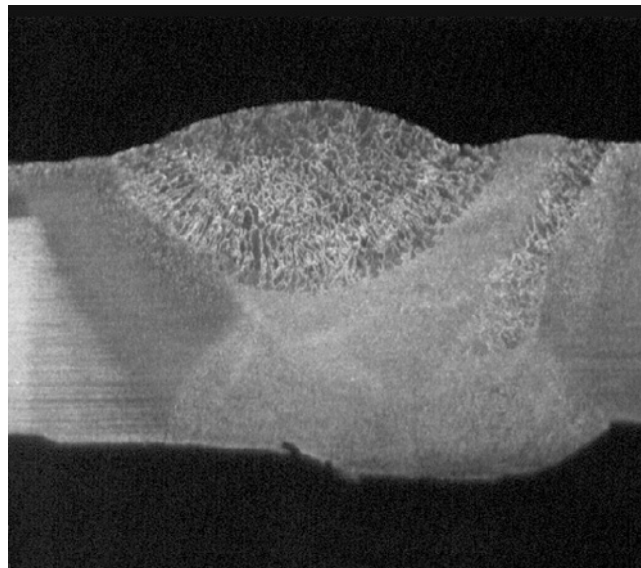
Vickers HV 10 er sú aðferð sem notuð er við þær prófanir. Aðrar hörkuprófunaraðferðir eru Brinell og Rockwellpróf. Við prófunina á að marka í suðuna, í HAZ og í grunnefnið til þess að mæla og skrá hörkuna í suðuskeytunum, sjá litlu ferningana á myndinni fyrir ofan.

Merkin á að gera samkvæmt myndinni. Útkoma prófunarinnar á að uppfylla skilyrðin samkvæmt töflu 2 í ÍST-EN ISO 15614-1.

## Makróprófun

Til þess að prófa efni og suðuskeyti er hægt að nota makróprófun. Þá er rannsakaður þverskurður suðunnar, gegnheilleiki hennar og innbræðsla í grunn-efnið.

Með makróprófun er reynt að fá mynd af makró-uppbyggingunni í suðuskeytunum. Það á að slípa sárið og fínþússa og síðan er það sýrubrennt þannig að innbræðslan, hitaáverkaða svæðið og hver suðustrengur fyrir sig komi í ljós. Rannsóknin er síðan sjónræn, e.t.v. með prófstafinn stækkaðan 2x og jafnvel er hann þá ljósmyndaður til skjalfestingar í sambandi við prófun WPAR. Í vissum tilfellum er makróprófun gerð á fleti sem aðeins er slípaður, t.d. ÍST-EN 287.



Makróprófun.

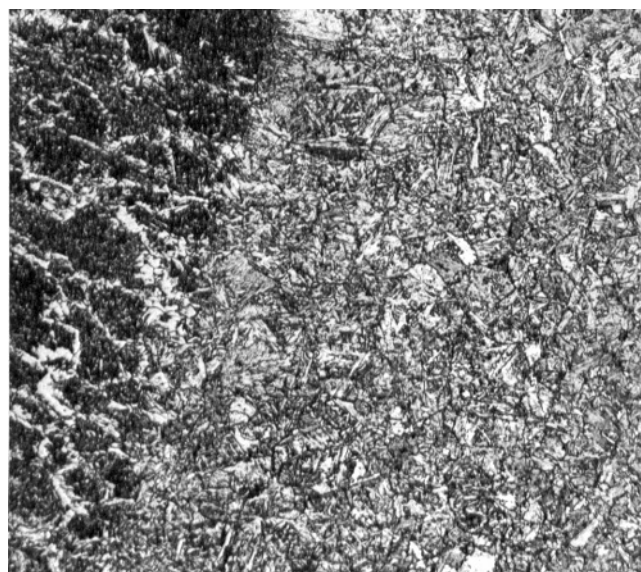
## Míkróprófun

Efni og suðuskeyti er líka hægt að prófa með míkróprófun. Þá er þverskurðaryfirborð suðunnar rannsakað ásamt gegnheilleika og uppbyggingu.

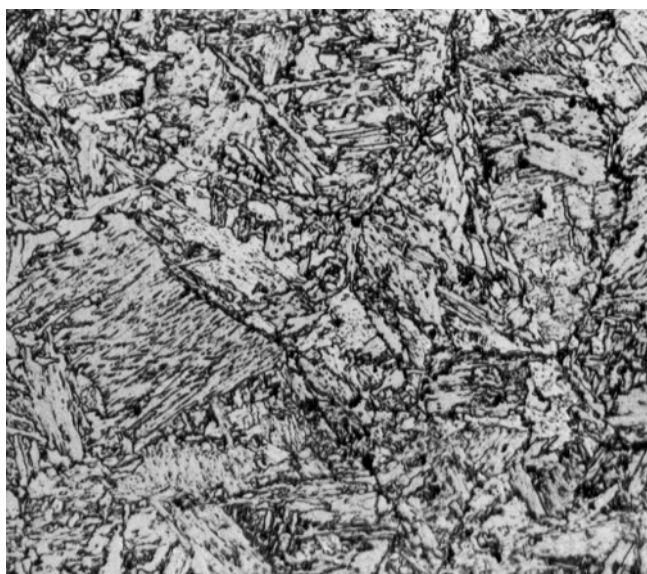
Með míkróprófun er hægt að bera saman uppbyggingu suðunnar, HAZ og grunnefnisins.

Prófstafirnir eru slípaðir, fínþússaðir og sýrubrenndir þannig að suðumálmur og HAZ skilji sig vel frá grunnefninu.

Rannsóknin fer fram í smásjá með 100 til 600 faldri stækkun og oft er prófstafurinn ljósmyndaður til skjalfestingar í sambandi við prófunina.



Míkróprófun, HAZ.



Míkróprófun, grunnefni.



Míkróprófun, suða.

HEIMILDIR:

Suðuprófunargögn Lernia AB

## E 7.2.4 Stálvirki

### Mat á útbreiðslu og þýðingu MMA-suðunnar fyrir málmiðnaðinn

Pinnasuðan (MMA) var lang mest notaða suðuáferðin fram á miðjan áttunda áratuginn, ef miðað er út frá sölu suðuefnis.

Fram undir 1990 sýna sölutölur að notkun pinnasuðunnar minnkaði ört, sérstaklega í Vestur-Evrópu og Japan en minna í Bandaríkjunum, mest vegna þess að þar voru bæði MIG/MAG-suða og rörþráðarsuða þegar búnað að ná allnokkurri útbreiðslu.

Pinnasuðan hefur mikinn sveigjanleika hvað varðar til dæmis efni, suðustöður, inni- eða útisúðu, aðkomumöguleika og búnað. Gæði suðumálsins eru góð.

Takmarkanir aðferðarinnar liggja fyrst og fremst í framlegðinni. Suðuafköstin eru takmörkuð samanborið við aðferðir sem nota óhúðað suðuefni, vegna þess að hulan getur eyðilagst af of háum hita.

Pinnaskipti og gjallhreinsun taka einnig sinn tíma. Aðferðin hentar heldur ekki til sjálfvirkni þar sem mötun suðuefnisins er ekki samfelld.

Eitt vandamál í sambandi við þessa suðuáferð er hættan á vetnissprungum, fyrst og fremst á hitaáverkaða svæðinu, HAZ. Vetnið kemur aðallega úr raka í pinnahulunni. Starfsvenjur sem tryggja lítið rakainnihald í hulunni eru mikilvægar út frá gæðasjónarmiði. T.d. í „offshore“ iðnaði hafa kröfur aukist um gæðastýringu við suðuvinnu.

Hægt er orðið að fá basíska suðupinna með litlu vetnisinnihaldi og með mikla slagseiglu við lágt hitastig,  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Rörasuða er aðallega framkvæmd með sellulósapinum, en fyrir hágæðastál er lítið þannig á að lægra vetnisinnihald og betri eiginleikar suðumáls basískra pinna geri þá samkeppnisfæra.

Nútíma straumgjafar hafa þróast í það að vera litlir, léttir og ódýrir í rekstri, ásamt því að hafa jafnan og „sprautufrían“ ljósboga með auðstýrðum suðupólli.

Pinnasuðu, MMA er hægt að nota í flesta málma og efnisþykktir og í allar suðustöður, en það gerir aðferðina afar fjölbæfa. Stillitímar eru stuttir og hægt er að ráða við þau umhverfisvandamál sem fylgja suðunni, eins og suðureyk, hávaða o.fl.

Fyrir suðu á framleiðsluvörum þar sem kröfur eru miklar getur þurft sérstök námskeið og prófanir suðumanna.



MMA-aðferðina er hægt að nota í flest efni og efnisþykktir bæði innanhús og utan.



Fyrir rörasuðu er pinnasuðan ennþá besti

## Öryggisþættir við suðu

Sjá E 5.2.3, E 5.2.4, E 2.2.4

### Lykilhlutverk suðuskeyta fyrir öryggi framleiðsluvörunnar

### Mikilvægi áreiðanlegra suðuskeyta

### Pörf fyrir gæðatryggingu/-stýringu

Sjá E 8.2.4

Kröfurnar um gæði og öryggi eru miklar, bæði hvað varðar suðuna og vinnuumhverfi suðumannsins.

Ástæðan er einföld: Hvort sem um er að ræða einfalda smíði eða hátæknileg mannvirki hvílir mikil ábyrgð á þeim sem framkvæmir vinnuna.

Vaxandi fjölbjóðleg samvinna felur í sér að framleiðendur þurfa að bera ábyrgð á því að framleiðsluvörunnar uppfylli kröfur um öryggi, heilsu og umhverfi.

Þær eru margar og ólíkar kröfurnar sem settar eru á fyrirtæki í suðuvinnu og ekki síður á suðumennina. Mest er það til þess að tryggja öryggi hins endanlega notanda framleiðslunnar. Gallar í suðuskeytum geta haft skelfilegar afleiðingar.

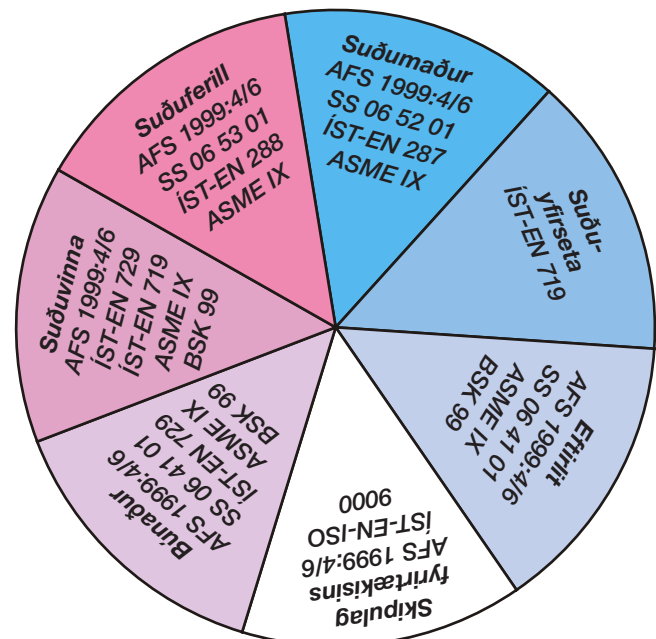
Þess vegna miða bæði kaupendur og framleiðendur soðinna vara við suðustaðla, því þá vita báðir aðilar hvaða kröfur gilda. Þetta hefur í för með sér gæðastýringu á vinnunni og gæðatryggingu á framleiðslunni, bætir samkeppnisstöðu fyrirtækisins og setur suðumanninum skýrar línur til að vinna eftir.

Suðumaðurinn er í algjöru lykilhlutverki hvað varðar að uppfylla gæðakröfur soðinna stálvirka.

Suðumaðurinn á að kunna að:

- Sjóða þannig að gæðakröfur séu uppfylltar.
- Meðhöndla suðuvélar, framkvæma daglegt viðhald og einfaldari bilanaleit.
- Nota hjálpartæki eins og fjarstýringar, púlssstilli, stöðustilli, keflabúkkja o.fl.
- Vinna suðuraufar eftir gildandi stöðlum.
- Festa hlutina fyrir suðu, þannig að formbreytingar verði sem minnstar.
- Velja og aðlaga stillibreytur samkvæmt WPS.

- Velja gas og suðuefni og meðhöndla það rétt.
  - Velja suðuaðferð og þekkja kosti hennar og galla ásamt takmörkunum.
  - Þekkja gildandi kröfur, t.d. um þrýstingsþol, þéttleika, yfirborðsáferð og suðumál.
  - Þekkja þá suðugalla sem geta komið upp og hvernig líkurnar á því eru minnkaðar.
  - Þekkja til þeirra áhrifa sem suðan hefur á eiginleika efnisins, formbreytingar vegna samdráttarspennu eftir efni og suðuaðferð.
  - Gera grein fyrir og vinna eftir WPS.
  - Skilja og skýra suðutákn á teikningum og geta unnið eftir þeim.
  - Undirbúa og vinna eftir gildandi reglum um hollustuhætti og öryggi.
  - Framkvæma hitameðferð eftir WPS, vita hvað er átt við með forhitun og millistrengjahitastigi.
  - **Alltaf** að sjóða með gæðin að leiðarljósi. Munið að „*ekkert er sterkara en veikasti hlekkurinn*“.
- Látið aldrei suðuna vera veikasta hlekkinn!**



Þessi mynd sýnir einfaldaða mynd af því umhverfi sem suðumenn og framleiðslufyrirtæki starfa í. (Lauslega þýtt úr SAQ:s „Vad Du bör veta innan Du svetsar“, Curt Johansson).

## Framtíðarhlutverk suðunnar sam- anborið við aðrar samsetningarað- ferðir

Eflaust mun verða soðið í framtíðinni. Það sem styður það er að engin önnur þekkt aðferð er jafn góð og suða þar sem kröfur eru miklar á samskeyti sem verða að þola hátt eða lágt hitastig, háan þrýsting, tog, samþrýsting, beygingu, snúning, högg, núning o.fl.

Það er líka frekar auðvelt að kanna gæði soðinna skeyta með skaðlausum prófunum samanborið við aðrar samsetningaraðferðir.

### Miklar kröfur

Kröfurnar sem settar eru á suðumenn munu bara aukast eftir því sem fram líður, sérstaklega mun harðna sú krafa að öll suðuvinna fari fram eftir suðuferilslýsingu, WPS. Einnig kröfur um kunnáttu í efnisfræði, t.d. um ný efni sem geta verið viðkvæm við viss hitastig. Suðumenn munu líka þurfa að kunna meira en eina suðuaðferð.

MMA-suða mun halda áfram að tapa markaðshlutdeild í samkeppninni við MAG-rörþráðsuðu. Aðrar aðferðir sem eru vaxandi eru „Rapid Arc“ og „Rapid Melt“. Þær tvær síðastnefndu eru vélrænar aðferðir.

Suðuvélmönnum fjölgar einnig í suðuiðnaði og til að stilla þá svo vel sé, þarf fagkunnáttu í suðu.

Meðal annara samsetningaraðferða sem keppa á sama markaði og suða, má nefna lóðun, hnoðun, skrufun, lásun, límingu (sem kannski er í mestum vexti) o.fl.

