

# TIG-SUÐA



ÍÐAN  
fræðslusetur

2006

## 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 (TIG).....	Bls. 3
Til nemandans .....	5
EWF-kerfið .....	7
Talnalykill að EWF-kerfinu .....	8
Til leiðbeinandans .....	9
T 1.1 Verklegar æfingar.....	11
T 1.2.1 Undirstöðuatriði rafmagns.....	24
T 1.2.2 Notkun rafmagns við málmstöðu .....	27
T 1.2.3 Suðubúnaður.....	32
T 1.2.4 Heilsa og öryggi .....	34
T 2.1 Verklegar æfingar.....	37
T 2.2.1 Suðuvír.....	46
T 2.2.2 Framkvæmd suðunnar .....	50
T 2.2.3 Meðhöndlun og undirbúningur stálplatna fyrir suðu .....	52
T 2.2.4 Örugg vinna á verkstæðinu .....	59
T 3.1 Verklegar æfingar.....	65
T 3.2.1 Suðupróf .....	72
T 3.2.2 Framleiðslutækni. Plötu- og stangaefni úr stáli.....	84
T 3.2.3 Suðuskeyti á plötum .....	90
T 3.2.4 Grunnur að málmfræði stáls.....	103
T 3.2.5 Suðuhæfni stáls .....	110
T 4.1 Verklegar æfingar.....	117
T 4.2.1 Samdráttur, spennu og formbreytingar .....	126
T 4.2.2 Stjórnun formbreytinga .....	129
T 4.2.3 Suðugallar .....	137
T 4.2.4 Búnaður til TIG-suðu - Uppbygging og viðhald .....	144
T 4.2.5 Yfirlit yfir málmstöðuáferðir .....	153
T 4.2.6 Örugg vinna á byggingarsvæðum.....	158
T 5.1 Verklegar æfingar.....	163
T 5.2.1 Framleiðsla stálröra.....	171
T 5.2.2 Suðuskeyti röra.....	179
T 5.2.3 Yfirlit yfir suðuáferðir .....	189
T 5.2.4 Gerð suðuferilslýsinga .....	193
T 5.2.5 Eftirlit og prófun.....	202
T 6.1 Verklegar æfingar.....	211
T 6.2.1 Evrópskir suðustaðlar fyrir TIG-suðu .....	219
T 6.2.2 Gæðastýring við suðu .....	223
T 6.2.3 Önnur efni en kolefnisblandað stál .....	226
T 6.2.4 Upprifjun: suðugallar.....	243
T 6.2.5 Fræðslukerfi EWF .....	246



## Til nemandans

### 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 enngar námstækni.

Annað lærum við af illri nauðsyn. Bóklegt nám til bÍl-prófs 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 kunn-áttuna.

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 niðurstöð-urnar.

Þegar um er að ræða að ná gráðunum „kverksuðumaður“, „plötusuðumaður“ eða „rörsuðumaður“ 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 trúá 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 jafn-vel stórslysi. Ólíkt t.d. fræsivinnu eða stjórnun suðu-vélmenna 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 (dyna-miskt) 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 dyna-miska 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 mólkursýran kyrr og við verðum þreytt, finnum jafnvel til sársauka, og getum fengið krampa.



Gerðu smá hlé á vinnu þinni þegar þú þreytist.

### Rétt líkamsbeiting

Það er mikilvægt að vinna í réttri stellingu og fá sér 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 heyra 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**

# EFW-kerfið

EFW-kennsluefnið lítur út eins og myndin sýnir hér að neðan. Allir hlutar þess eru aðgengilegir í PDF-formi nema sjálf EFW-prófin. Allir hlutar kennslu-efnisins fylgja námsskrá EFW.

<p>Bóklegt <b>MMA</b> 1-8</p> <p>Æfingar 1-8 <b>MMA</b></p> <p>Lausnir</p>	<p>Bóklegt <b>MAG</b> 1-6</p> <p>Æfingar 1-6 <b>MAG</b></p> <p>Lausnir</p>	<p>Bóklegt <b>TIG</b> 1-6</p> <p>Æfingar 1-6 <b>TIG</b></p> <p>Lausnir</p>	<p>Bóklegt <b>GAS</b> 1-4</p> <p>Æfingar 1-4 <b>GAS</b></p> <p>Lausnir</p>
<p>Spurningar 1-8 <b>MMA</b></p> <p>Lausnir</p>	<p>Spurningar 1-6 <b>MAG</b></p> <p>lausnir</p>	<p>Spurningar 1-6 <b>TIG</b></p> <p>lausnir</p>	<p>Spurningar 1-4 <b>GAS</b></p> <p>lausnir</p>
<p>Vinnu- lýsing <b>MMA</b> 1-8</p>	<p>Vinnu- lýsing <b>MAG</b> 1-6</p>	<p>Vinnu- lýsing <b>TIG</b> 1-6</p>	<p>Vinnu- lýsing <b>GAS</b> 1-4</p>
<p>Verkleg próf <b>MMA</b> 1-8</p> <p><b>EFW- próftaka</b></p> <p>Skyggjur <b>MMA</b></p>	<p>Verkleg próf <b>MAG</b> 1-6</p> <p><b>EFW- próftaka</b></p> <p>Skyggjur <b>MAG</b></p>	<p>Verkleg próf <b>TIG</b> 1-6</p> <p><b>EFW- próftaka</b></p> <p>Skyggjur <b>TIG</b></p>	<p>Verkleg próf <b>GAS</b> 1-4</p> <p><b>EFW- próftaka</b></p> <p>Skyggjur <b>GAS</b></p>



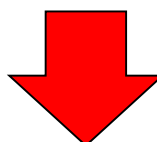
# Talnalykill að EFW-efninu

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

Hafir þú þegar lesið bóklega efnið fyrir eina suðuáðferð 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	Undirstöðuatriði rafmagns	M 1.2.1	Grunnur raffræðinnar	T 1.2.1	Grunnur raffræðinnar	G 1.2.1	Suðubúnaður og gas
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	Rafsuða	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 3.2.5	Suðuhæfni stáls	G 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.
E 4.2.2	Suðugallar	M 4.2.3	Suðugallar	T 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.	G 3.2.5	Suðugallar
E 4.2.3	Búnaður til pinnasuðu	M 4.2.4	Búnaður til þráðsuðu	T 4.2.3	Suðugallar	G 1.2.1	Suðubúnaður og gas
E 4.2.4	Yfirlit yfir málmfræðisúðuáðferðir	M 4.2.5	Yfirlit yfir rafsuðuáðf. I	T 4.2.4	Búnaður til TIG-suðu	G 4.2.5	Yfirlit yfir suðuáðferðir I
E 5.2.1	Suðuhæfni stáls	M 3.2.5	Suðuhæfni stáls	T 4.2.5	Yfirlit yfir rafsuðuáðf. I	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 6.1	Verklegar æfingar						
E.6.2	Bóklegt nám						
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	Yfirlit yfir rafsuðuáðf. II	M 5.2.3	Yfirlit yfir rafsuðuáðf. II	T 5.2.3	Yfirlit yfir rafsuðuáðf. II		
E 6.2.4	Einkenni straumgjafa						
E 7.2.1	Suðuferilsýsingar	M 5.2.4	Suðuferilsýsingar	T 5.2.4	Suðuferilsýsingar		
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 EFW	M 6.2.5	Menntunarkerfi EFW	T 6.2.5	Menntunarkerfi EFW	G 4.2.4	Menntunarkerfi EFW
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 Guide-lines 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.

## Leiðbeiningar fyrir verklegar

## æfingar

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 Ingþórsson*

*Uppruni mynda:*

© Tölvumyndir Bengt Westin

© Táknmyndir birtar með leyfi

*Microsoft Corporation*

© CorelDraw clipart með leyfi Corel



**TIG**  
**Áfangi T 1**  
**T 1.1 verklegar æfingar**  
**T 1.2 bóklegt nám**



## T 1 Kynning

Tímamörk 2 klst.

## Áfangi EWF-E1 Kverksuða

*Þessi áfangi á að veita undirstöðufærni í framkvæmd kverksuða með TIG-suðu.*

TIG er stytting á „Tungsten Inert Gas“. Tungsten eða Wolfram, er efnið sem rafskautið er gert úr, stundum blandað öðrum efnum. Inert, sem þýðir „óvirkt“, lýsir hlífðargasinu sem notað er við suðuferlið. Óvirkt gas hefur á engan hátt áhrif á fljótandi suðubaðið, og ekki verður um að ræða nein efnahvörf í tengslum við vinnsluefnið.