Viðgerðasuða og slitsuða, þ.e. uppbygging slitflata með harðsuðu, eru suðusvið sem væntanlega munu ekki minnka. Þróun þessara aðferða hefur gert þær arðsamari og opnað nýja markaði.

Fyrir suðumenn er alltaf atvinnu að finna, þó svo að það komi kröfur um endurnýjun kunnáttu og markvissa menntun. Þróun suðubúnaðar og suðuefnis er líka sífellt í gangi og því er regluleg endurmenntun nauðsynleg.

## Suða sem iðngrein á 21. öldinni

Þegar í dag eru menn að rýna fram í tímann til þess að reyna að sjá fyrir sér hvernig suða sem iðngrein kemur til með að líta út í framtíðinni. Hér á eftir koma nokkur atriði varðandi framtíðarsýnina sem komið hafa fram hjá vinnunefndum hjá Svets-kommissionen í Svíþjóð.

### 1. Atvinnumarkaður

Það mun verða því sem næst ómögulegt að fá nokkurn til þess að vinna við suðu ef ekki verður hægt að bjóða suðuvinnu sem sker sig frá erfiðri, sóðalegri og einhæfri suðuvinnu fortíðarinnar.

### 2. Tæknin

Tækniþróunin mun leiða til þess að kröfurnar sem gerðar verða til suðumanna munu breytast. Aukin tölvuvæðing, en einnig háþróaðri búnaður, krefst meiri og öðruvísi kunnáttu.

### 3. Æskan

Ungt fólk er þegar farið að gera kröfur um framtíð sína og atvinnu. Kröfur um að vinnan sé skapandi, þroskandi, gefi framavonir, að faghlutverkin breytist, og óbeint, auki á sjálfsvitund.

### 4. Menntunarmöguleikar

Menntunarkerfi dagsins í dag annar ekki þörf iðnaðarins á rétt menntuðu starfsfólki. Þess vegna hefur m.a. skortur á hæfu fólki þvingað fram aukna sjálfvirkni, jafnt í suðuvinnu sem á öðrum sviðum iðnaðar. Til lengri tíma lítið leiðir þetta til fækkunar atvinnutækifæra.

### Takmarkanir

Sú iðnframleiðsla þar sem sjálfvirknin er hvað mest á suðusviðinu er ekki tekin með í reikninginn í þessari framtíðarsýn þar sem talið er að ráðningarskilyrði og vinnuumhverfi verði öðruvísi í þessum sjálfvirku framleiðslueiningum. Heldur er gengið út frá meira hefðbundnu hlutverki suðumanns með tilliti til þeirrar tækniþróunar sem gera má ráð fyrir.

### Draumsýnin

Vinnuumhverfið hefur batnað, svo mikið að ekki er lengur hætta á heilsutjóni. Líkamsstyrkur hefur ekki lengur þýðingu. Ein afleiðing þess er fjölgun kvenna í faginu.

Sú fagþróun sem sýnd er á næstu síðu gerir ráð fyrir að það muni heyra sögunni til að unnið sé við sama verkið alla starfsævina, breyting sem er til mikilla bóta. Suðuvinna verður þó aldrei alveg án reyks, hávaða eða einhverra líkamlegra átaka.

**Innihald vinnunar**

Starf suðumannsins felur í sér meira en bara að sjóða.

Framleiðsluáætlanir, ferliseftirlit og samband við viðskiptavinina er sjálfsagður hluti starfsins. Sú hættu er fyrir hendi að sjálf suðan verði útundan, en því má ekki gleyma að hún er þungamiðja starfsins og hið mikilvægasta. Suðumaðurinn þarf bæði að skilja hvað gerist í ferlinu og geta gripið til þeirra aðgerða sem þarf til þess að tryggja að bestur árangur náist.

Fagkunnáttan í starfinu verður meira virði.

**Menntun í framtíðinni**

Menntun suðumanna fer fram í nánú samstarfi við fagmenn og fyrirtæki í starfinu. Hinir ýmsu fulltrúar greinarinnar (suðumenn, tæknimenn og forráðamenn fyrirtækja) eiga virkan þátt í þróun og uppbyggingu námsins.

Stór hluti námsins fer fram hjá iðnfyrirtækjunum. Þar eru til sérstakar einingar sem eru mitt á milli skóla og framleiðslu. Leiðbeinendur frá skólunum eru með hjá fyrirtækjunum og framleiðslufólk frá fyrirtækjunum er með og leiðbeinir í skólunum.

Fullnuma suðumenn koma reglulega inn í skólana til endurmenntunar.

Endurmenntunin er aðlöguð þörfum hvers og eins.

**Þróun einstaklingsins innan fagsins er einnig ólík:**

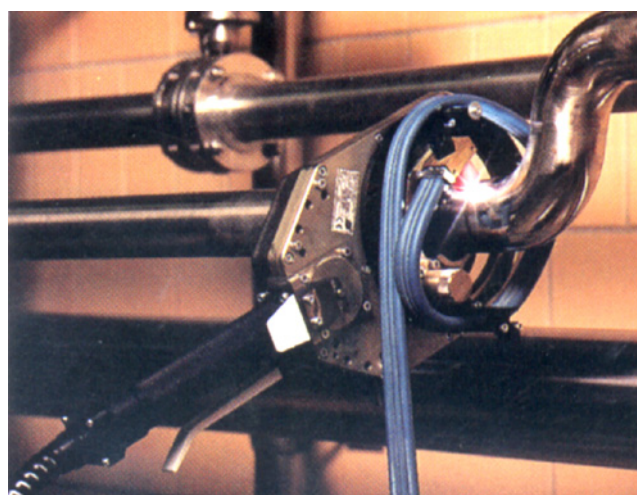
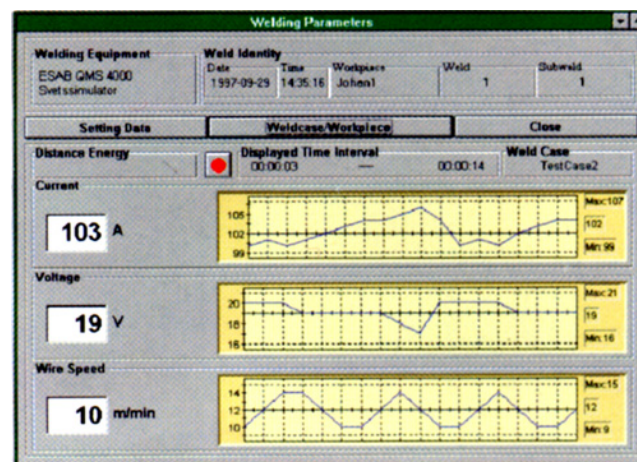
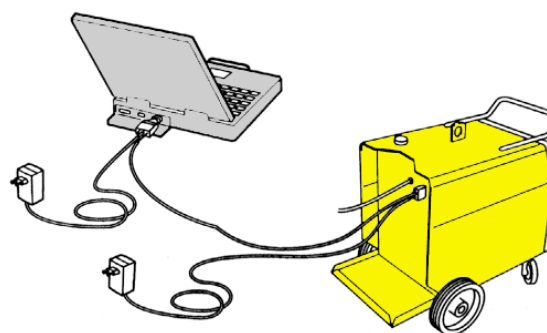
- Sumir halda áfram sem suðumenn, en sérhæfa sig á ákveðnu sviði.
- Nokkrir fara yfir í sjálfvirkar framleiðslueiningar þar sem suðuferilskunnátta þeirra er eftirsótt.
- Aðrir hafa bætt við menntun sína og starfa sem iðnfræðingar eða hönnuðir. Jafnvel á þeim sviðum reynist starfsreynsla þeirra koma að góðum notum, t.d. til þess að gera vörur framleiðsluvænar.
- Þeir sem hafa lag á að miðla af kunnáttu sinni hafa orðið leiðbeinendur innan fyrirtækisins eða fyrir fleiri fyrirtæki á sama svæði.
- Eftir mismörg ár í faginu hafa sumir suðumanna fundið hjá sér löngun til að prófa eitthvað nýtt og nota sér þá endurmenntunarmöguleika sem fyrir hendi eru til þess.

Hið ævilanga nám, sem svo mikið var talað um á tuttugustu öldinni, hefur loks orðið að veruleika.

Vitundin og þekkingin um vinnuumhverfi er fyrir hendi hjá öllum í fyrirtækjunum. Umhverfisþættirnir eru hafðir með í náminu frá byrjun.

Breiður þekkingargrunnur suðumanna hefur gert þá að virkum þátttakendum í framþróun fyrirtækjanna.

Almennt er litið á suðumenn sem vandvirka og hæfa fagmenn.



**Skráning upplýsinga um suðu og vélvæðing suðu- aðferða mun eflaust hafa áhrif á starf suðumanna í framtíðinni. (Úr bæklingnum Weldoc frá ESAB).**

HEIMILDIR ÞESSA KAFLA:

AG 13 – Svetskommissionen. *Vad Du bör veta innan Du svetsar* – SAQ. *Weldoc* – ESAB





**MMA**  
**Áfangi E 8**  
**E 8.1 verklegar æfingar**  
**E 8.2 bóklegt nám**



## E 8.1 Kynning

Tími ca. 2 klst.

### Áfangi EWF-E8 rörasuða

Í þessum áfanga á að sjóða rör sem halla 45°, eða H-L045 eins og staðan heitir í Evrópustaðlinum. Æfingarnar eru aftar í textanum.

Í lok áfangans eru tvö verkleg próf í rörasuðu, bæði í stöðunni H-L045 (lokapróf) ásamt skriflegu prófi. Fullnægjandi árangur í verklegu og bóklegu prófi tryggir EWF skírteini sem viðurkenndur evrópskur MMA-rörasuðumaður.

Prófstykkinn má einnig nota til útgáfu hæfnisskírteinis samkvæmt EN 287.

Þessum áfanga tilheyra einnig fjórir bóklegir kaflar:

#### E8.2.1 Suðugallar

#### E8.2.2 Evrópustaðlar fyrir pinnasuðu

#### E8.2.3 Fræðsluferfi EWF

#### E8.2.4 Gæðatrygging í suðu

### Suðugallar

Í nútímahönnun er það að verða viðtekin venja að nýta því sem næst til fullnustu burðarþol efna með því að nota háþróaðar reikniáferðir til þess að reikna út lágmarks efnisþörf.

Samskeyti í flestum mannvirkjum eru yfirleitt nýtt á sama hátt og grunnefnið, sem þýðir að suður, til dæmis verða fyrir æ meira álagi.

Af ýmsum ástæðum eru suður oft veikustu hlekkirnir í stálvirkjum. Því er ekki að undra þegar farið er yfir tölfræði slysa og óhappa sem orðið hafa í soðnum mannvirkjum, að sprungumyndun við suður og rof sem byrja í suðum komi oft fyrir.

Við veltum yfirleitt ekki fyrir okkur suðuskeytum, hvort sem þau eru á reiðhjóli, í bát, á brú eða í flugvél. Við göngum einfaldlega út frá því að verkið sé fagmannlega unnið.

Við reiknum með því að sá sem sauð þessi skeyti hafi hlotið til þess viðhlítandi menntun, að eðlilegt eftirlit hafi verið með vinnu hans samkvæmt gildandi reglum og stöðlum, og að fyrirtækið sem stóð að framleiðslunni ábyrgist afurð þá sem við notum. Ábyrgð suðumannsins er mikil.

### Evrópustaðlar fyrir pinnasuðu

Staðlaráð Íslands gefur út staðla á Íslandi. Þeir staðlar sem hér hafa öðlast gildi eru auðkenndir með forskeytinu ÍST.

#### Fyrirtækjastaðlar

Staðallinn yfir suðubúnað heitir ÍST-ISO 700 „suðubúnaður- ljósbogasúða- straumgjafar fyrir handstýrða suðu með suðupinum með hulu og fyrir TIG-suðu- merking og prófun“. Staðallinn inniheldur m.a. lýsingar á þeim kröfum sem gerðar eru til suðubúnaðar.

#### Suðuefni

Suðupinnarnir eru í grundvallaratriðum flokkaðir samkvæmt eftirtöldum eiginleikum: Togþoli suðumálmsins, lengingu og höggþoli, afköstum, suðustöðum, straumgerð og pólun, lægstu kveikispennu, vetnisinnihaldi suðumálmsins og efnasamsetningu.

Ofanefndir eiginleikar liggja til grundvallar Evrópustaðlinum ÍST EN 499 um flokkun á húðuðum rafsuðuvír. Jafnvel ISO (ISO 2560) hefur notað þennan grunn við flokkunina.

Í mörgum löndum eru til staðlar yfir suðupinna, svokallaðir landsstaðlar hvers ríkis fyrir sig. Reynt hefur verið að ná samkomulagi um að nota hinn alþjóðlega ISO-staðal. Á Evrópuvettvangi eru landsstaðlar að víkja fyrir samevrópskum stöðlum svokölluðum EN-stöðlum.

Tilgangurinn með stöðluninni er að gera það kleift að gefa ráðleggingar um val á suðupinum án þess að þurfa að nota framleiðslunúmer ákveðinna framleiðenda.

Athugið að enn gefa ekki allir framleiðendur rafsuðuvíra upp EN-flokkunarmerkingar í vörulistum sínum.

## Framkvæmd suðunnar

Staðallinn ÍST EN 1011-1 Suða, almennar reglur, fjallar um framleiðslu soðinna hluta úr málmum. Staðallinn lýsir kröfum sem gerðar eru til forvinnu, suðuáætlunar, punktunar, gegnumsuðu og eftirvinnu.

Suða er notuð til smíði ýmiss konar búnaðar t.d. þrýstibúnaður en hann er háður reglum um þrýstibúnað nr. 571/2000 sem Vinnueftirlitið hefur sett á grundvelli tilskipunar Evrópusambandsins og laga nr. 46/1980 um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustöðum. Einnig eru til fleiri reglur sem varða þrýstibúnað, þ.á m. reglur um færanlegan þrýstibúnað. Hægt er að skoða reglur og reglugerðir á heimasíðu Vinnueftirlitsins, [www.vinnueftirlit.is](http://www.vinnueftirlit.is).

*Vinnueftirlitið hefur með höndum markaðseftirlit með þrýstibúnaði, bæði hvað varðar innflutning, CE-merkingu og framleiðslu á búnaði innanlands.*

*Einnig liggja fyrir fjölmargir staðlar (hjá Staðlaráði Íslands) sem varða ýmsar tegundir þrýstibúnaðar.*

## Staðlar um suðugæði og -eftirlit

ÍST-EN 1011-2 fjallar um bræðsluðu kolstáls, kolmanganstáls og míkroíblandaðs stáls með Rel (flotmörk) < 390 N/mm<sup>2</sup>.

Staðallinn inniheldur ráðleggingar um val á suðuefni og vinnsluhitastigi o.fl.

ÍST-EN 719 fjallar um eftirlit við suðu og menntunarkröfur, ábyrgð og starfssvið þeirra sem starfa við suðuverkstjórn og suðueftirlit.

## Gæðatrygging í suðu

Í gæðatryggingu felst að starfa kerfisbundið og skilvirkt svo fullvissa sé fyrir því að varan nái þeim gæðum sem ætlast er til. Allt gæðaeftirlitsferlið, frá innkaupum til fullunninnar vöru verður að fylgja nánnum vinnureglum.

Til að tryggja þetta er notað **gæðastýrikerfi**.

## ÍST-EN-ISO 9000

Þegar gæðastýrikerfi er byggt upp er hægt að styðjast við staðalinn ÍST-EN 9000. Það ræðst af þörfum og umsvifum fyrirtækisins hvaða hlutar staðalsins eru notaðir. Ef til staðar er **hönnun, framleiðsla og prófanir þarf að fylgja ÍST-EN 9001**. Ef fyrirtækið starfar einungis við **framleiðslu og prófanir** gildir

**ÍST-EN 9002**. Staðallinn er uppbyggður úr nokkrum hlutum sem hægt er að nota sem „tékklista“ þegar gæðastýrikerfi er tekið í notkun.

## ÍST-EN 729

Þennan staðal á að nota við **gæðastýringu hjá fyrirtækjum sem vinna á sviði málmsuðu**. Honum er einnig skipt upp í hluta svo hægt sé að velja það stig sem hæfir best hverju fyrirtæki.

Í staðlinum er meðal annars að finna kröfur um að suðuverkstjórnar tengist fyrirtækjunum. Kunnátta þeirra á að samsvara kröfunum í ÍST-EN 719.

## Gæðatrygging í framkvæmd

Ákveðin hætta er á óvissu um hvað á að gilda þegar ÍST-EN 729 tekur við af eldri viðmiðunum og eins um það hvaða hluta 729 á að velja: -2, -3 eða -4.

## Öryggisflokkar

Undir háan öryggisflokk falla: Offshore, flugvéla- og geimiðnaður, stærri þrýstilagnir og lagnahlutar, stærri stálvirki o.s.frv.

Gæðaflokkur: EN 729-3, í vissum tilfellum EN 729-2

Undir meðal öryggisflokk falla: Minni þrýstilagnir og lagnahlutar, stálvirki, vélahlutar o.s.frv.

Undir lágan öryggisflokk falla: Minni stálvirki, þrýstingslausir geymar, minni vélahlutar o.s.frv.

## Menntunarkerfi EWF:

Innan EWF-kerfisins eru skipulögð fimm menntunarþrep.

1. European Welding Engineer EWE, Evrópskur málmsuðuverkfræðingur.
2. European Welding Technologist EWT, Evrópskur málmsuðufræðingur.
3. European Welding Specialist EWS, Evrópskur málmsuðutæknir.
4. European Welding Practitioner EWP, Evrópskur málmsuðuverkstjóri.
5. European Welder EW, Evrópskur málmsuðumaður.

## Verkleg æfing 2

Tími ca. 30 klst.

### Stúfsuða í V-fúgu (E8P-2-1)

Áfangi E 8.1 byrjar með tveimur æfingum þar sem á að sjóða í stöðu H-L045, þ.e. að vinnslustykkin eiga að halla í 45°. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E8P-2-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör 5,5 x Ø 89,0 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

**Staða: H-L045**

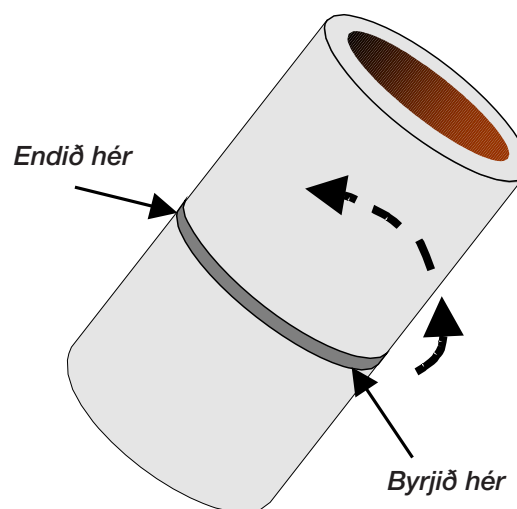


### Framkvæmið:

Skerið og slípið rörin. Punktið rörin saman í stöðu PA.

Festið vinnslustykkið í 45° halla.

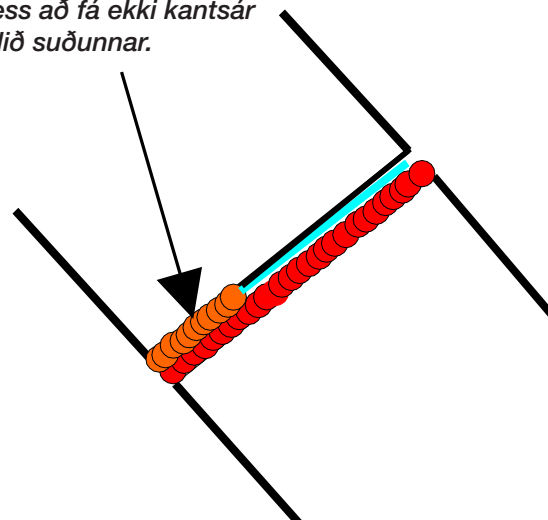
Sjóðið ratarstrenginn. Byrjið kl. 7 og sjóðið upp í áttina að kl. 12. Suða í þessari stöðu reynist flestum tiltölulega auðveld öðrum megin, en þess erfiðari hinum megin. Það veltur á því hvort suðumaðurinn er rétthentur eða örvhentur hvor hliðin er auðveldari.



Hafið sérstakar gætur á pinnahallanum við suðu í þessari stöðu. Rangur pinnahalli getur auðveldlega valdið suðugöllum eins og kantsári, ófullnægjandi gegnumsuðu og/eða inniluktu gjalli.

Þegar ratarstrengurinn er fullsoðinn, skal sjóða hina strengina, streng númer tvö að neðri raufarkantinum og streng þrjú að þeim efri.

Gætið þess að fá ekki kantsár við efri hlið suðunnar.



## Verkleg æfing 3

### Stúfsuða í V-fúgu (E8P-3-1)

Þessi æfing er eins og hin fyrri nema að stærð rörsins er önnur: 8,0 x 168,0 í stað 5,5 x 89 mm. Fylgið að öðru leyti suðuferilslýsingu E8P-2-1.

## Verkleg æfing 4

Tími ca. 30 klst.

## Rör við flangs (E8P-4-1)

Samsuða rörs og flangs er heldur ekkert nýtt. En í þetta skipti á vinnslustykkið að halla í 45°. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E8P-4-1.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör 5,5 x Ø 89,0 mm  
1 st flangs 10 x 180 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 42 3 B 32 H5

Staða: H-L045



## Framkvæmið:

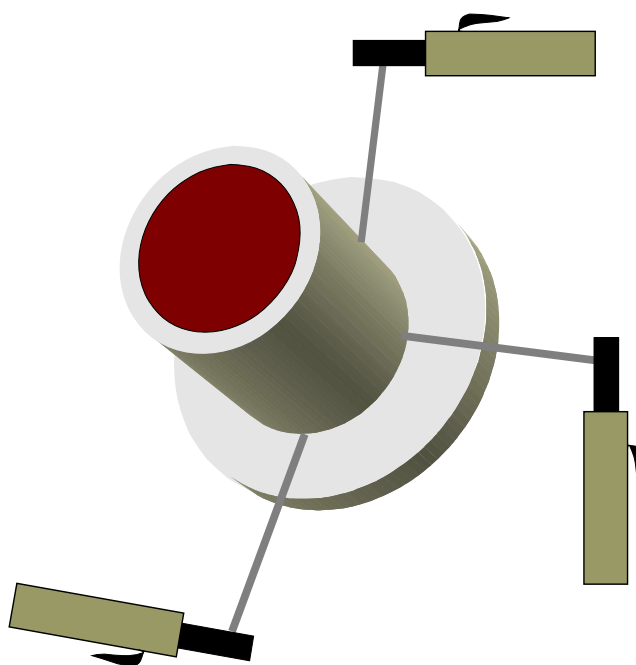
Skerið út flangs sem er 180 mm í þvermál og með 95 mm gati.

Punktið rör og flangs saman í stöðu PB.

Festið stykkið í stöðu H-L045.

Sjóðið fyrst að utanverðu eftir því a-máli sem gefið er upp á suðuferilslýsingunni.

Athugið a-málið. Sjóðið síðan skeytin að innanverðu. Hugið að suðuhradanum til að forðast að suðan renni útfyrir.



Sjóðið í stöðu H-L045. Gætið að pinnahallanum.

Nú er komið að  
próftöku E 8.3!

## E 8.2.1 Upprifjun: Suðugallar (M6.2.4, T6.2.4)

### Upprifjun – Áhrif suðunnar á öryggið

Sjá E 2.2.2 og E 4.2.4.

### Yfirlit – vörugallar vegna gæðabrests í suðuskeytum

#### Alvarleg óhöpp í soðnum mannvirkjum

Í nútíma hönnun er það að verða viðtekin venja að nýta því sem næst til fullnustu burðarþol efna með því að nota háþróaðar reikniaðferðir til þess að reikna út lágmarksefnisþörf.

Samskeyti í flestum mannvirkjum eru yfirleitt nýtt á sama hátt og grunnefnið, sem þýðir að til dæmis suður verða fyrir æ meira álagi.

Af ýmsum ástæðum eru suður oft veikustu hlekkirnir í stálvirkjum. Því er ekki að undra að þegar farið er yfir tölfræði slysa og óhappa sem orðið hafa í soðnum mannvirkjum, að sprungumyndun við suður og rof sem byrja í suðum sé helsti orsakavaldurinn.

#### Áhrif formgalla

Algeng ástæða uppsöfnunar spennu eru kantsár á mörkum suðu og hitaáhrifasvæðis (HAZ). Jafnvel þótt ekki sé um kantsár að ræða getur annar galli við suðuna átt sér stað, of hár og brattur kúfur en hann myndast ef suðan er of köld þ.e. þykkfljótandi suðupollur, eða að suðuhraði er of lítill.

Formgallar hafa slæm áhrif á seiglu, þreytuþol og tæringarþol (spennutæring). (Sjá mynd).

#### Efnisgallar

Samanborið við grunnefni sem er plastískt unnið, er ekki hægt að reikna með sams konar gallaleysi í suðum.

Jafnvel þótt ekki sé um eiginlega suðugalla að ræða, eins og tiltölulega stórar sprungur, gjall eða loftbólur – eru nær undantekningarlaust einhverjar gjalleifar og míkrobólur í suðum.

Þetta á sérstaklega við á bræðimörkunum þar sem efnið hefur að hluta til bráðnað. Þessir smágallar hafa einkum áhrif á þreytuþolið.

#### Suðuspennur

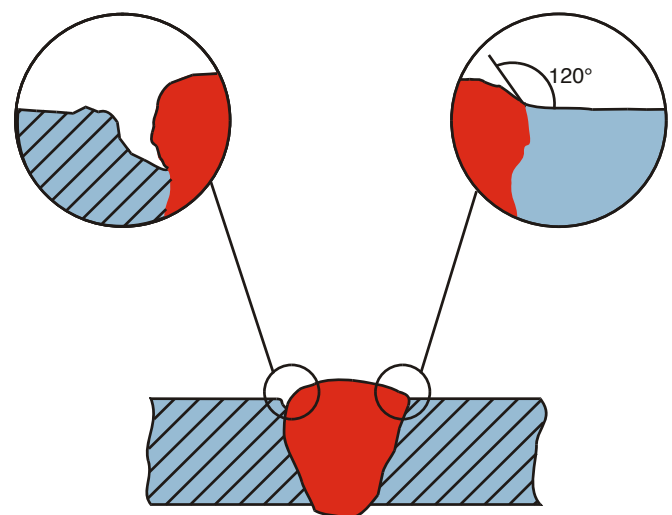
Vegna storknunarsamdráttar í suðumálminum o.fl. verða suðuspennur alltaf eftir í og í kringum suðuna að suðuvinnu lokinni.

Ein leið til þess að minnka suðuspennurnar er að hitameðhöndla suðuna þegar suðuvinnunni er lokið. Suðuspennur hafa áhrif á seiglu, þreytuþol og tæringarþol (spennutæring).

#### Áhrif á uppbyggingu

Þær breytingar sem geta orðið á uppbyggingu efnisins eru m.a. hersla að hluta til eða að öllu leyti, breytingar á kornastærð og áhrif vegna breytts útskiljunarferlis. Breytingarnar á uppbyggingunni hafa síðan áhrif á eiginleikana. Það er fyrst og fremst seiglan í HAZ sem verður fyrir áhrifum.

Hér á eftir er farið yfir tvö dæmi um skaða þar sem meginorsök brotsins má rekja til suðu og framkvæmdar suðunnar. Skaðarnir hafa orðið vegna afgerandi mistaka sem gerð hafa verið við skipulag eða framkvæmd suðunnar (Sjá næstu síðu).



Formgallar hafa slæm áhrif á seiglu, þreytuþol og tæringarþol (spennutæring).

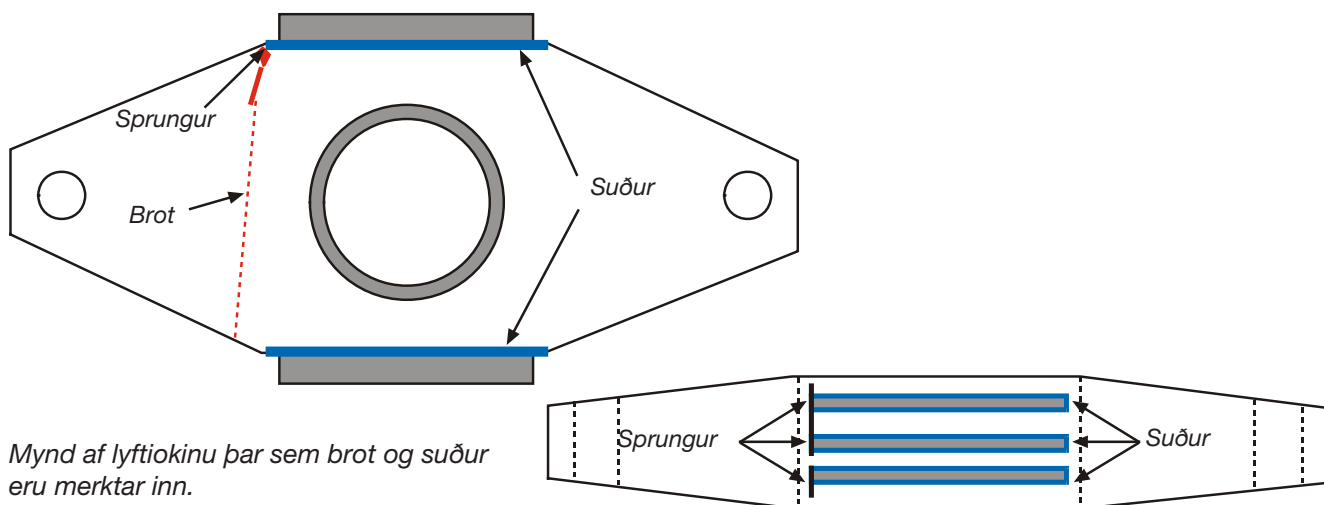


## 1. Brotið lyftiok í hjólagröfu

Lyftiok brotnaði í hjólagröfu eftir óeðlilega stuttan notkunartíma. Okið var gert úr steypustáli, Ox 812. Við sjónskoðun brotsins virtist um stökkt brot að ræða. Einkenni á brotyfirborðinu bentu til þess að brotið hefði byrjað við ásoðnar styrkingarplötur á ofanverðu okinu. Lögun oksins og staðsetning brotsins sjást á myndinni fyrir neðan.