Kverksuða er það kallað þegar hlutar vinnslustykkisins mynda horn þar sem suðan lendir í kverkinni.

Áfanginn hefst á grundvallaratriðunum að byrja suðu, byrja upp á nýtt eftir stöðvun, því að fylgja suðurauf og að sjóða með jöfnum færsluhraða.

Í textanum sem fylgir vinnuleiðbeiningunum geta verið orð sem kannski eru ný í eyrum byrjenda í faginu eða orð sem hafa aðra merkingu hér en annars staðar. Hér fylgir orðalisti sem vonandi skýrir eitthvað:

**Ásuða:** suða á yfirborð efnis (ekki í rauf).

**Bil eða suðubil:** er bilið á milli þeirra hluta vinnslustykkis sem á að sjóða saman.

**Bogalengd:** fjarlægðin á milli enda rafskautsins og suðupollsins (ljósbogalengd).

**Botnstrengur:** fyrsti suðustrengurinn sem soðinn er í botn suðuraufar (sjá einnig um rótstreng).

**Bræðslusvæði:** er svæðið þar sem vinnsluefni og suðuefni hafa bráðnað saman.

**Fashorn:** er gráðufjöldi fasaðs kants á vinnslustykki.

**Flaug/líf:** nöfn á hlutum stangaefnis (sjá mynd).

**Raufarhorn:** er summa beggja fashornanna á vinnslustykkjum sem mynda suðufúgu.

**Gígur:** hola sem stundum myndast í lok suðu.

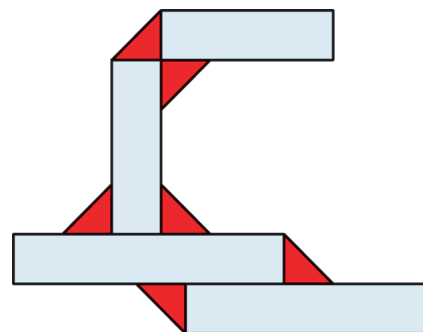
**Vinnsluefni:** smíðastykkið sem á að sjóða.

**Hlífðargas:** gasið sem verndar wolframrafskautið, suðupollinn og enda suðuefnisins.

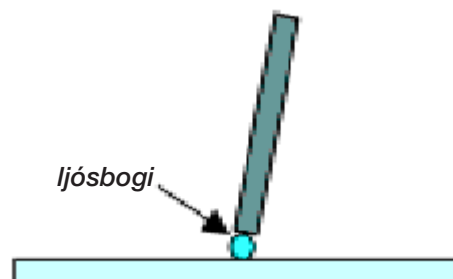
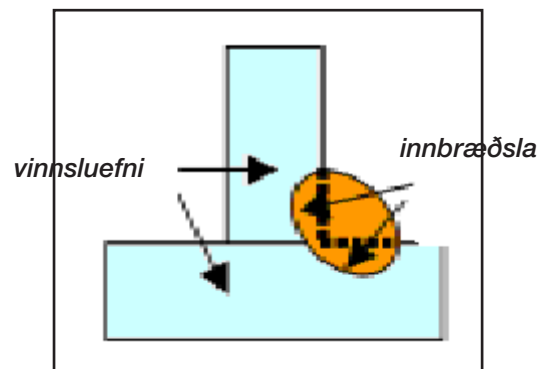
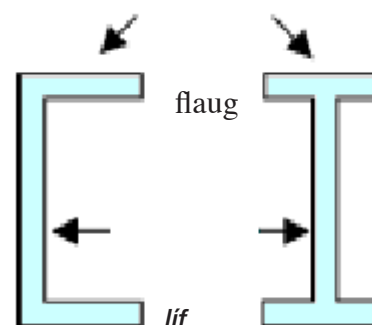
**Innbræðsla:** er hve djúpt inn í vinnsluefnið suðan nær.

**Ljósbog:** sá rafneisti sem myndast og helst á milli rafskauts og vinnslustykkis.

**Oxíðleifar:** glerungslíkar gjalleifar kísil- og mang-anoxíða sem mynda brúna flekki á suðunni.



Dæmi um kverksuður.



**Gígsprunga (Cratercrack, pipe):** samdráttarholrými í enda suðustrengs.

**Rót:** sú hlið suðuskeyta sem er „hinum megin“, þ.e. bakhlið frá þeirri hlið þar sem suðan fer fram.

**Rótarstrengur:** fyrsti suðustrengurinn sem soðinn er í botn suðuraufar (sjá einnig um botnstreng).

**Skörun:** þar sem annar hluti vinnslustykkis liggur ofan á hinum.

**Stillibreytur:** samheiti yfir alla þá þætti sem þarf að samhæfa til að ná góðum árangri í suðunni.

**Suðupollur:** bráðinn málmur sem er blanda vinnsluefnis og suðuefnis eða bara bráðið vinnsluefni.

**Suðustrengur:** er staðsetning bráðins málmur úr suðuefninu, á yfirborði grunnefnisins eða í suðurauf.

**Suðustöður:** sjá lýsingu til hægri. Til þess að gefa upp stöðu suðunnar eru notaðar skammstafanir sem byrja á P (position) ásamt bókstaf sem vísar til stefnu suðupinnans, suðubyssunnar eða suðubrennarans.

**Tímamörk:** kjörtími sem æfing á að taka. Er hægt að lengja eða stytta eftir getu nemans.

**Wolframrafskaut:** endastöð suðustraumsins í suðubyssunni áður hann hleypur yfir í vinnsluefnið sem ljósbogi. Getur verið úr hreinu wolfram eða blandað efnum eins og t.d. þóríumoxíði.

**WPS:** Welding Procedure Specification, á íslensku kallað suðuferilslýsing, þar sem allar upplýsingar eru um það hvernig framkvæma á ákveðna suðu.

Munurinn á þessu námsefni og eldra efni er að hér eiga allar suðuæfingar að fara fram eftir suðuferilslýsingum (WPS). Að sjóða eftir suðuferilslýsingu gerir kröfu til suðumanns um aga og skipulag. Eigin skoðanir um framkvæmd suðunnar hafa sitt gildi, en þær taka ekki alltaf tillit til samsetningar vinnsluefnisins eða burðarþols.

Í lok áfangans fer fram próf, bæði bóklegt og eins verklegt, í þeim suðustöðum sem æfðar hafa verið í áfanganum. Prófið á kennarinn að meta og *prófstykkinn á að geyma*. Þessi prófstykki er líka hægt að nota til útgáfu skírteinis samkvæmt ÍST-EN 287.

Gildissvið réttindaskírteinis veltur á efnisvali og efnisþykkt.

Reglum samkvæmt á réttindapróf að fara fram undir eftirliti þriðja aðila.

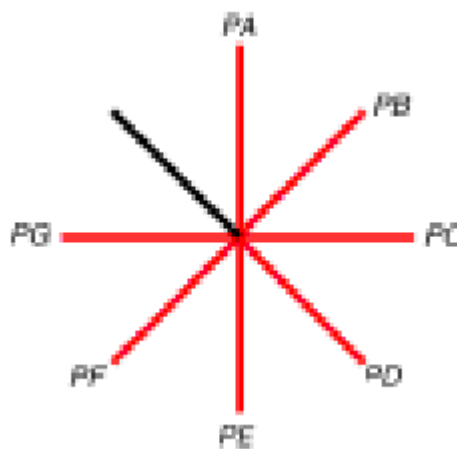
Þessum áfanga tilheyra einnig bóklegu kaflarnir:

**T 1.2.1. Undirstöðuatriði rafmagns**

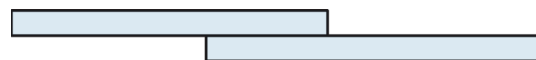
**T 1.2.2. Notkun rafmagns við ljósbogasúðu**