Við smásjárskoðun á brotyfirborðinu komu í ljós litlar sprungur, 1 til 3 mm djúpar, upp við hverja og eina

hinna þriggja styrkingarplatna. Sprungurnar voru á mörkum suðanna og vinnsluefnisins og geta hafa myndast í tengslum við framkvæmd suðunnar eða vegna málmþreytu í notkun. Við krítíska sprungustærð eða álag hefur brotið myndast út frá sprungunum. Brotið hafði byrjað við þær suður sem lágu þvert á aðal álagsstefnurnar í okinu. Með því einfaldlega að sleppa þessum suðum, sem voru ónauðsynlegar fyrir styrk oksins hefði hættan á brotinu minnkað verulega.



Mynd af lyftiokinu þar sem brot og suður eru merktar inn.

## 2. Brotin keðja í sögunarborði

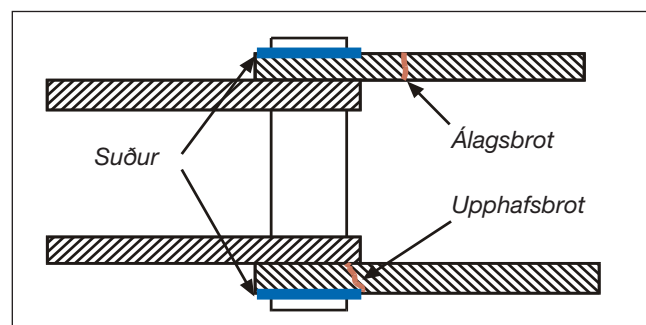
Keðja sem stillir sögunarborð brast eftir notkun í skamman tíma.

Hlekkirnir voru 200 x 100 x 15 mm og boltarnir voru 35 mm í þvermál. Við frumskoðun kom í ljós að upphaf brotsins var í öðrum hlekknum, í tengslum við suðu við boltann, sjá mynd til hægri.

Við míkrórannsókn á þverskurði suðunnar á milli hlekks og bolta nærri upphafspunkti brotsins kom í ljós hátt hlutfall martensíts í HAZ. Þetta var einkum áberandi í tengslum við efnið í hlekknum, þar sem martensítið virtist að auki nær alveg óafglóðað. Við hörkumælingu reyndist harkan vera á bilinu 630 til 750 HV í HAZ.

Ekki var skjalfest úr hvernig efni hlekkirnir í keðjunni voru gerðir, en rannsókn á uppbyggingu þess leiddi í ljós að það var normalíserað stál með tiltölulega miklu kolefnisinnihaldi, 0,6 til 0,7%.

Boltinn var gerður úr seighertu stáli. Lokamat var, að upphafsbrotið væri stökkt brot orsakað af ónógri seiglu ásamt sprungumyndunum í HAZ. Suðan hafði greinilega verið framkvæmd án tillits til þess um hvernig efni var að ræða. Þær stálgerðir sem voru í keðjunni er varla hægt að kalla suðuhæfar undir eðlilegum kringumstæðum. Aðeins er hægt að sjóða slík efni með ásættanlegum árangri ef beitt er verulega hækkuðum vinnsluhita.



Rissmynd af keðjuhlekk.

## Lykilhlutverk suðumannsins í tryggingu suðugæðanna

### *Soðin samskeyti...*

...við gefum þeim ekki oft gaum, hvort sem þau eru á reiðhjólatastífi, í bát, á brúarmannvirki eða í flugvél. Við reiknum einfaldlega með því að verkið sé framkvæmt eftir settum reglum og hafi tilskilin gæði.

Við gerum ráð fyrir að sá sem hefur soðið þessi samskeyti hafi hlotið viðeigandi menntun, að suðan hafi farið í gegnum gæðaeftirlit samkvæmt gildandi stöðlum og reglum og að framleiðslufyrirtækið taki ábyrgð á þeirri vöru sem við notum.

Suðumenn bera mikla ábyrgð og eru kannski undir meiri eftirliti en nokkur önnur starfsstétt.

Það er þess vegna sem virkt gæðatryggingarkerfi er nauðsyn í suðuiðnaði, gæðatryggingarkerfi fyrir bæði framleiðslu og starfsfólk. Til eru ýmsar reglugerðir og staðlar sem eru til hjálpar við þetta, t.d.:

- ÍST-EN-ISO 9000, Gæðastjórnunarkerfi
- ÍST-EN-ISO 9001, 9002 votta fyrirtæki sem starfa á suðutæknilegum vettvangi
- ÍST-EN 729 Gæðakröfur og stýring við suðuvinnu
- ÍST-EN 719 Kröfur um hæfni starfsmanna við suðuvinnu
- ÍST-EN 287 Hæfnisprófa í suðu

## Eftirlitið og mikilvægi skaðlausra prófana við að finna suðugalla sem gætu mögulega valdið hættu og miklu tjóni

Lögin um ábyrgð framleiðenda byggja á tilvísunum Evrópuþingsins og fela meðal annars í sér að:

- framleiðandinn lýtur skjalfestingarskyldu
- varan skal vera framleidd samkvæmt viðeigandi kröfum
- hönnunargögn og framleiðsluleiðbeiningar á að geyma í minnst tíu ár
- suðuferlar skulu skjalfestir
- framleiðanda ber skylda til að sjá til þess að óhöpp sem rekja má til vörunnar endurtaki sig ekki. Ábyrgðin nær til slysa, þar með talin dauðsföll og í vissum tilfellum til eignatjóns.

Það ber að muna að kerfið á að vera uppbyggt þannig að ef galli kemur í ljós, á að vera hægt að rekja aðrar vörur sem geta haft sama galla (rekjanleiki). Helst skal vera hægt að rekja vöruna til ákveðins viðskiptavinar. Að sjálfsögðu er eftirlit og skipulag suðuvinnunnar í lykilhlutverki hér.

HEIMILDIR:

SAQ-Kontroll AB, Curt Johansson. Eigið efni – Jan Jönsson, Adrian Bailey

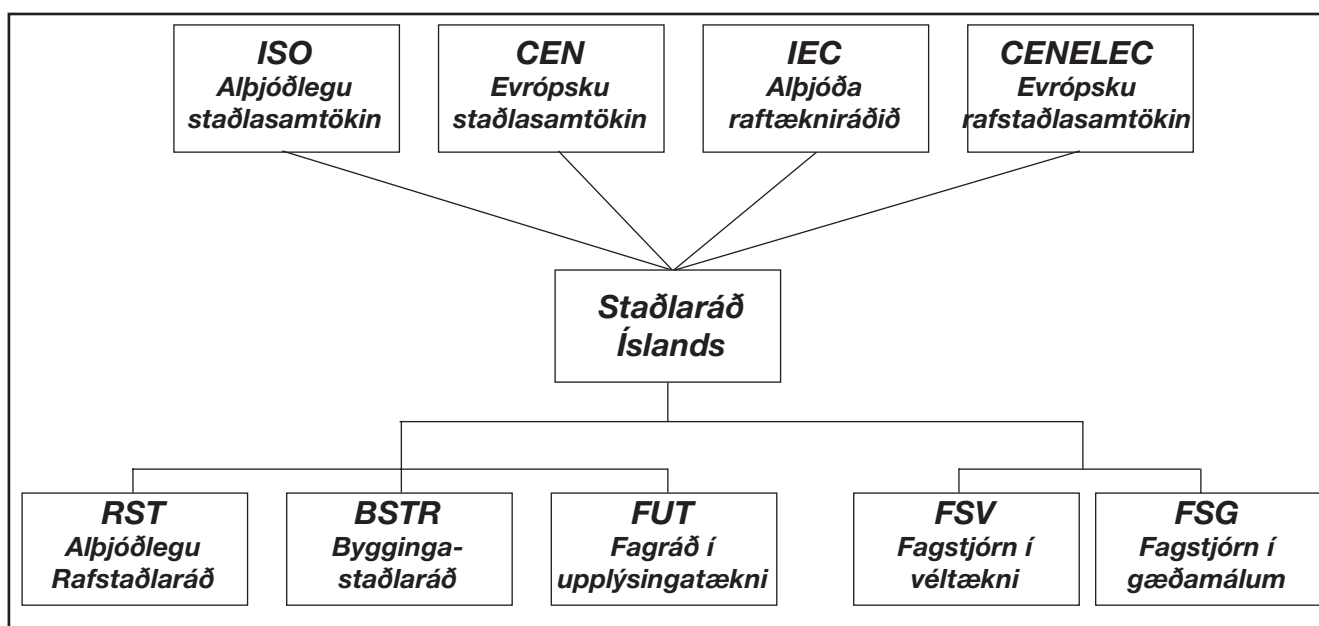
## E8.2.2 Evrópustaðlar fyrir pinnasuðu (M6.2.1, T6.2.1)

### Hlutverk og starfssvið CEN, ásamt sambandi þess við staðlastofnanir þjóðanna

Staðlar sem snerta suðu eru til í ýmsum útgáfum, allt eftir því hvaða stofnanir hafa átt hlut að máli. Hér er reynt að skýra ÍST-, ISO- og EN-staðla.

Ef staðaltáknið byrjar á ÍST þýðir það að staðallinn hefur verið staðfestur af Staðlaráði Íslands og öðlast gildi sem íslenskur staðall.

#### STAÐLASTOFNANIR



### Hvað er ISO?

ISO (International Standards Organisation) er alheimssamband staðlastofnana þar sem flestar þjóðir heims eru meðlimir (ISO-meðlimir). Gerð alþjóðastaðla fer yfirleitt fram í einhverri af hinum ýmsu tækninefndum ISO.

Hver sú aðildarþjóð sem hefur áhuga á starfi einherrar tækninefndarinnar, getur gerst aðili að henni. Alþjóðlegar stofnanir, bæði ríkisreknar og aðrar, sem starfa með ISO, taka einnig þátt í starfinu. ISO er í nánú samstarfi með Internationella Elektrod-techniska Kommissionen (IEC) í öllu því sem snýr að stöðlun rafsuðuvíra / rafskauta. Tillaga að alþjóðastaðli

sem samþykktur hefur verið af tækninefnd er send aðildarlöndunum til atkvæðagreiðslu. Til þess að öðlast viðurkenningu og vera gefinn út sem alþjóðastaðall þurfa a.m.k. 75% aðildarþjóðanna að samþykkja tillöguna.

### Hvað er CEN?

CEN - European Committee for Standardization er samband Evrópskra staðlastofnana. Aðildarþjóðir CEN eru: Austurríki, Belgía, Danmörk, Finnland, Frakkland, Þýskaland, Grikkland, Ísland, Írland, Ítalía, Luxemborg, Holland, Noregur, Portúgal, Spánn, Svíþjóð, Sviss og Bretland.

Aðildarþjóðum CEN ber skylda til að fylgja ákvæðum innri ákvarðana CEN/CENELEC sem skilgreina með hvaða hætti Evrópustaðall í óbreyttu formi getur öðlast gildi sem þjóðarstaðall.

Raunveruleg merking og fræðilegar tilvitnanir sem snerta slíka þjóðarstaðla er hægt að fá frá miðstjórnarnefnd CEN eða frá einhverjum aðila CEN.

Evrópustaðlar eru til í þremur opinberum útgáfum (enskri, franskri, og þýskri). Útgáfa á einhverju öðru tungumáli, þýdd með ábyrgð CEN meðlims á eigið tungumál og sem tilkynnt hefur verið um til miðstjórnarnefndar CEN, hefur sama gildi og opinberu útgáfunar.

## Hvað er Staðlaráð Íslands

Staðlaráð Íslands er vettvangur hagsmunaaðila til að vinna að stöðlun og notkun staðla á Íslandi. Ráðið starfar á grundvelli laga um stöðlun.

Staðlaráð er fulltrúi Íslands í alþjóðlegu staðlasamtökunum ISO og IEC og evrópsku staðlasamtökunum CEN og CENELEC og þátttakandi í norrænu stöðlunarsamstarfi INSTA.

Helstu verkefni er:

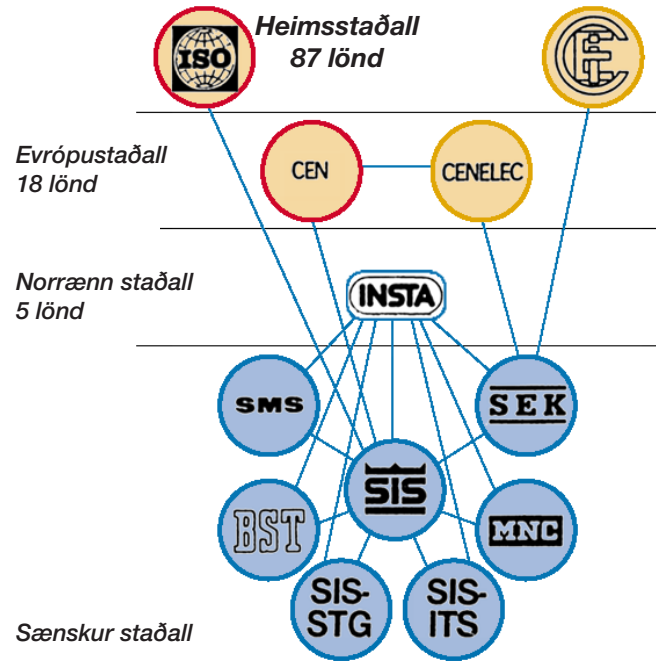
- Umsjón með staðlagerð á Íslandi
- Að aðhæfa og staðfesta þá staðla sem skylt er vegna aðildar Staðlaráðs að erlendum staðlasamtökum
- Að greiða fyrir því að íslenskum stöðlum verði beitt í opinberri stjórnsýslu og hjá einkaaðilum
- Að starfrækja miðstöð stöðlunarstarfs á Íslandi sem þjónustar stofnanir, fyrirtæki, einstaklinga og samtök sem vilja nýta sér staðla

Staðlaráð Íslands tekur ekki efnislega afstöðu til staðla og ákveður ekki hvað skuli staðlað. Ákvarðanir um það eru teknar af þeim sem eiga hagsmuna að gæta og þeir greiða fyrir verkefnin.

Á vegum Staðlaráðs starfa þrjú fagråd:

- Byggingarstaðlaráð
- Rafstaðlaráð
- Fagråd í upplýsingatækni

Á vegum Staðlaráðs starfa einnig fagstjórnir í gæðamálum og í véltækni.



## Staðlar yfir suðubúnað ÍST-ISO 700

Staðallinn fjallar um „Suðubúnað fyrir ljósbogasúðu - Straumgjafa fyrir handstýrða pinnasuðu og fyrir TIG-suðu - Merking og prófun.“

Staðallinn er, eins og titillinn gefur til kynna, lýsing á þeim kröfum og skilmálum sem gilda fyrir m.a. suðubúnað.

## Stöðlun suðuefnis fyrir handstýrða pinnasuðu

Suðupinnarnir eru í grundvallaratriðum flokkaðir samkvæmt eftirtöldum eiginleikum:

1. Togþoli suðumálmsins
2. Lengingu og slagseiglu
3. Afköstum
4. Suðustöðum
5. Straumgerð, pólun og lægstu kveikispennu
6. Vetnisinnihaldi suðumálmsins
7. Efnagreiningu fyrir ryðfría pinna

Ofanefndir eiginleikar liggja til grundvallar sam-evrópska staðlinum ÍST EN 499, ásamt stöðlum margra annarra landa. Jafnvel ISO (ISO 2560) hefur notað þennan grunn við flokkunina.

## Samþykktir suðuefna á Íslandi

Þar sem íslenskar stofnanir hafa ekki bolmagn til svo yfirgripsmikilla prófana sem þarf svo meta megi suðuefni, er farið eftir samþykktum frændþjóðanna og samþykktir þeirra látar gilda hér líka.

Til ýmissa sérverkefna getur þurft viðbótarsamþykki eftirlitsstofnunar, t.d. DNV eða Lloyds.

## Stöðlun suðupinna

Í mörgum löndum eru til staðlar yfir suðupinna. Reynt hefur verið að ná samkomulagi um að nota hinn alþjóðlega ISO-staðal. Á Evrópuvettvangi mun hins vegar prEN 14532-1, -2 og -3 væntanlega verða tekinn í notkun í byrjun árs 2004 (pr- framan við staðalnúmerið stendur fyrir „preliminary“ og þýðir að staðallinn hefur ekki formlega tekið gildi).

Tilgangurinn með því að staðla suðuvíra er að gera það kleift að hægt sé að gefa ráðleggingar um val á suðupinum án þess að þurfa að nota framleiðslunúmer ákveðinna framleiðenda.

Dæmi um Evrópuviðmiðanir (EN) sem tekið hafa gildi á Íslandi:

**ÍST-EN 499** Flokkun og merking rafsuðuvíra fyrir óblandað- og fínkornastál.

**ÍST-EN 757** Flokkun og merking rafsuðuvíra fyrir álagspolið stál.

**ÍST-EN 1599** Rafsuðuvírar fyrir hitapolið stál - flokkun.

**ÍST-EN 1600** Rafsuðuvírar fyrir ryðfrí- og hitapolin stál - flokkun.

**ÍST-EN 439** Flokkun hlífðargass fyrir ljósbogasúðu og skurð.

**ÍST-EN 440** Flokkun og merking suðuvírs fyrir hlífðargassuðu fyrir óblandað- og fínkornastál.

**ÍST-EN 758** Flokkun og merking rörþráðar fyrir hlífðargassuðu fyrir óblandað- og fínkornastál.

Athugið að enn gefa ekki allir framleiðendur rafsuðuvíra upp EN-flokkunarmerkingar í vörulistum sínum.

## Staðlar sem snerta framkvæmd suðunnar

### ÍST EN 1011-1

#### Suða – Almennar reglur

Staðallinn fjallar um framleiðslu soðinna hluta úr málmefnum. Staðallinn lýsir kröfum sem gerðar eru til forvinnu, suðuáætlana, punktunar, gegnumsuðu og eftirvinnu.

### Vörustaðlar sem innihalda kröfur um suðu

Þrýstikútar eru háðir hinum ýmsum reglugerðum. Vinnueftirlitið gefur út forskriftir, sem meðal annars eru byggðar á lögum um aðbúnað og hollustuhætti á vinnustöðum. Öryggiseftirlitið getur á eigin vegum eða í gegnum Vinnueftirlitið gert vöruprófanir og stöðvað sölu eða notkun.

Á þrýstikútasviðinu er verið að vinna að því að taka í notkun ýmsa staðla sem nota skal til þess að standast kröfur þær sem gerðar eru í EB um þrýstikúta og -lagnir.

Eftirlitið er strangt og kröfurnar yfirleitt mjög miklar. Það felur meðal annars í sér að allir suðumenn sem vinna við gerð þrýstilagna og -kúta verða að geta sýnt fram á gilt suðupróf. Þegar um útflutning þrýstikúta til EB landa er að ræða gilda reglur móttökulandsins þar til ályktunin hefur öðlast gildi. Ef þrýstikúturnir eru samþykktir eftir ályktuninni um einfalda þrýstikúta eru þeir samþykktir í öllum löndum sem aðilar eru að EES.

### Staðlar / ályktanir sem snerta gerð þrýstikúta:

**AFS 1999:4/6 – ÍST EN 287 – ÍST EN 288 – ÍST EN ISO 15609-1**

Fyrirtæki sem vilja framkvæma suðu þrýstilagna verða að hafa yfir að ráða suðumönnum með suðupróf í því sem á að sjóða. Reglur um suðu þrýstikúta og -lagna er að finna í reglugerð vinnueftirlitsins.

Suðupróf á að vera samkvæmt ÍST EN 287 og suðuferilslýsing samkvæmt ÍST EN 288 ef þörf er á.

Evrópuályktanir um gerð hluta undir þrýstingi hafa verið í gildi í flestum aðildarlöndum EES síðan 29. maí 2002.

## Staðlar sem fjalla um suðugæði og suðueftirlit

### ÍST EN 1011-2

Ljósbogasuða kolstáls, kolmanganstáls og míkro-íblandaðs stáls með  $Rel < 390 \text{ N/mm}^2$

Mat suðuaðstæðna við handstýrða pinnasuðu.

Staðallinn inniheldur ráðleggingar um val á pinna-gerð og um vinnsluhita til þess að koma í veg fyrir myndun vetnissprungna og sprungna á mörkum suðu og vinnsluefnis.

Einnig eru ráð gefin um mat á hættunni á hita- eða samdráttarsprungum.

Úrdráttur á innihaldi staðalsins:

- val á pinnageð
- val á vinnsluhita
- útreikningur kolefnisjöfnunnar  $E_c$
- útreikningur orkuflæðis  $Q$
- útreikningur samanlagðra efnisþykkta
- áhrif á samsetningu suðuskeytanna
- áhrif lögunar suðuskeytanna

### SS-EN 719

#### Eftirlit með suðu

## Verksvið og ábyrgð

Staðallinn inniheldur kröfur sem gerðar eru til starfsfólks sem ber ábyrgð á framkvæmd suðu við framleiðslu soðinna hluta. Staðallinn mælir með því að umsjónarmaður með suðuvinnu (suðuverkstjóri) hafi ákveðna lágmarks tæknikunnáttu og reynslu.

Þrjú stig kunnáttu eru í staðlinum:

- Umfangsmikil tæknikunnáttu
- Meðal tæknikunnáttu
- Grundvallar tæknikunnáttu

European Welding Federation hefur að eigin frumkvæði útbúið lágmarkskröfur um menntun, próftöku og skírteinisútgáfu til þeirra sem eiga að sjá um eftirlit með suðu.

Kröfurnar er að finna í eftirfarandi skjölum:

- European Welding Engineer (Dokument EWF 409)
- European Welding Technologist (Dokument EWF 410)
- European Welding Specialist (Dokument EWF 411)

**Staðlar próast – og breytast...**

HEIMILDIR:

Standardiseringskommissionen - Svetskommissionen

## E8.2.3 Fræðslukerfi EWF (M6.2.5, T6.2.5, G4.2.4)

Námskrár frá European Federation for Welding, Joining and Cutting eru gefnar út af menntunar- og þjálfunarnefndinni í samvinnu við eftirfarandi lönd: Austurríki, Belgíu, Bretland, Danmörku, Finnland, Holland, Írland, Ítalíu, Luxemburg, Noreg, Portúgal, Spán, Sviss, Svíþjóð og Þýskaland.

### Samsetning og hlutverk EWF í Evrópu

Suða er framleiðsluáferð sem stýrt er af ýmsum reglugerðum og stöðlum. Þannig hefur það verið síðan samþykkt var að nota suðu við samsetningu málmhluta í iðnaði.

Þar til fyrir fáeinum árum, var suðunni stýrt af hverju landi fyrir sig með eigin landsstöðlum og reglugerðum. Þetta tekur nú hröðum breytingum.

Þeir staðlar sem notaðir hafa verið á Íslandi hingað til hverfa nú sem óðast og samevrópskir staðlar koma í staðinn. Fljótlega munu tilskipanir Evrópu-bandalagsins verða fyrirferðameiri í okkar umhverfi. Að auki munu koma til staðlar sem við höfum ekki haft eigin útgáfur af áður.

Samræming eykst stöðugt í suðuiðnaðinum í takt við, og vegna hinna nýju Evrópureglna, og viðhorf til suðu verður jafnframt líkara landa á milli.

Í þessum samræmingaranda hefur *European Welding Federation*, EWF, tekið að sér að þróa evrópskt menntunarkerfi fyrir suðumenn. EWF er samtök evrópskra málmstöðustofnana þar sem ein stofnun frá hverju landi er fulltrúi sinnar þjóðar. Fulltrúi Íslands er Iðntæknistofnun Íslands.

Vinnan við að þróa samevrópskt menntunarkerfi byrjaði í lok nýunda ártugarins og er algerlega gert að eigin frumkvæði EWF, án tilskipana frá EU.

Það á vissulega vel við nú þegar verið er að vinna að hinu stóra verki við að samræma staðla og reglugerðir til þess að bæði vörur og fólk í atvinnuleit eigi greiðari leið á milli landanna.

### Samstillt kerfi frá suðumanni til suðuverkfræðings

EWF-menntun er suðunám samkvæmt námskrá sem er ákveðin af EWF og er hún eins uppbyggð og hefur sama gildi í allri Evrópu. Námskráin skilgreinir nákvæmar lágmarkskröfur um það hvað á að kenna og hve löngum tíma á að verja í hvern kafla (í venjulegu suðunámi er hins vegar talað um meðaltíma). Þar að auki eru skilgreindar lágmarks kröfur varðandi inn-tökuskilyrði til námsins og eins hvernig próftöku skuli háttað. Að loknu gildu prófi fær neminn prófskjal sem lítur eins út í allri Evrópu og hefur sama gildi í öllum aðildarlöndum EWF.

EWF tók saman og gaf út fyrstu námskrána fyrir suðuverkfræðinga (EWE) í desember 1990. Síðan hafa verið samþykktar og gefnar út námskrár fyrir suðutækna (EWT), suðusérfræðinga (EWS), suðumeistara (EWP), suðumenn (EW) og einnig fyrir suðuskoðunarmenn (EWI). Að auki hefur verið gefin út námskrá fyrir heitsprautusérfræðinga (ETSS).

#### EWF – VIÐUKENNDIR NÁMSÁFANGAR

|                                      |                                                          | EWE            |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|
| European Welding Engineer            | Verkfræðinám á háskólastigi                              | 446 tím        |
| EWT<br>European Welding Technologist | 4ra ára tækninám á menntaskólastigi                      | 340 tím        |
| EWS<br>European Welding Specialist   | 2ja ára iðnnám á málmíðnabraut.<br>3ja ára starfsreynsla | 222 tím        |
| EWP<br>European Welding Practitioner | Samþykkt suðupróf, 3ja ára starfsreynsla                 | 146 tím        |
| European Welder                      | Góð, almenn, verkleg kunnátta í málmsmíðum               | MMA<br>640 tím |
| European MIG/MAG Welder              | Góð, almenn, verkleg kunnátta í málmsmíðum               | 320 tím        |
| European TIG Welder                  | Góð, almenn, verkleg kunnátta í málmsmíðum               | 346 tím        |
| European Gas Welder                  | Góð, almenn, verkleg kunnátta í málmsmíðum               | 252 tím        |

## EWF-námið á Íslandi

Iðan fræðslusetur er sú fræðslumiðstöð á Íslandi sem samþykkt er af EWF til að bera ábyrgð á náminu hér á landi, sjá um að gæði þess séu full-nægjandi og að hafa yfirumsjón með áfangaprófum meðan á náminu stendur sem og með lokaprófum.

Sjálft námið getur hins vegar farið fram á vegum menntastofnana sem annars eru að mestu óháðar Iðunni.

Áður en menntastofnun fær að hefja kennslu EWF efnis gerir Iðan úttekt á henni til að fullvissa sig um að námsáætlun, húsnæði og búnaður uppfylli kröfur og reglur EWF. Að auki á reglubundið eftirlit af hálfu Iðunnar að tryggja gæði námsins.

## Gerð námskeiða og innihald þeirra

### EW – Evrópskur suðumaður

Námskrá fyrir menntun evrópskra suðumanna hefur verið ákveðin af EWF.

Suðuaðferðirnar sem falla undir þessa námskrá eru:

- Logsuða (311)
- Pinnasuða (111)
- MIG/MAG-suða (131/135/136)
- TIG-suða (141)

#### *Inntökuskilyrði*

Sá sem sækir um að komast í nám, á að hafa góða almenna kunnáttu í málsmíðum. Ef ekki, er mælt með undirbúningsnámi. Umsækjandinn skal vera líkamlega og andlega fær um að stunda námið.

#### *Innihald*

Námskráin nær yfir bæði verklegar æfingar og fræðilegt efni. Fyrir pinnasuðumenn er efninu skipt upp í átta áfanga. Hver áfangi inniheldur verklega og fræðilega þætti, og er hverjum þætti ætlaður ákveðinn tími. Heildartími námskeiðsins eru 640 tímar.

Tíminn er meðaltími – þ.e. námið getur tekið styttri eða lengri tíma, allt eftir getu nemans.

Neminn þarf að standast kröfur hvers og eins áfanga til að geta haldið áfram upp í þann næsta.

*Sjá mynd á næstu síðu.*

#### *Próftaka*

Meðan á náminu stendur á kennarinn að meta allar verklegar æfingar. Jákvætt mat allra æfinga þarf að liggja fyrir svo fara megi í próf. Prófstykki „síðasta“ prófs skal geyma meðan á náminu stendur svo hægt sé að taka það fram ef þörf krefur.

Innbyggt í áfangakerfið eru þrjú prófstig:

- Kverksuðumaður
- Plötusuðumaður
- Rörasuðumaður

Við lokapróf á hverju þessara stiga á suðuprófið að fara fram samkvæmt ÍST EN 287.

Fræðilega prófið er skriflegt og getur verið í formi krossaprófs. Hlutfall rétttra svara þarf að vera 60% til að ná prófi.

Sá sem situr yfir próftöku skal vera samþykktur til þeirra starfa.

Prófskírteini það sem fæst að loknu prófi gildir ævilangt, en suðupróf samkvæmt ÍST EN 287 hefur hins vegar takmarkaðan gildistíma eða til tveggja ára.

### EWP – Evrópskur suðumeistari

EWP gráða getur verið grunnur að starfi sem suðuverkstjóri í minni fyrirtækjum, eða sem „hægri hönd“ suðuverkstjóra þar sem umsvif eru meiri. Nám til EWP er ekki kennt á Íslandi.