**T 1.2.3. Suðubúnaður**

**T 1.2.4. Heilsa og öryggi**



Suðustöður



Överlappsfog

Skörun

## Almennar vinnuleiðbeiningar fyrir suðumenn

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

1. Að rétt suðuferilslýsing (WPS) sé notuð.
2. Það suðuefni sem nota á við æfingarnar á að sækja á lager áður en byrjað er að sjóða. Meðan á æfingunum stendur er hver nemi ábyrgur fyrir sínu suðuefni! Það á ekki að liggja á gólfinu eða á suðuvélinni. Ekki má blanda saman ólíkum gerðum suðuefnis! Í lok vinnudags á að setja ónotað suðuefni aftur á lagerinn.
3. Það magn suðuefnis sem tekið er út af lager á að hæfa notkunarpörf vinnudagsins.
4. Að suðuefnið á að meðhöndla þannig að það komist ekki í snertingu við óhreinindi, olíu, raka eða annað sem getur spillt því. Í suðubásnum á suðuefnið að vera vel merkt.
5. Að nauðsynlegur búnaður til hitamælinga sé til taks. Ef hitakrítar eru notaðar á að vera a.m.k. ein til að prófa forhitunina og ein til að prófa millistrengjahitastigið. Ef rafeindabúnaður er notaður til hitamælinga á hann að vera kvarðaður.
6. Að suðubíl og kantar eiga að vera samkvæmt ferilslýsingunni. Ef suðubílið er rangt, er það engin afsökun fyrir lélegum suðuárangri.
7. Að allt eldfimt efni á að hreinsa frá svæðinu í kringum suðustaðinn.
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 frá upphafi til loka suðuvinnunnar. Hitastigið á að mæla 75 mm frá suðufúgunni.
2. Fylgist reglulega með því að millistrengjahitinn verði ekki of mikill. Hitastigið er mælt í raufinni, á síðasta streng.
3. Ef gera þarf hlé á suðunni verður a.m.k. 1/3 hluti raufarinnar að vera fylltur.

### Eftir suðu:

1. Suðan er fyrst tilbúin þegar hafa verið hreinsaðar af vinnslustykkinu allar hugsanlegar leifar suðureyks, gjalls og suðulúsar.
2. Suðustaðinn á að þrifa og ganga skal frá verkfærum og vélum.

### Almennt:

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

Sá suðumaður sem ekki heldur vinnustað sínum snyrtilegum og meðhöndlar ekki suðuefnið 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 Guideline:

Áfanginn T1 veitir grunnkunnáttu í TIG-suðu og er sérstaklega mælt með honum fyrir byrjendur.

Þeir hlutir sem á að sjóða í þessum áfanga eru sýndir í töflu T1.1. Áhersla er lögð á æfingar í kverksuðu.

Samhliða verklegu æfingunum fer fram bóklegt nám. Innihald þess, ásamt tímaáætlunum, er að finna í töflu T1.2.

Í lok áfangans á að sjóða prófstykkin, samkvæmt töflu T1.3. Suðurnar skulu metnar af kennara/leiðbeinanda. Þessi prófstykki er einnig hægt að nota við skírteinisútgáfu samkvæmt EN 287. Gildissvið skírteinis veltur á efnisvali og efnisþykkt.



## Nokkur ráð áður en hafist er handa

TIG-suða, eins og allar aðrar suðuaðferðir, er háð rétttri notkun, búnaði sem er í lagi og hæfir verkefnum, kunnáttu og áhuga suðumannsins.

Hlífdargasið er mikilvægur þáttur við TIG-suðu. Því er áriðandi að hugsa vel um þann búnað sem stjórnar gasflæðinu og sjá til þess að hann vinni eins og til er ætlast.

Athugið þess vegna gasflæðið reglulega. Treystið ekki um of á flæðimæli gasþrýstijafnarans. Athugið slöngur og tengingar a.m.k. einu sinni í viku. Prófið með lekaleitarvökva eða sápuvatni.

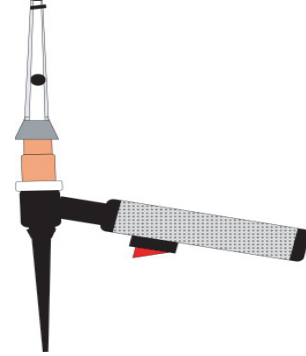
Athugið að notuð sé rétt stærð af gashulsa. Of lítil gashulsa fyrir gefið flæði veldur jektoráhrifum sem geta valdið því að loft sogast inn að suðupollinum.

Farið varlega með gashulsuna. Hún er yfirleitt gerð úr postulíni og getur auðveldlega brotnað við slæma meðferð. Skemmd gashulsa getur haft afar slæm áhrif á suðuárangurinn. Hafið einnig í huga að mismunandi raufargerðir þurfa mismikið gasflæði. Inni í kverk þarf t.d. ekki eins mikið flæði eins og á hornskeyti.

Wolframrafskautið er líttill, en ákaflega mikilvægur hluti. Notið rétta stærð. Of lítið rafskaut sem verður fyrir miklu straumalagi getur bráðnað og skilið eftir sig wolframleyfar í suðunni (Sjá töflu til hægri).

Skemmd rafskaut og rafskaut sem fengið hafa á sig „slettur“ suðu- eða vinnsluefnis verður umsvifalaust að slípa. Ef suðu- eða vinnsluefni hefur hlaðist á rafskautið verður ljósboginn afar óstöðugur og suðuárangurinn eftir því slæmur.

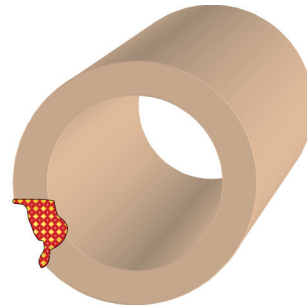
Lesið bóklega kaflann T1.2.2. um slípun rafskauta.



Athugið gasflæðið reglulega!

### Ráðlagt gasflæði - stærð gashulsu

Straumur (A)	Gashulsa Ø mm	Gasflæði lítrar/mín
-70	6-8	5-6
70-150	8-10	6-8
150-250	10-12	8-10
250-300	12-15	10-12



Skemmd gashulsa getur komið í veg fyrir góðan suðuárangur.

### Suðustraumur - stærð rafskauts

Þvermál mm	Jafnstraumur stál / ryðfritt	Riðstraumur ál
1,0	10-80	10-50
1,6	55-120	40-80
2,0	90-190	60-110
2,4	100-230	70-120
3,2	170-300	90-180
4,0	260-450	160-240



Rétt slípað rafskaut (að ofan) og annað sem sannarlega er þörf á að slípa (að neðan).

## T 1.1 Verkleg æfing

Tímamörk 6 klst.

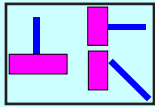
## 2a. Suða strengja á plötu (WPS T1P-2-A)

Fyrsta æfing með TIG-aðferðinni hefst með því að sjóða strengi á plötu. Æfinguna á að gera í stöðu PA (lárétt). Notið rétta suðuferilslýsingu (WPS) nr. T1P-2-A.

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 2 x 200 x 300 mm  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Tórium (WT20) Ø 1.6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø2,0  
(eða sambærilegt)  
**Hlífðargas:** AGA MISON  
(eða sambærilegt)

**Staða:** PA, PC,  
PF



## Framkvæmið

Notið rissnál og reglustiku til að rissa nokkrar línur langsum á plötuna. Hafið u.þ.b. 15 mm á milli línanna.

Slípið wolframrafskautið þannig að oddurinn verði hæfilega hvass. Það getur verið gott að slípa báða endana. Þá er hægt að snúa rafskautinu við þegar annar endinn verður ónothæfur. Varist innöndun slápiryksins, þar sem þórium getur verið heilsuspillandi.

Við TIG-suðu er áriðandi að hafa stuðning fyrir handleggina. Það er afar erfitt að sjóða fríhendis þar sem þetta er mikið nákvæmnisverk.

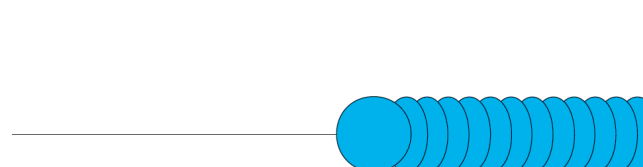
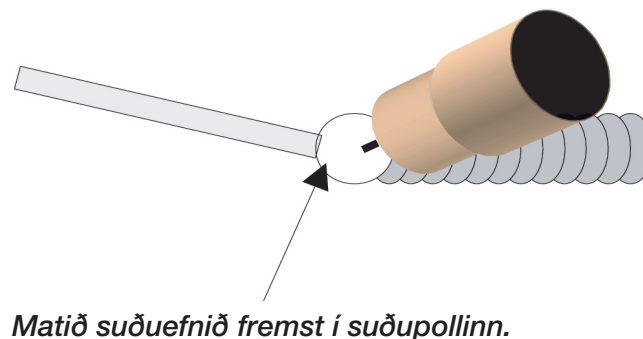
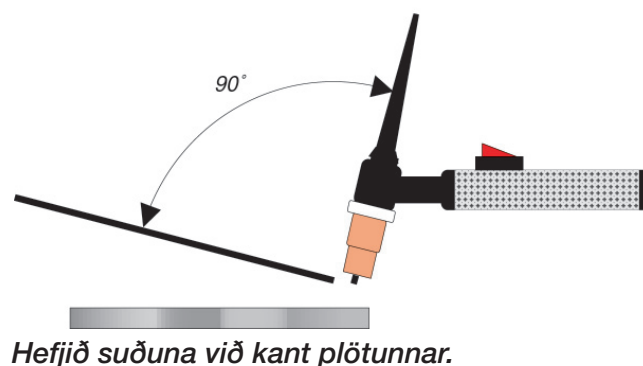
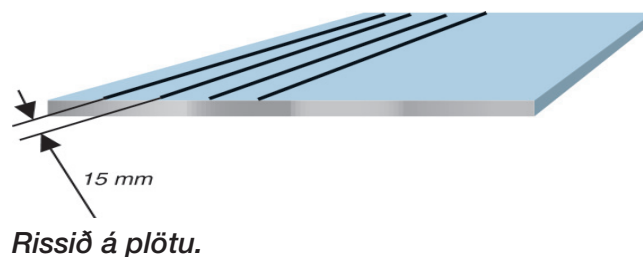
Hefjið suðuna við enda plötunnar (þann hægri fyrir réttthenda). Staðsetjið suðubyssuna, án þess að kveikja ljósbogann, í 105° – 120° halla frá suðustefnunni, ca. 2-3 mm fyrir ofan plötuna. Suðuefninu er haldið því sem næst hornréttu við byssuna.

Ef þú ert óruggur með að kveikja, getur þú hallað byssunni það mikið að gashulsan snerti grunnefnið, þá kveikir þú ljósbogann, síðan réttir þú byssuna við aftur.

Styðjið handleggina t.d. við borðbrúnina. Bilið á milli rafskauts og suðuefnis er það lítið að mikil hætta er á að þau rekist saman.

Setjið suðuskerminn niður og kveikið ljósbogann. Matið suðuefnið fremst í suðupollinn þegar efnið bráðnar. Pendlið ekki!

Endi rafskautsins á alltaf að vera u.þ.b. 2-3 mm ofan við suðupollinn.



Reynið að sjóða sem jafnast, þannig að „mynstrið“ á suðustrengnum verði jafnt og þétt.

Fylgið risslínunum og reynið að finna réttan takt - bæta í - færa fram - bæta í - færa fram - o.s.frv. Þar til hreyfingarnar verða ósjálfráðar. Suðan á að verða jöfn með þéttni, einsleitu mynstri.

ATH! Það má ekki bræða í gegnum plötuna!

Sjóðið u.þ.b. 50 mm og gerið hlé. Stillið niður-tröppunartímann (slopedown) þannig að ljósboginn slokkni hægt og rólega. Þannig er komið í veg fyrir að auga myndist í enda suðunnar.

Ljúkið suðu með því að fara lítið eitt aftur á bak upp á suðustrenginn. Lyftið ekki suðubyssunni upp fyrir en eftirgasið er hætt að streyma.

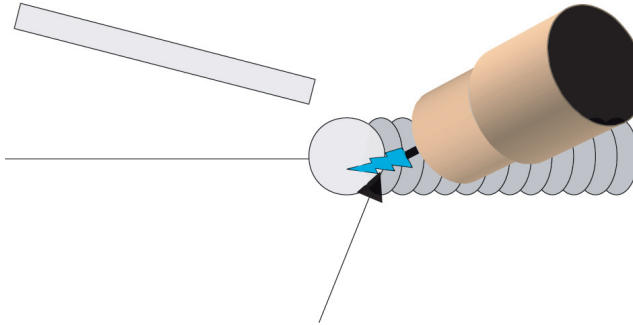
Endurkveiking á að gerast 3 - 5 mm upp á suðustrengnum. Munið að það tekur dálitla stund að ná vinnsluhita í efnið aftur. Farið ekki af stað fyrir en efnið er farið að fljóta!

Æfið þar til öll handtök eru því sem næst ósjálfráð og suðan verður jöfn og falleg.

Gætið þess að rafskautið komi ekki of nærri og festist í suðupollinum. Ef oddurinn brotnar af, eða ef bráðinn málmur festist á því, verður að slípa það. Einnig getur þurft að slípa suðustaðinn til að koma í veg fyrir wolframleifar í suðunni.



ATH! Engin gegnumsuða er leyfð!



Endurkveiking gerist í aftari kanti endagígisins.

## 2b-2c. Suða strengja á plötu (WPS T1P-2-B og 2-C)

Við höldum áfram að sjóða strengi á plötu. En nú verður suðan í stöðunum PF (lóðrétt stígandi) og PC (í hlið). Fylgið suðuferilsýsingum (WPS) nr. T1P-2-B og T1P-2-C.

**GRUNN- og SUÐUEFNI, GAS og RAF-SKAUT er sama og í síðustu æfingu.**

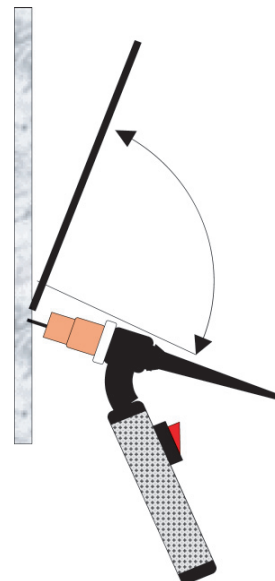
2b. Festið vinnslustykkið (plötuna) í stöðustillinn og sjóðið neðanfrá og upp.

Stuðningur fyrir hendurnar er ekki síður mikilvægur í þessari æfingu. Hornið á milli suðuefnis og -byssu er sama og í fyrstu æfingunni, eða 90°.

Staðsetjið suðubyssuna og suðuefnið við upphafspunktinn. Fellið niður skerminn og kveikið ljósbogann. Munið að þegar stálið byrjar að bráðna og suðupollurinn að myndast á að mata suðuefni beint í pollinn til að mynda suðustreng.

Forðist pendúlhreyfingar.

Það er best að mata suðuefnið í efri kant suðupollsins.



Matið suðuefnið í efri kant suðupollsins

Gefið suðustrengnum tíma til að formast bæði í lengd og breidd. Oft er flýtirinn of mikill og þá verður strengurinn mjór og hár. Ef soðið er of hægt getur suðupollurinn runnið niður eða gat bráðnað á plötuna.

Það getur tekið svolítinn tíma að fá tilfinningu fyrir réttum færsluhraða.

Endurkveikingin á að fara fram eins og lýst var í fyrstu æfingu. Æfið endurkveikinguna til að fá hana jafna og gallalausa.

Ef suðustrengurinn verður of stór og byrjar að renna niður eða ef gat kemur á plötuna, verður að gera hlé og stilla suðustrauminn eða auka færsluhraðann.

Hafið í huga að platan verður heitari því nær sem dregur endanum. Aðlagið því færsluhraðann og þráðmötunina!

Fylgið línunum alla leiðina. Jöfn og reglubundin mötun suðuefnis er skilyrði fyrir fallegum suðustrengjum.

Burstið með vírbursta og skoðið árangurinn að lokinni suðunni.

Munið að það á ekki að vera gegnumsuða á plötunni.

2c. Gerið sömu æfingu í stöðu PC. Hafið sama horn á milli suðuefnis og -byssu eins og í fyrri æfingum.

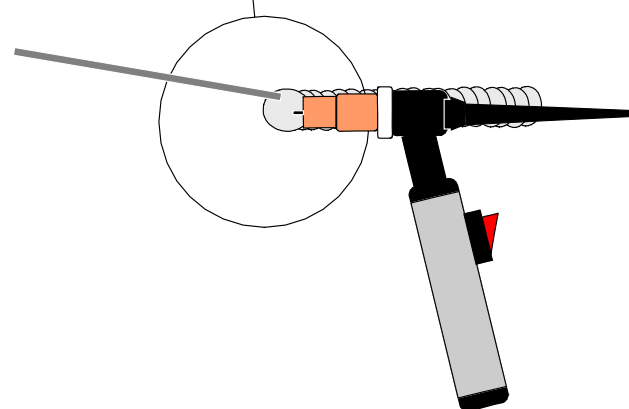
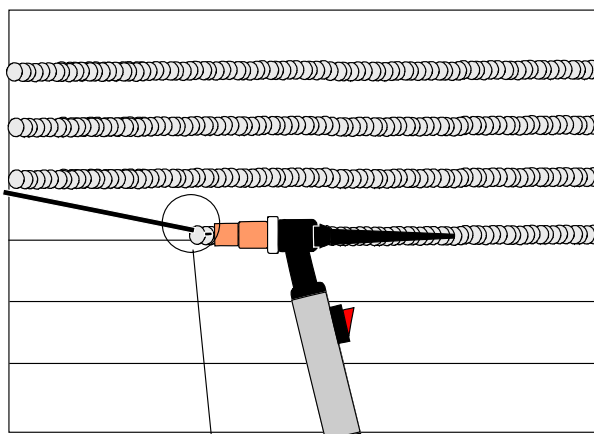
Horn suðubyssunnar þvert á suðuna á að vera sem næst hlutlausu, eða u.þ.b. 90° miðað við plötuna, sjá mynd.