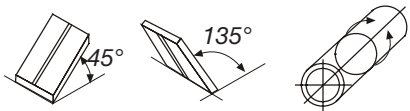
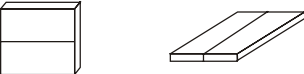

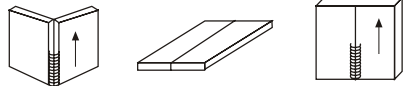
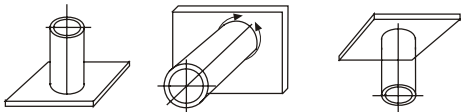
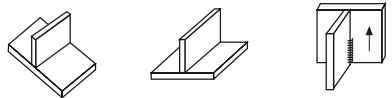
#### *Inntökuskilyrði*

Til að fá inngöngu á EWP-námskeið þarf að hafa gilt suðupróf í rör, soðið í stöðu H-L045, soðið frá annarri hlið, án ratarstuðnings samkvæmt ÍST EN 287-1. Meðan á náminu stendur þarf að standast tvö suðupróf til viðbótar, soðin í annað efni. Að auki er krafist minnst 2ja ára starfsreynslu úr iðnaði.



Í heild sinni samanstendur EWF-námskeiðið í pinna-  
suðu af áföngunum E1 til E8.

Verklegu æfingarnar sem fylgja hverjum áfanga sjást á  
myndinni hér fyrir neðan.

|                                                                                                                           |                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <p>EWF-E8<br/>Efnisþykkt 5–10 mm</p>     | <p>Verklegt 76 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 6 t<br/>SAMTALS 90 t</p>   |
| <p>EWF-E7<br/>Efnisþykkt 5–10 mm</p>     | <p>Verklegt 57 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 5 t<br/>SAMTALS 70 t</p>   |
| <p>EWF-E6<br/>Efnisþykkt 5–10 mm</p>    | <p>Verklegt 106 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 6 t<br/>SAMTALS 120 t</p> |
| <p>EWF-E5<br/>Efnisþykkt 4–20 mm</p>   | <p>Verklegt 54 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 8 t<br/>SAMTALS 70 t</p>   |
| <p>EWF-E4<br/>Efnisþykkt 4–13 mm</p>   | <p>Verklegt 58 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 6 t<br/>SAMTALS 72 t</p>   |
| <p>EWF-E3<br/>Efnisþykkt 3–13 mm</p>  | <p>Verklegt 46 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 6 t<br/>SAMTALS 60 t</p>   |
| <p>EWF-E2<br/>Efnisþykkt 3–20 mm</p>  | <p>Verklegt 64 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 6 t<br/>SAMTALS 78 t</p>   |
| <p>EWF-E1<br/>Efnisþykkt 4–13 mm</p>  | <p>Verklegt 68 t<br/>Bóklegt 8 t<br/>Próf 4 t<br/>SAMTALS 80 t</p>   |

**Innihald**

EWP-námið inniheldur að hluta til bóklegt nám sem svarar þörfum suðuverkstjóra, og að hluta til verklegt nám þar sem ný suðupróf skulu tekin ásamt námi í öðrum suðuaðferðum.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1. Suðutækni - Suðuferlar | 22 tímar  |
| 2. Efnisfræði             | 22 tímar  |
| 3. Hönnun                 | 8 tímar   |
| 4. Suðuframléiðsla        | 32 tímar  |
| 5. Verklegur hluti        | 60 tímar  |
| 6. Próftaka               | 2 tímar   |
|                           | <hr/>     |
|                           | 146 tímar |

**Próftaka**

Próf eru tekin að loknum hverjum fræðilegum hluta og til að ná því prófi þarf a.m.k. 60% rétt í hverjum hluta. Prófanefnd semur og fer yfir prófin ásamt því að gefa út prófskírteini.

**EWS****– Evrópskur suðusérfræðingur**

Evrópustaðallinn um gæðastýringu við suðuvinnu: EN 729 gerir kröfu um að suðuverkstjóri sé hjá fyrirtæki sem stunda suðuvinnu.

Í Evrópustaðlinum EN 719 eru fjallað um starfssvið, ábyrgð og hvaða menntun suðuverkstjóri skal hafa.

**Inntökuskilyrði**

Til þess að hefja nám til evrópsks suðumeistara (EWS) þarf að hafa að baki sveinspróf í stálsmiði eða sambærilegu, ásamt 3ja ára starfsreynslu í málmiðnaði.

**Innihald**

Námið fer fram í áföngum með einnar viku millibili. Ætlast er til sjálfsnáms á milli áfanganna.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1. Suðutækni - Suðuferlar | 45 tímar  |
| 2. Efnisfræði             | 45 tímar  |
| 3. Hönnun                 | 28 tímar  |
| 4. Suðuframléiðsla        | 50 tímar  |
| 5. Sýnikennsla            | 20 tímar  |
| 6. Verklegr suða          | 40 tímar  |
|                           | <hr/>     |
|                           | 228 tímar |

**Próftaka**

Próf eru tekin að loknum hverjum fræðilegum hluta og til að ná því prófi þarf a.m.k. 60% rétt í hverjum hluta. Prófnefnd semur og fer yfir prófin ásamt því að gefa út prófskírteini.

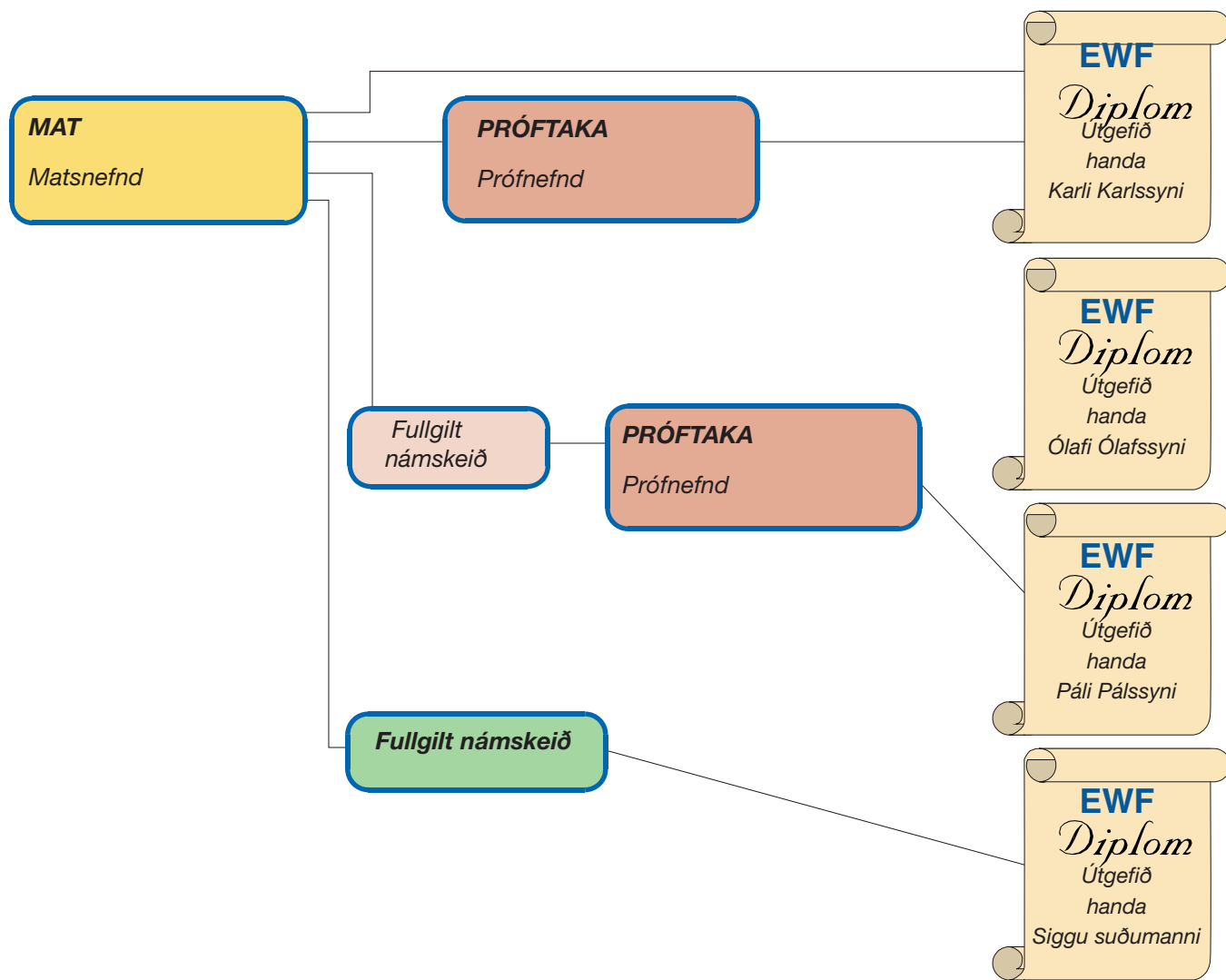
**Aðlögunarreglur**

Pegar námskránnar voru samdar var um leið ákveðið að menn sem voru starfandi í faginu og uppfylltu kröfurnar um tæknilega grunnmenntun og suðukunnáttu til inntöku á námskeiðin, gætu um takmarkaðan tíma fengið útgefin EWF skírteini án þess að fara á fullt námskeið. Reglurnar um þessa aðlögun voru skráðar í menntunaráætlun EWF. Reglurnar hafa verið þýddar á tungumál aðildarlandanna og teknar í notkun eftir samþykki EWF.

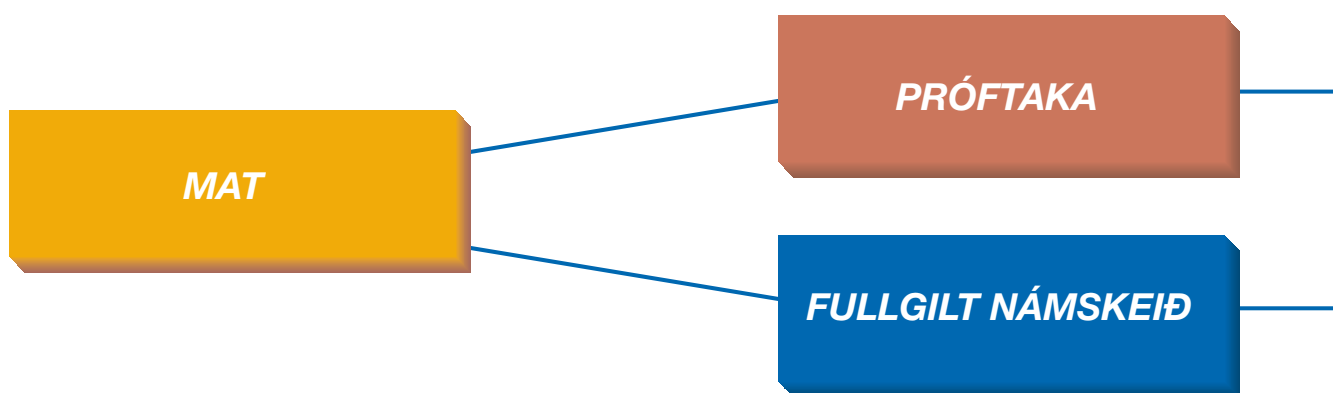
Almennt er reglan sú að til þess að eiga möguleika á að fá skírteini samkvæmt aðlögunarreglunum þarf að hafa að baki sömu tæknilegu grunnmenntun og krafist er til þess að komast inn á fullgilt námskeið. Skírteini sem fengið er eftir aðlögunarreglunum gefur sömu réttindi og hin sem fengin eru að loknu fullgildu námskeiði.

Margir þeirra sem sótt hafa um skírteini eftir aðlögunarreglunum hafa vanmetið kröfurnar um tæknilega grunnmenntun. Einnig hefur komið í ljós að erfitt er í starfi að fá hina fjölbættu þekkingu sem fæst á EWF námskeiðunum, þar sem þau taka fyrir bæði suðuaðferðir og búnað, efnisfræði suðu og almenna efnisfræði, burðarþolsfræði og hönnun ásamt gæðastýringu.

Mörgum þessara umsækjenda hefur því verið ráðlagt að bæta við menntun sína áður en þeir fari í prófið.



Aðlögunarreglur fyrir EWE og EWT áfangana. Eftir mat eru ólíkar leiðir til að fá skírteini.



Aðlögunarreglur fyrir EWS áfangann.

HEIMILDIR:

EWF suða - Svetskommissionen - Lars Johansson, EWS efni - Tomas Thulin - Lernia

## E 8.2.4 Gæðastýring við suðu (G4.2.3, T6.2.2, M6.2.2)

### Trygging gæða framleiðslunnar: gæðakerfi og stjórnun, framleiðslugeta, starfsfólk

Til að tryggja gæði þarf að vinna kerfisbundið, skipulega og samkvæmt áætlunum.

Allt ferlið: hönnun, innkaup, framleiðsla, prófun/eftirlit og afhending verður að vera skipulagt.

Til þess að tryggja þetta byggja fyrirtækin upp gæðastjórnunarkerfi.

### ÍST-EN-ISO 9000

Við uppbyggingu gæðastjórnunarkerfis er hægt að fara eftir staðlinum **ISO 9000**. Hvaða hlutar staðalsins sem notaðir eru ræðst af eðli fyrirtækisins. Sjái fyrirtækið um **hönnun, framleiðsla og prófun** verður fyrirtækið að fylgja **ISO 9001**. Hafi fyrirtækið eingöngu **framleiðslu og prófun** á sínum snærum gildir **ISO 9002**. Staðallinn er í nokkrum hlutum sem nota má sem „gátlista“ þegar verið er að taka hann í notkun.

Fyrir hvern og einn þessara hluta staðalsins á fyrirtækið að *skrifa upp og skjalfesta lýsingar* á öllu því sem gert er.

Ef hluti framleiðslunnar fer fram með *sérhæfðum ferlum* verður að skjalfesta þau á sérstakan hátt samkvæmt staðlinum.

*Suða* er dæmi um slíkt *sérhæft ferli*. Áhrif suðu á efnisgæði eru mikil og ekki er hægt að vera fullviss um fullnægjandi gæði ef eingöngu er notuð skaðlaus prófun.

### ÍST-EN 729

Þessi staðall var útbúinn til þess að auðvelda fyrirtækjum í suðuvinnu að tryggja gæði framleiðslu sinnar.

ÍST-EN 729 er skipt upp í ólík stig svo hægt sé að velja það sem passar hverju fyrirtæki sem best. Staðallinn er einnig í hlutum sem hægt er að hafa til hliðsjónar þegar hann er tekinn í notkun.

Staðallinn gerir meðal annars kröfu um að **suðuverkstjóri** sé tengdur fyrirtækinu. Menntun og hæfni suðuverkstjórans á að standast þær kröfur sem settar eru í **ÍST-EN 729**.

Til eru þrjú stig suðuverkstjóra:

- EWE (Evrópskur suðuverkfræðingur)
- EWT (Evrópskur suðutæknir)
- EWS (Evrópskur suðusérfræðingur)

Í þeim hluta ÍST-EN 729 þar sem eru gerðar minnstu kröfur er ekki krafa um suðuverkstjóra. Þar ber framleiðandinn persónulega ábyrgð.

### Umfangsmikil gæðastýring

ÍST-EN 729-2 er sérstaklega ætlað fyrirtækjum sem hafa tekið í notkun ISO 9001/9002. Þessir staðlar gera ráð fyrir skráningu alls sem gert er í fyrirtækinu.

Að sjálfsögðu geta fyrirtæki notað ÍST-EN 729-2 án þess að hafa ISO-9001/9002 viðurkenningu.

### Mikilvægi eftirlits og gæðastýringar

- Fyrirtækið fær skilvirka gæðastýringu á suðuvinnunni.
- Breytinga er ekki þörf á daglegri framleiðsluvinnu.
- Með því að uppfylla kröfur ÍST-EN 729 fær fyrirtækið ákveðna viðurkenningu á sína suðuvinnu. Mælistikan (EN 729) er staðall – og þar með þekkt í löndum Evrópu, síðar sennilega á alþjóðavettvangi.
- Að „Fyrirtækið uppfyllir kröfur EN 729-4“ eða „Fyrirtækið uppfyllir kröfur EN 729-3“ sendir ákveðin skilaboð til bæði viðskiptavina og yfirvalda.

## Sambandið á milli ÍST-EN 729, ÍST-EN 719, og EWF-skírteina

Hlutverki suðuverkstjóra er lýst í EN 729 fyrir hina ólíku hluta 2, 3 og 4. Verksviði og ábyrgð sem fylgja starfinu er lýst í staðlinum ÍST-EN 719. Þrjú stig menntunar eru til fyrir stöðuna:

1. EWE, suðuverkfræðingur
2. EWT, suðutæknir
3. EWS, suðusérfræðingur

Textinn í t.d. ÍST-EN 729-2 vísar til ÍST-EN 719 fyrir suðuverkstjóran, „Starfsmaður sem hefur eftirlit með suðuvinnu“. Í ÍST-EN 719 segir „að suðuverkstjórnin skuli hafa sérhæfða tæknipækkingu sem hæfi verksviði hans. Hún getur fengist með blöndu tæknikunnáttu, menntunar og/eða reynslu. Umfang reynslu af framleiðslu, menntunar og tæknikunnáttu sem þörf er talin á skal ákveðið af stjórn fyrirtækisins og fer eftir verksviði og ábyrgð sem starfinu fylgir”.

Í viðauka með ÍST-EN 719 er menntunarstigum þremur, EWE, EWT og EWS lýst.

Fyrir nám til EW, European Welder, eru ákveðnar kröfur gerðar til námsstofnana og suðukennara.

Suðukennarar verða til dæmis að hafa a.m.k. EWS gráðu og gild suðupróf samkvæmt EN 287 í þeim suðuaðferðum sem þeir eiga að kenna.

## Mat og skírteinisútgáfa til fyrirtækja sem notfæra sér staðla til gæðastýringar

EN 729 setur í sjálfu sér engar kröfur um að fyrirtækin vinni á viðurkenndan hátt eftir gæðastöðlum. Þess er þó að vænta að yfirvöld og/eða viðskiptavinir setji slíkar kröfur þegar um vissar vörutegundir er að ræða.

Fjöldi fyrirtækja er í dag að vinna að því að setja upp gæðastjórnunarkerfi. Það er góð leið að fleiri en einu markmiði:

Það stuðlar meðal annars að jákvæðri ímynd fyrirtækisins bæði gagnvart viðskiptavinum og öðrum.

Það fæst gott skipulag á framleiðsluna, sem í flestum tilfellum lækkar kostnað.

Það öryggi sem felst í föstum vinnuvenjum, eftirliti bæði eigin og af hálfu óháðra aðila, ferlisprófanir og

suðupróf er til hagsbóta fyrir fyrirtækið sem og viðskiptavinum þess.

Starfsfólkið fær skýrar upplýsingar um hvernig það á að framkvæma sína vinnu í framleiðslunni, með suðuferils- eða vinnulýsingum.

Eflaust munu nær öll fyrirtæki sem hafa suðuvinnu sem mikilvægan þátt í sinni framleiðslu innleiða eitthvert form gæðastjórnunarkerfis í náinni framtíð.

## Einföld gæðastýring

Einföld gæðastýring einkennist af því að:

- engar kröfur eru gerðar um eftirlit með hitainnstreymi í efnið við suðuna
- engar kröfur eru gerðar um t.d. forhitun eða hitameðferð
- soðið er í tiltölulega vel suðuhæf efni í hóflegum þykktum
- suðumennirnir fá munnlegar leiðbeiningar og geta sjálfir ráðið stillingum suðuvéla fyrir hver suðuskeyti og suðustreng.

Einfaldrar gæðastýringar er þegar krafist við margvíslega suðuvinnu, sérstaklega í litlum og meðalstórum fyrirtækjum. ÍST-EN 729-4 hentar vel í þessum tilfellum.

## Meðal gæðastýring

Meðal gæðastýring einkennist af því að:

- Nákvæmt eftirlit er með suðuferlinu, svo það standist settar kröfur um efniseiginleika suðumálmsins og/eða hitaáhrifasvæðis.
- nákvæmra vinnuáætlana er krafist
- notaðar eru suðuferilslýsingar og jafnvel líka vinnulýsingar til að stýra suðuvinnunni
- það er soðið í vandmeðfarin og þykk efni
- forhitun og/eða önnur hitameðferð er notuð þegar þörf krefur

Meðal gæðastýring er notuð við flóknari suðuvinnu, sérstaklega hjá stórum eða mjög sérhæfðum fyrirtækjum. ÍST-EN 729-3 hentar vel í þessum tilfellum.

## Samanburður á ÍST-EN 729-2, ÍST-EN 729-3 og ÍST-EN 729-4 hvað varðar kröfur um gæðastýringu við suðu

| Hlutar af ÍST-EN 729<br>Aðgerðir                | ÍST-EN 729-2<br>(umfangsmikil gæðastýring)                                                                   | ÍST-EN 729-3<br>(meðal gæðastýring)        | ÍST-EN 729-4<br>(einföld gæðastýring)                   |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Skoðun verksamninga                             | Skjalfest heildarskoðun                                                                                      | Minna umfang skoðunar samninga             | Staðfesta skal að geta og upplýsingar séu til staðar    |
| Skoðun hönnunar                                 | Staðfesta skal að kröfur um suðu séu skýrar                                                                  |                                            |                                                         |
| Undirverktakar / birgjar                        | Lúta sömu kröfum og framleiðandi (verktaki)                                                                  |                                            | Skulu fylgja staðli                                     |
| Suðumenn, vélm. stjórar                         | Skulu hafa réttindi samkvæmt viðeigandi hluta ÍST-EN 287 eða prEN 1418                                       |                                            |                                                         |
| Eftirlit með framkvæmd suðuvinnu                | Starfmaður með nægjanlega tæknikunnáttu samkvæmt ÍST-EN 719, eða starfsmaður með sambærilega kunnáttu        |                                            | Ei krafist, en framleiðandinn ber persónulega ábyrgð    |
| Gæðaeftirlit                                    | Nægjanlegir og hæfir starfsmenn skulu vera til staðar                                                        |                                            | Nægjanlegir og hæfir, aðstoð utanaðkomandi eftir þörfum |
| Eigin búnaður til framleiðslunnar               | Það skal vera hægt að fúguvinna, skera, sjóða, flytja og lyfta, öryggisbúnaður og hlífðarföt skulu talin með |                                            | Engar sérkröfur                                         |
| Viðhald búnaðar                                 | Verður að vera reglubundið,                                                                                  | Engar sérkröfur, viðhaldsáætlun nauðsynleg | Engar kröfur á að vera fullnægjandi                     |
| Framleiðsluáætlanir                             | Nauðsynlegar                                                                                                 | Gert er ráð fyrir                          | Engar kröfur lauslegum áætlunum                         |
| Suðuferilslýsingar (WPS)                        | Leiðbeiningar fyrir suðumenn skulu vera til staðar, sjá viðeigandi hluta ÍST-EN 288                          |                                            | Engar kröfur                                            |
| Samþykkt suðuferli                              | Samkvæmt viðeigandi hluta ÍST-EN 288, samkvæmt staðli eða samkvæmt kröfum í verksamningi                     |                                            | Engar sérkröfur                                         |
| Vinnuleiðbeiningar                              | Suðuferilslýsing (WPS) eða aðrar sérstakar leiðbeiningar                                                     |                                            | Engar kröfur skulu vera til staðar                      |
| Skýrslugerð                                     | Nauðsynleg                                                                                                   | Ekki gefið upp                             | Engar kröfur                                            |
| Prófun úr hverri sendingu                       | Aðeins ef þess er krafist suðuefnis                                                                          | Ekki gefið upp í samningi                  | Engar kröfur                                            |
| Geymsla og meðhöndlun suðuefnis                 | Að lágmarki samkvæmt ráðleggingum söluaðila                                                                  |                                            |                                                         |
| Geymsla grunnefnis                              | Skal hlíft við áhrifum umhverfisins; merkingum skal                                                          |                                            | Engar kröfur haldið óskemmdum                           |
| Hitameðferð eftir suðu                          | Leiðbeiningar og nákvæm skýrslugerð nauðsynleg                                                               | Staðfesting á leiðbeiningum nauðsynleg     | Engar kröfur                                            |
| Eftirlit fyrir, meðan á á stendur og eftir suðu | Eftir þörfum hvernar aðgerðar                                                                                |                                            | Ábyrgð samkvæmt ákvæðum verksamnings                    |
| Frávik                                          | Starfsreglur um viðbrögð skulu vera til                                                                      |                                            |                                                         |
| Kvörðun                                         | Starfsreglur skulu vera til                                                                                  | Ekki gefið upp                             |                                                         |
| Auðkenning                                      | Krafist, þegar það er við hæfi                                                                               | Krafist, þegar það er nauðsynlegt          | Ekki gefið upp                                          |
| Rekjanleiki                                     |                                                                                                              |                                            | Ekki gefið upp                                          |
| Gæðaskýrslur verksamnings                       | Skulu gerðar samkvæmt reglum um ábyrgð framleiðanda                                                          |                                            | Samkv. kröfum                                           |
|                                                 | Geymast í a.m.k. fimm ár                                                                                     |                                            |                                                         |

(Ath. þetta er ekki úrdráttur úr opinberri þýðingu á EN 729, heldur mín eigin, og því birt með fyrirvara. Þýðandi).

HEIMILDIR: EN-Staðlar – Standardiseringskommissionen. Ýmis rit – SAQ, STK.

EWS-Efni: Thomas Thulin, Lernia



MMA  
Verkleg próf  
(E 1.3 til E 8.3)





## Kverksuða í T-skeyti (WPS E1T-A, E1T-B og E1T-C)

Hingað til hafa suðurnar verið til æfinga. Nú er komið að fyrsta prófinu á leiðinni að því að verða evrópskur pinnasuðumaður. Prófstykkinn sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er.

Þessu prófi tilheyrir einnig bóklegt próf með 15 krossasurningum. Tímamörkin fyrir það próf eru ein klst.

En fyrst eru það verklegu prófin. Nota skal suðuferilslýsingar nr. E1T-A, E1T-B og E1T-C.

### GRUNNEFNI:

(Próf 1) 2 stálplötur 6 x 200 x 300 mm

(Próf 2) 2 stálplötur 10 x 200 x 300 mm

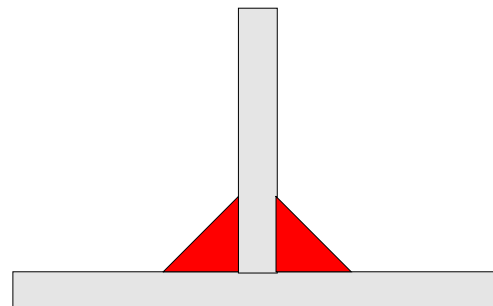
(Próf 3) 2 stálplötur 10 x 200 x 300 mm

### SUÐUEFNI:

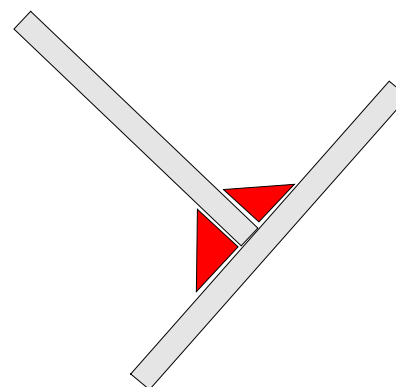
E 42 3 B 32 H5

### Stöður: PB, PA,

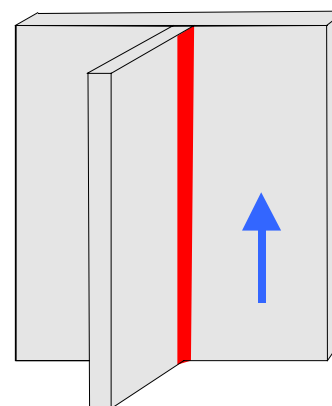
PF



Próf 1 í stöðu PB



Próf 2 í stöðu PA.



Próf 3 í stöðu PF.

## Framkvæmið:

Próf 1: Soðið í stöðu PB (standandi kverksuða). Punktið saman plöturnar eins og áður og stillið upp í viðkomandi suðustöðu.

Stærðin, þ.e. a-mál suðanna á að vera samkvæmt ÍST-EN 287, kafla 7:2. Að öðru leyti er allar upplýsingar að finna í suðuferilslýsingu.

Próf 2: Soðið í stöðu PA (liggjandi kverksuða). Gætið að pinnahallanum og færsluhraðanum.

Próf 3: Soðið í stöðu PF (lóðrétt stígandi).

**Athugið að öll prófstykkinn á að punkta í sömu stöðu og þau eiga að sjóðast!**

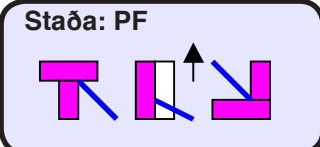
## E 2.3 Próf 1-2 / Skirteinisútgáfa

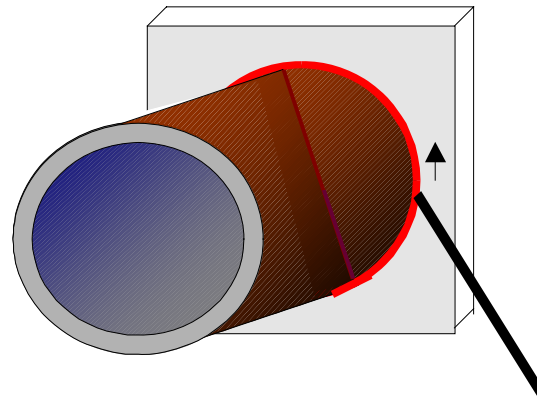
### EW Kverksuðumaður

Tímamörk 5 klst.