Þessi æfing er nokkuð auðveldari en 2b. Munið að mata suðuefnið í efri hluta suðupollsins. Annars er hættu á að það myndist kantsár að ofanverðu og suðan renni út fyrir raufina að neðanverðu.

Sýnið kennaranum árangurinn.



*Of mikill færsluhraði veldur lélegri innbræðslu og háum kúf á suðunni (t.v.).*



*Matið suðuefnið í efri hluta suðupollsins.*

## T 1.1 Verkleg æfing

Tímamörk 4 klst.

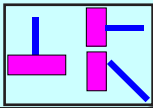
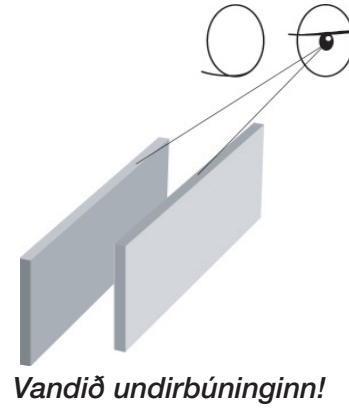
### 3a-c. Kverksuða í hornskeyti (WPS T1P-3-A)

Þessi æfing fjallar um kverksuður á utanverðum hornskeytum. Æfinguna á að gera í stöðunum PA, PF og PC. Aðeins ein suðuferilslýsing fylgir æfingunni, WPS nr. T1P-3-A, en gildin sem í henni standa er einnig hægt að nota fyrir hinar suðustöðurnar.

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 2 x 200 x 300 mm  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1.6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlífdargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

**Stöður: PA, PC, PF**

#### Framkvæmið:

Eins og fram kemur í suðuferilslýsingunni á suðan að vera fyllilega gegnumsoðin. Óháð því hvort unnið er með kolstál eða ryðfrítt stál eiga þeir plötukantar sem á að sjóða að vera beinir, lausir við gráður, olíu eða önnur óhreinindi. Ryðfrítt stál á að bursta með ryðfríum vírbursta!

3a. Punktíð saman plöturnar. Punktunin tekur sinn tíma en upplýsingar um bilið á milli punktanna er að finna í suðuferilslýsingunni (WPS).

Kennarinn getur sýnt hvernig rótstuðningslisti er notaður til stuðnings við punktunina ef soðið er í ryðfrítt stál. Hikið ekki við að spyrja!

Þegar komið er að sjálfri suðunni gildir mikið af því sem þú hefur þegar lært.

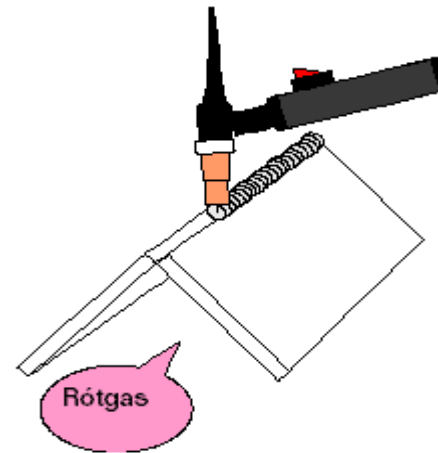
Þú átt t.d. þegar að vita hvernig halli suðubýssunnar og suðuefnisins á að vera, eða hvað?

Við suðu í ytri hornskeyti má suðan ekki renna út fyrir plötukantana, en á samt að fylla alveg í raufina. Það er þörf á meiri nákvæmni en áður, og stuðningur er enn mikilvægari.

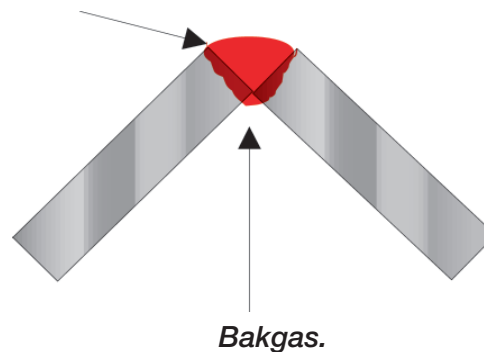
Magn suðuefnis sem matað er í raufina ræðst af raufinni og efnisþykktinni. Það á ekki að pendla!

Sennilega ert þú ánægður með árangurinn að utanverðu eftir eina eða tvær suður, en lengri tíma tekur að ná viðunandi árangri að innanverðu.

Vandamálið er að öllum líkindum fólgið í færslu-hraðanum. Prófaðu ólíka hraða og skoðuðu árangurinn beggja megin.



Gættu þess að suðan fylli nákvæmlega í raufina. Gegnumsuðan á að vera jöfn og án stórra dropa.



Þegar æfingunni er lokið, klippið burt suðuna og notið efnið aftur!

3b. Punktið eins og áður og festið vinnslustykkið í stöðustilli í stöðu PF.

Undirbúið verkið vandlega. Það sparar mikla vinnu.

Gættu þess að vinnustellingin sé þægileg svo að þú getir lokið suðunni án þess að líkamsálagið verði of mikið.

### **Hikið ekki við að spyrja!**

Einn eða tveir suðustrengir eiga að nægja fyrir þessa æfingu.

Lítillsháttar hreyfingar með suðubyssunni geta nægt til þess að fylla í fúguna, en ekki skal vera um eiginlegar pendúlhreyfingar að ræða.

Gætið þess að suðan renni ekki út fyrir kantana.

Það sem helst getur farið úrskeiðis í þessari æfingu er að suðan verði of heit í lokin. Gætið þess því að aðlaga færsluhraðann!

Matið inn suðuefnið á réttan hátt.

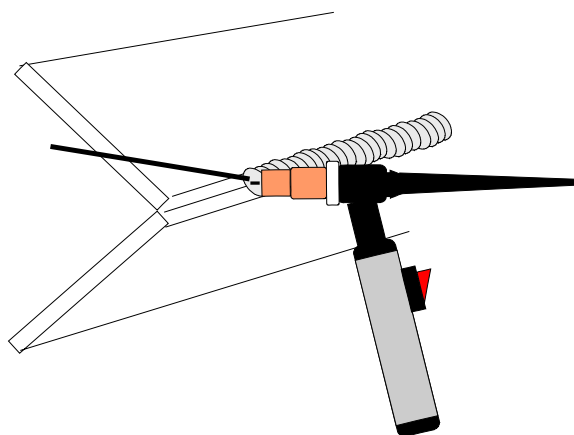
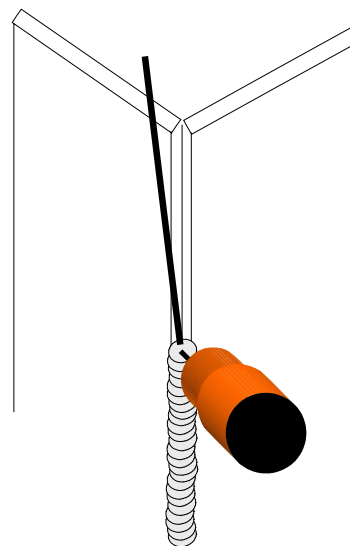
Hreinsið að lokum suðuna með vírbursta og skoðið árangurinn.

3c. Þessi æfing er líka í ytri hornfúgu en nú í stöðu PC.

Sjóðið eins og í síðustu æfingum. Hugið að halla suðubyssu og -efnis.

Að loknum æfingunum skal kennarinn skoða árangurinn.

Þessar þrjár æfingar er einnig rétt að gera án suðuefnis, þ.e. að bræða plötturnar einfaldlega saman. Gegnumsuðan á að vera fullnægjandi þótt soðið sé án suðuefnis.



## T 1.1 Verkleg æfing

Tímamörk 3 klst.

### 4. Kverksuða í T-skeyti (WPS T1P-4-A)

Þessi æfing er í kverksuðu í T-skeyti. Hana á að gera í stöðunni PA. Þessi æfing reynist flestum nokkru erfiðari en þær æfingar sem gerðar voru hér á undan, en með lítilsháttar æfingu næst vald á þeirri tækni sem þarf til að ná góðum árangri í þessari stöðu. Notið suðuferilslýsingu nr. WPS TIP-4-A.

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 2 x 200 x 300 mm  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlífðargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

Staða: PA



#### Framkvæmið:

Undirbúið plöturnar jafn vandlega og áður. Þú getur þurft á smá aðstoð við að punkta, en annars eru til hjálpartæki til þess.

Punktið plöturnar í báða enda ásamt á miðju. Biddu kennarann að sýna þér hvernig best er að gera það.

Leggðu eitthvað undir, þannig að vinnslustykkið sé í 45° og raufin myndi V.

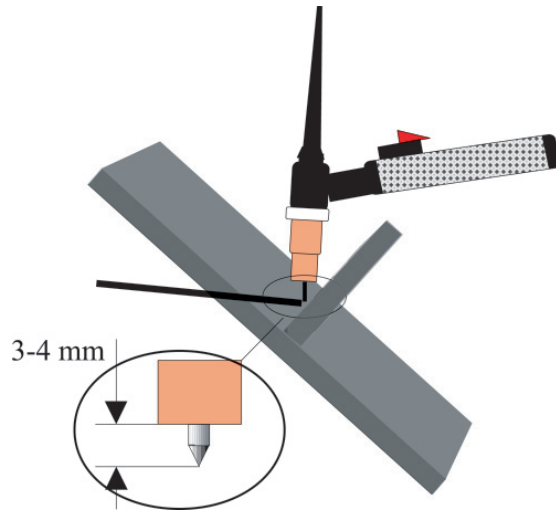
Til að koma í veg fyrir að ljósboginn verði of langur er rétt að sjóða með svolítið meiri skautlengd en venjulega, eða 3-4 mm út fyrir gashulu.

Haldið suðubyssunni beinni í raufinni, en byssan og suðuefnið mynda, eins og venjulega, 90° horn.

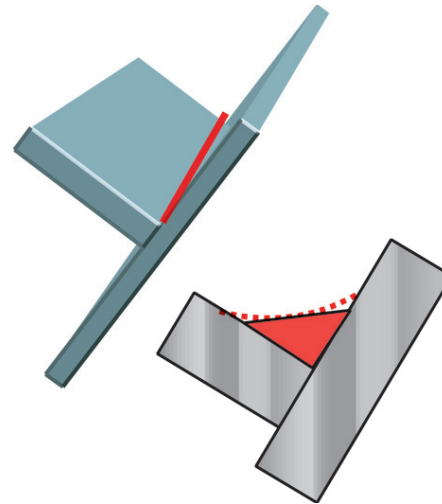
Sjóðið beggja megin. Byrjið þeim megin sem ekki er punktað. Það minnkar líkurnar á formbreytingum.

Hér gildir að finna það jafnvægi milli suðustraums, vírmötunar og færsluhraða sem gefur jafna, íhvolfa suðu án þess að um of mikla gegnumbræðslu verði að ræða.

Oft er best að auka strauminn og fá þannig upp hraðann sem þarf til að suðan verði falleg og án gegnumbræðslu.



*Nokkuð meiri skautlengd en venjulega getur verið nauðsynleg.*



*Að suðunni lokinni á að skoða lögun hennar. Suðan á að vera slétt eða helst lítilsháttar íhvolf og jafnarma.*

## T 1.1 Verkleg æfing

Tímamörk 7 + 8 klst.

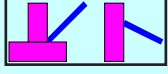
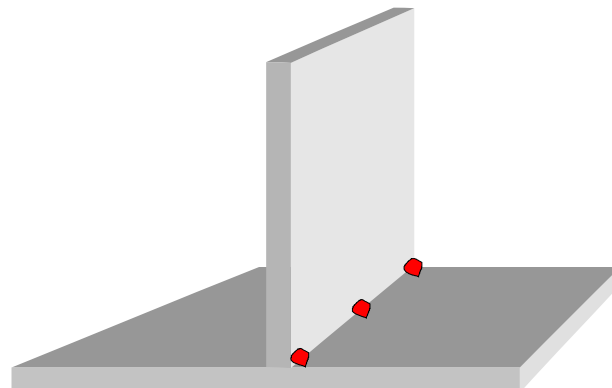
**5-6. Kverksuða í T-skeyti (WPS T1P-5-A, T1P-6-A)**

Haldið er áfram að sjóða kverksuður, en nú í stöðunum PB (standandi kverksuða lárétt) og PF (lóðrétt stígandi). Notið suðuferilslýsingar nr. WPS T1P-5-A og WPS T1P-6-A.

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 2 x 200 x 300 mm  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlífðargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

Stöður: PB,PF

Sjóðið fyrst nokkrar æfingar í stöðu PB.

**Framkvæmið:**

Undirbúið plöturnar jafn vandlega og áður.

Sjóðið fyrst nokkrar æfingar í stöðu PB.

Festið því næst vinnslustykkið í stöðustillinn og sjóðið lóðrétt stígandi.

Haldið suðubyssunni beinni í miðri fúgunni, en byssan og suðuefnið mynda, eins og venjulega, 90° horn.

Sjóðið rólega og munið að það tekur lengri tíma að sjóða lóðrétt stígandi en suðu í láréttari stöðu (PB).

Sennilega þarf ekki að pendla hér heldur, en gætið þess aðeins að suðupollurinn sé nægilega breiður til að fá bindingu beggja megin. Örlítil pendlun getur gert þetta auðveldara en suða alveg án pendlunar.

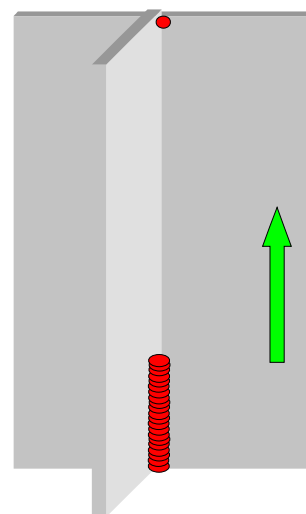
Matið suðuefnið í miðjan suðupollinn.

Hvað getur farið úrskeiðis?

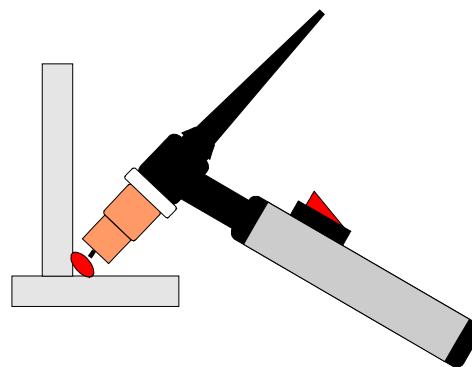
Of lítil skautlengd veldur of löngum ljósþega og í staðinn fyrir að bræða í botni fúgunnar – bráðna bara hliðar vinnslustykkisins. Í stað þess að suðan nái í botn raufarinnar, byggir suðumaðurinn brú.

Suðurnar eiga að vera sléttar eða helst lítilsháttar íhvolfar.

Hér á það einnig við að gott er að auka strauminn og þar með suðuhraðann.



Og síðan nokkrar í stöðu PF.



Of lítil skautlengd veldur löngum ljósþega sem hefur í för með sér hættu á rótargöllum.



# T1.2.1 Undirstöðuatriði rafmagns

## (E1.2.1, M1.2.1)

### Eðli rafmagns

#### Mólekúl (Sameind)

Allt efni inniheldur rafræna orku. Efnin geta verið samansett úr föstum, fljótandi eða gasformuðum 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 (sameindir) (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 (+).