#### Kverksuða í T-skeyti (WPS E2P-5-1)

Nú er komið að lokum kverksuðuhlutans. Prófsuðurnar eru rör við plötu í stöðu PF, ásamt kverksuðu í stöðu PD (uppundir). Prófstykkinn sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E2P-5-1 fyrir bæði prófin. Stærðin, þ.e. a-mál suðanna, á að vera samkvæmt ÍST-EN 287, kafla 7:2. Að öðru leyti er allar upplýsingar að finna í suðuferilslýsingu.

|                                                                            |                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>Stálplata 10 x 200 x 200 mm<br>Stálrör Ø 168,0 x 7,10 |                                                                                                         |
| <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 42 3 B 32 H5                                         | <b>Staða: PF</b><br> |

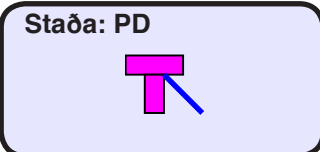


#### Framkvæmið:

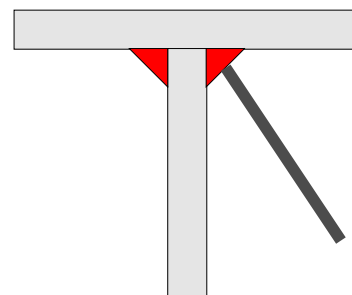
Prófsuða 1 er kverksuða í T-skeyti, rör við plötu. Þessa æfingu er búið að gera þannig að það er bara að sækja vinnuleiðbeiningar fyrir æfingu 4 í kafla E 2.1.3.

#### Kverksuða í T-skeyti (WPS E2P-5-1)

#### Framkvæmið:

|                                                     |                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>2 stálplötur 10 x 200 x 300 mm |                                                                                                         |
| <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 42 3 B 32 H5                  | <b>Staða: PD</b><br> |

Prófæfing 2 er líka kverksuða í T-skeyti, en í plötu. Þessi æfing er sams konar og æfing 2 í kafla E 2.1.1.

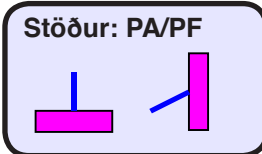


## E 3.3 Próf 1-2

Tímamörk 5 klst.

**Stúfsuða í Y-fúgu (WPS E3T-A og E3T-B)**

Þá er komið að fyrstu próftöku í plötusuðuafanganum. Fyrri prófið á að sjóða í stöðu PA og hið síðara í stöðu PF. Prófstykkinn sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E3T-A og E3T-B.

|                                                     |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>4 stálplötur 12 x 200 x 300 mm |                                                                                                            |
| <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 42 3 B 32 H5                  | <b>Stöður: PA/PF</b><br> |

**Framkvæmið:**

Leiðbeiningar fyrir þessar prófsuður er að finna í æfingum 5 og 7, kafla 3.1.

Munið að góð undirbúningsvinna hjálpar til við að skila góðri suðu.

Lesið suðuferilslýsingarnar vandlega áður en hafist er handa við suðuna!

**Gangi ykkur vel!**

## E 4.3 Próf 1-3

Tímamörk 5 klst.

**Stúfsuða í V-fúgu (WPS E4T-A, E4T-B og E4T-C)**

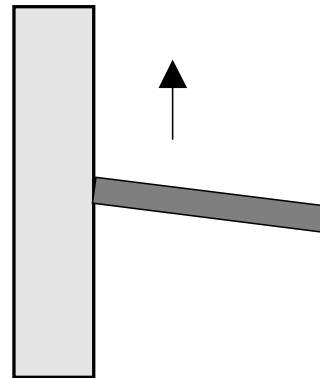
Þá er komið að próftöku í öðrum áfanga plötusuðuhlutans. Fyrsta prófið á að sjóða í stöðu PF, annað í stöðu PA og þriðja í stöðu PF. Prófstykkinn sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E4T-A, E4T-B og E4T-C.

**GRUNNEFNI:**

2 st. Stálplötur 15 x 200 x 300 mm  
4 st. Stálplötur 6 x 200 x 300 mm

**SUÐUEFNI:**

E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

**stöður: PA/PF**

Staða fyrir próftöku 1.

**Framkvæmið:**

Við próf 1 er notað 15 mm efni og suðustaðan er PF.

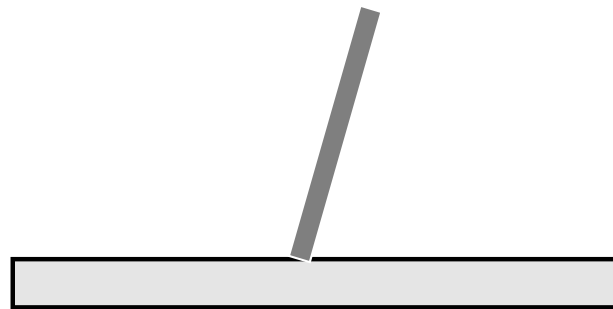
Punktið eins og áður og sjóðið rótarstrenginn og streng 2 með 2,5 mm pinna.

Strengir 3 og 4 eru soðnir með 3,2 mm pinna og þeir síðustu 5 til 7 með 2,5 mm.

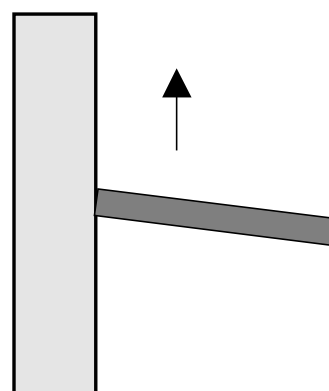
Athugið að efsta lagið er soðið í þremur aðskildum strengjum.

Sjóðið eftir leiðbeiningum í suðuferilslýsingu nr. E4T-A.

Próf 2 og 3 eru soðin í 6 mm efni í stöðunum PA og PF. Notið leiðbeiningar úr kafla 4.1 æfingar 4 og 5 og suðuferilslýsingar nr. E4T-B og E4T-C.



Staða fyrir próftöku 2.



Staða fyrir próftöku 3.

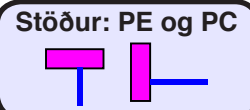
## E 5.3 Próf 1-4 / Skirteinisútgáfa EW plötusuðumaður

Tímamörk 7 klst.

### Stúfsuða í V-fúgu (E5T-A, E5T-B, E5T-C og E5T-D)

Nú er komið að próftöku til réttinda sem Evrópskur MMA-plötusuðumaður. Próftakan felst í fjórum verklegum og einu bóklegu prófi. Prófstykkinn á að sjóða í gegn frá annarri hlið. Prófstykkinn sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E5T-A, E5T-B, E5T-C og E5T-D.


### Próf 1 (E5T-A) og 2 (E5T-B)

|                                                      |                                                                                                                |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>4 stálplötur 5 x 200 x 300 mm   |                                                                                                                |
| <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 46 4 B12 H10<br>E 42 3 B 32 H5 | <b>Stöður: PE og PC</b><br> |

#### Framkvæmið:

Próf 1 og 2 eru soðin í stöðunum PE (uppundir) og PC (í hlið). Notið leiðbeiningar úr kafla 5.1 æfingar 5 og 6 og suðuferilslýsingar nr. E5T-A og E5T-B.

### Próf 3 (E5T-C) og 4 (E5T-D)

|                                                      |                                                                                                                |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GRUNNEFNI:</b><br>4 stálplötur 15 x 200 x 300 mm  |                                                                                                                |
| <b>SUÐUEFNI:</b><br>E 46 4 B12 H10<br>E 42 3 B 32 H5 | <b>Stöður: PC og PF</b><br> |

#### Framkvæmið:

Próf 3 og 4 eru soðin í stöðunum PC (í hlið) og PF (lóðrétt stígandi). Efnisþykkt prófstykkjanna er 15 mm. Notið leiðbeiningar úr kafla 5.1 æfingar 3 og 7 og suðuferilslýsingar nr. E5T-C og E5T-D

**Gangi ykkur vel!**

## E 6.3 Próf 1

Tímamörk 5 klst.

**Stúfsuða í V-fúgu (E6T-A)**

Þá er komið að fyrstu próftöku í rörasuðuáfanganum. Próftakan felst í einu verklegu prófi og einu bóklegu. Í verklega prófinu á að sjóða rör í stöðunni PF. Prófstykkinn sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðu-ferilslýsingu nr. E6T-A.

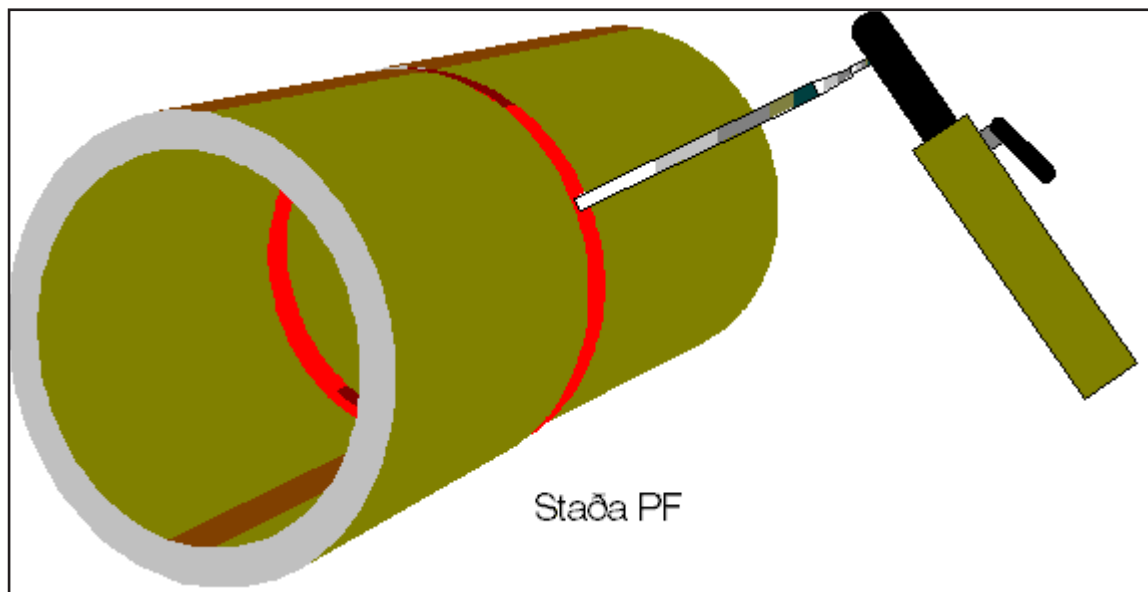
**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör 8 x Ø 168

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PF

**Framkvæmið:**

Prófsuðan er soðin í stöðunni PF (lóðrétt stígandi). Notið leiðbeiningar úr kafla 6.1 æfingu 4 og suðu-ferilslýsingu nr. E6T-A.



## E 7.3 Próf 1

Tímamörk 4 klst.

**Stúfsuða í V-fúgu (E7T-A)**

Komið er að annarri próftöku í rörasuðu. Próftakan felst í einu verklegu prófi og einu bóklegu. Í verklega prófinu á að sjóða rör í stöðunni PC. Prófstykkin sem soðin eru fyrir EWF-próf er einnig hægt að nota til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðuferilslýsingu nr. E7T-A.

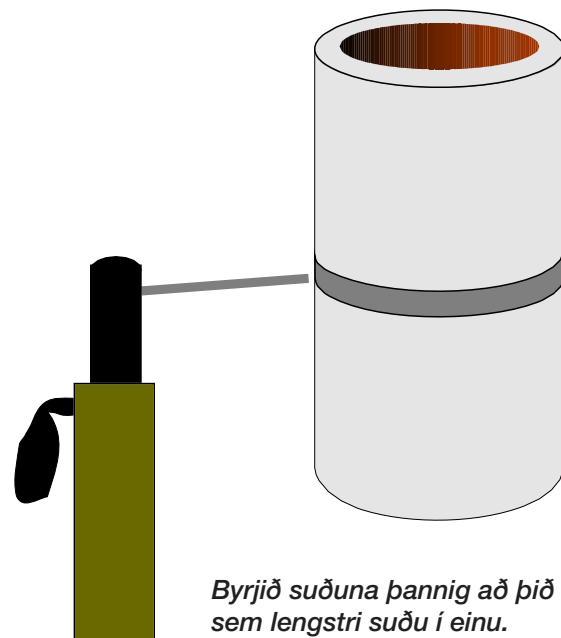
**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör  
8,0 x Ø 168 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B 12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: PC

**Framkvæmið:**

Prófsuðan er soðin í stöðunni PC (í hlið). Notið leiðbeiningar úr kafla 7.1 æfingu 2 og suðuferilslýsingu nr. E7T-A. Athugið að vinnslustykkinn á að punkta saman í sömu stöðu og þau eiga að sjóðast þ.e. í stöðu PC.



Byrjið suðuna þannig að þið náðið sem lengstri suðu í einu.

## Gangi ykkur vel!



## E 8.3 Próf 1-2 / Skírteinisútgáfa rörasuðumaður

EW  
Tímamörk 5 klst.

### Stúfsuða í V-fúgu (E8T-A og E8T-B)

Nú er komið að próftöku til réttinda sem Evrópskur MMA-rörasuðumaður. Prófin eru að mestu eins og æfingarnar sem gerðar hafa verið, en þó er munur. Í fyrra prófinu er efnisþykktin 13 mm, sem þýðir að strengjafjöldinn verður meiri en áður hefur komið fyrir í þessum áfanga. Eins og fyrir má nota prófstykkin sem soðin eru fyrir EWF-próf til hæfnisvottunar samkvæmt ÍST-EN 287. Umfang hæfnisvottunar fer eftir gerð og þykkt þess efnis sem notað er. Nota skal suðuferilslýsingar nr. E8T-A og E8T-B.

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör  
13,0 x Ø 168 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B 12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: H-L045

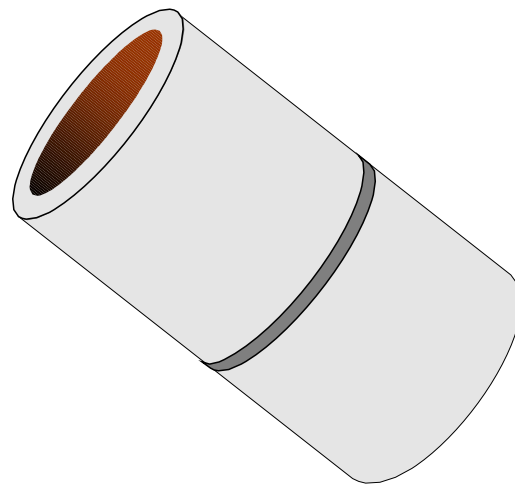


### Framkvæmið:

Fyrir próf 1 notið suðuferilslýsingu nr. E8T-A. Fasið rörendana eins og áður hefur verið gert. Punktið í sömu stöðu og suðan á að fara fram, þ.e. í stöðu HLO 45°.

#### Munið:

Að slípa við pinnaskipti er hárrétt, en að öðru leyti á að slípa eins lítið og komist verður af með. Munið að það er jafn auðvelt að *skapa galla* með slípun eins og að *slípa þá burt!*



### Stúfsuða í V-fúgu (E8T-B)

**GRUNNEFNI:**  
2 st stálrör  
5,50 x Ø 89,0 mm

**SUÐUEFNI:**  
E 46 4 B 12 H10  
E 42 3 B 32 H5

Staða: H-L045



### Framkvæmið:

Fyrir próf 2 notið suðuferilslýsingu nr. E8T-B að öðru leyti beitið sambærilegum vinnubrögðum og í prófi 1.

# Gangi ykkur vel!