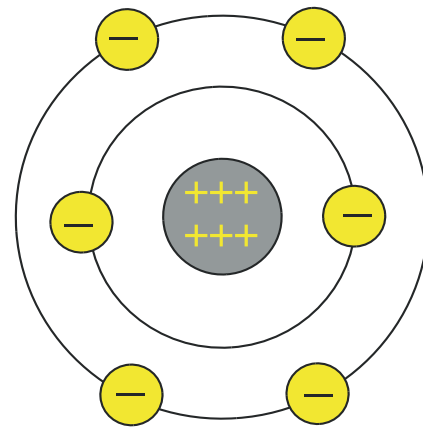
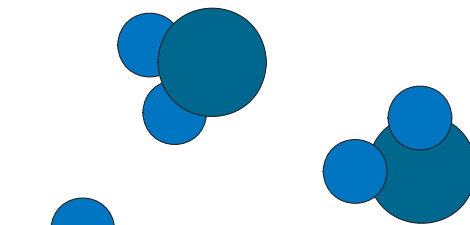
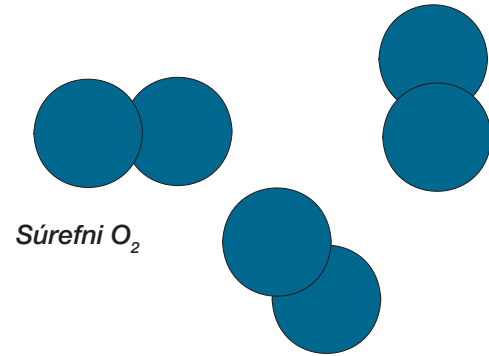
Rafeindirnar sem hringrása í ytra byrði atómsins hafa neikvæða (-) hleðslu. Venjulega ríkir jafnvægi þarna á milli og það veldur því að jákvæðar og neikvæðar hleðslur vege hver aðra upp (sjá mynd).

#### Jónir

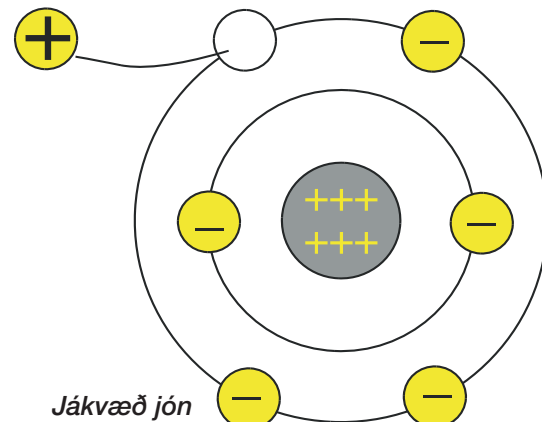
Vegna utanaðkomandi áhrifa geta atómin neyðst til þess að láta frá sér neikvætt hlaðnar rafeindir. Þá er atómið ekki lengur hlutlaust heldur jákvætt hlaðið. Slíkt jákvætt hlaðið atóm kallast jón. Þær hleðslur sem eru ráðandi, gera upp muninn á milli jákvæðra og neikvæðra jóna (sjá mynd).

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 rafeindirnar geta ekki, undir venjulegum kringumstæðum, yfirgefið hann. Rafeindirnar yfirgefa leiðarann við sérstakar aðstæður, t.d. við háan hita eða sem yfirslag/neistun við háspennu. Það kallast emitting.



Óhlaðið atóm



Jákvæð jón

## 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, kolum, gasi, timbri og úran til að hita vatn og breyta því í gufu sem knýr gufuhverfla. Jarðgas er notað í gashverfla sem knýja rafala, t.d. á olíuborþöllum og í varaafllstöðvum.

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 vatnssamburðinum 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:  $R = P \times I/A$

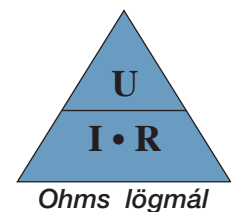
Því lengri sem leiðarinn er því meira viðnám hefur hann. Einnig hefur grannur leiðari meira viðnám en grófur. Þar sem bæði spenna, straumur og viðnám eru í rafrásum þá er samband á milli þeirra þannig: Aukist spennan þá eykst straumflæðið en viðnámið er óbreytt. Vilji maður auka spennuna án þess að auka 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 ( $\Omega$ )



## 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 (raforka, 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 kílóvattstund).

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

1 wattsekúnda (1 Ws) = 1 watt á sekúndu

1 kílóvattstund (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

1 kílóWatt = 1 kW=1000 W

1 megaWatt = 1 MW=1 000 000 W

Við álag í rafrásum verður alltaf visst orkutap sem 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:

$$P = U \times I$$



**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

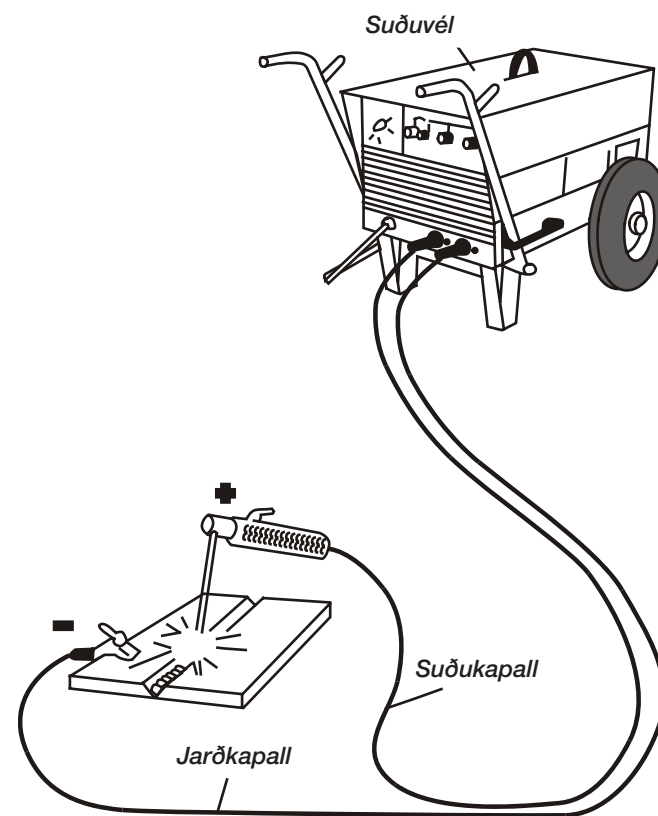
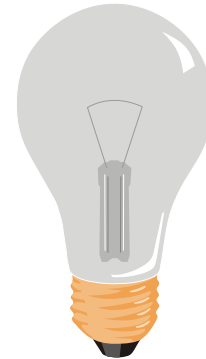
Rafstraumur sem leiðir gegnum líkamann getur valdið alvarlegum skaða svo sem:

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

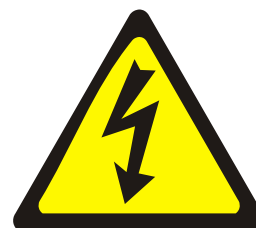
## Rafsegulsvið

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 segulsviðið um allt að 90%.

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



Í rafsúðuvél breytist orkan í hita og ljósboga.



Taktu tillit til þeirrar hættu sem fylgir rafmagni!

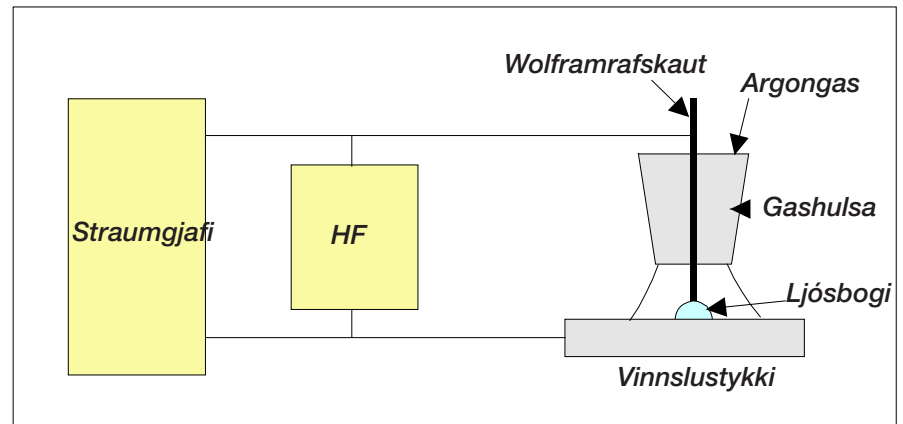
HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström

## T1.2.2 Notkun rafmagns við málmsuðu

### Rafmagnsljósboginn

Rafstraumur verður til 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 TIG-suðu er notað „óvirkt“ gas sem hlífir rafskautinu, ljósbognum og suðupollinum og sem auðveldar jónunina. Við jónunina skipta sumar rafeindirnar um braut og sumar fara yfir á braut með lægra orkustig. Orkan sem losnar myndar rafsegulbylgjur sem hafa sýnilegan bjarma. Ljosið sem myndast í loftbilinu er *ljósbogi* sem hefur mikla þýðingu við TIG-suðu (sjá mynd).



### Ljósboginn sem hitagjafi

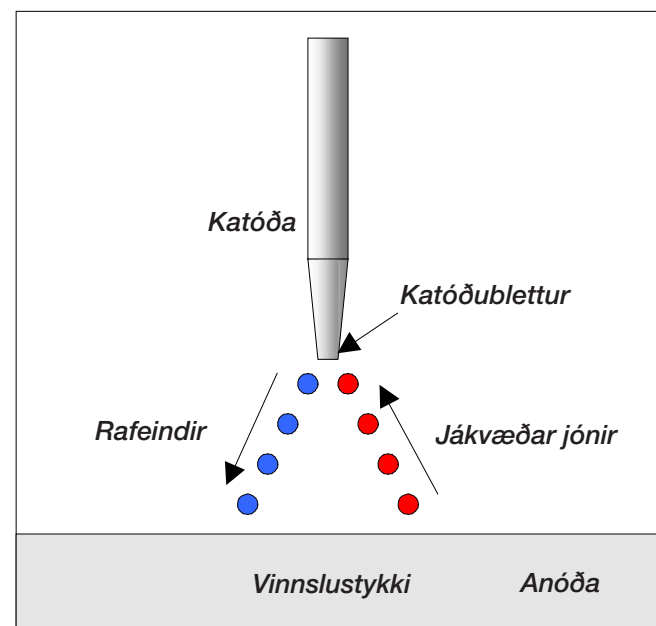
TIG-suðubúnaður, í sinni einföldustu mynd, samanstendur af jafnstraumsgjafa, suðuleiðslu og óvirku gasi, oftast argon. Til að kveikja ljósbogann er í þessu tilfalli hægt að „skrapkveikja“.

Suðubýssan, eða öllu heldur wolframrafskautið, er tengt við neikvæða pólinn (-) og vinnslustykkið við það jákvæða (+).

Wolframrafskautinu er skammhleyp á móti vinnslustykkinu til að loka rásinni á milli jákvæða og neikvæða hluta straumflæðisins.

Rafeindir frá vinnslustykkinu og jónir frá rafskautinu þjóta samstundis fram og til baka á milli pólanna og neisti myndast.

Rafeinda- og jónahreyfingarnar magnast við hinn aukna hita og ljósbogi myndast. Vegna þess að rafeindirnar hægja á sér við vinnslustykkið myndast þar hitaorka. Þar sem rafeindahreyfingin eða rafeindaskothríðin er örari en jónaskothríðin, hitnar vinnslustykkið meira en rafskautið þegar soðið er með jafnstraumi.



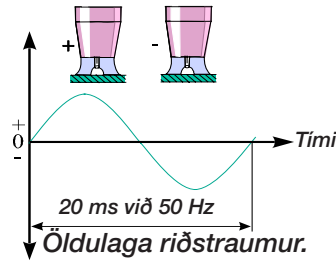
Yfirleitt er TIG-soðið með mínuspólinn tengdan við rafskautið. Ef plúspólinn er tengdur við rafskautið hitnar það svo mikið að það bráðnar.

Gallinn við að „skrapkveikja“ er hættan á wolframleifum í suðunni. Þessi kveikiaðferð er því ekki leyfð þar sem gæðakröfur eru háar.

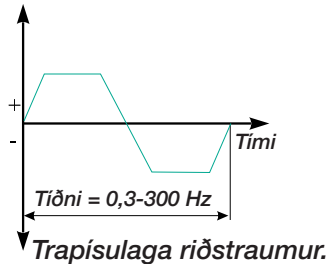
## Kraftur ljósbogans

### Öldulaga riðstraumur

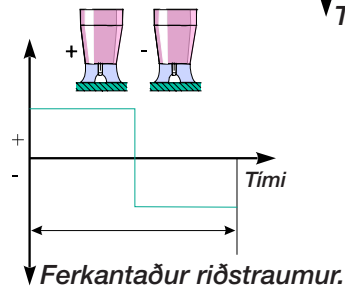
Við TIG-suðu með riðstraumi (50 Hz) eru notaðar suðuvélar af transaragerð. Riðstraumurinn er öldulaga, sjá mynd. Transarinn er tengdur við TIG-bún- að. HF (hátfíðnistraumur) verður allan tímann að vera í gangi til að jafna ljósbogann þegar spennan fer yfir núllmörkin (100 sinnum/sek).



**Trapísulagaður riðstraumur** er fenginn með hjálp örgjafa sem stýrir tíðninni frá 0,3 til 300 Hz. Með þessu er hægt að hafa áhrif á innbræðsluna í grunn-efnið. Þessi gerð er ekki mikið notuð lengur.

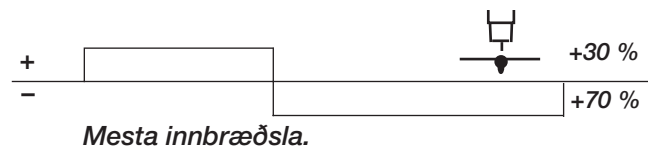


**Ferkantaður „riðstraumur“** hefur í dag komið í staðinn fyrir öldulaga og trapísulaga riðstraum. Þar þarf ekki að hafa HF-spennuna í gangi allan tímann sem soðið er.

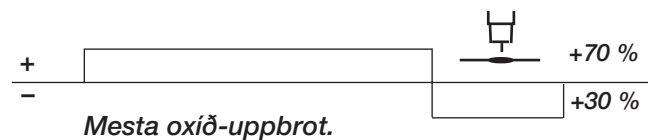


Ennfremur hafa straumtopparnir horfið, þar sem umpólunin gerist svo snögg. Með ferköntuðum riðstraumi er hægt að stýra tímahlutföllum plús- og mínuspóla.

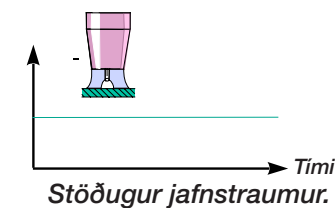
Þegar straumurinn skiptir frá mínus til plús brotnar oxíðhúðin upp og um leið hitnar rafskautið. Þegar skiptingin er frá plús til mínus verður innbræðsla í grunnefnið og rafskautið kólnar, sjá mynd til hægri.



Mesta oxíð-uppbrot fæst ef tíminn á plúspól er aukinn upp í 70%. Ef tíminn á mínuspól er aukinn upp í 70, fæst mesta innbræðsla, sjá mynd.

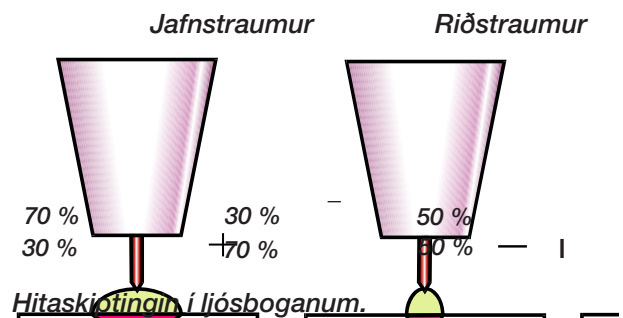


**Jafnstraumur** er fenginn frá hvaða jafnstraumsgjafa sem er, t.d. afriðilsvél, snúningsvél eða tíðnibreytivél. Straumurinn er jafn og án umpólunar. Jafnstraumur er notaður við suðu á óblönduðu, líttblönduðu og ryðfríu stáli, títan, kopar og nikkell ásamt hinum ýmsu blöndum þessara málma.



Pólunin við jafnstraumssuðu á að vera réttisæl, þ.e. mínuspóll í rafskaut. Ef rafskautið er tengt við plúspól, bráðnar það vegna þess að rafeindirnar rekast á rafskautið af miklum krafti.

Það er hægt í vissum tilfellum að tengja rafskautið við plúspólinn ef soðið er á lágum straumi og með grófu rafskauti.



**Riðstraumur er aðeins notaður á ál og magnesíumblöndur!**

## Rafskaut/hlífðargas





### Rafskaut

Við TIG-suðu eru notuð rafskaut úr hreinu wolfram eða úr blöndu úr wolfram og ca 2% þóriumoxíð eða ca 0,8% zirkóniumoxíð. Blönduðu rafskautin þola herra straumalag en þau sem eru úr hreinu wolfram.

Rafskautið verður að þola háan straum án þess að oddurinn bráðni eða eyðileggist.

Hreint wolfram (WP) hefur lægstu bræðslumörkin, ca 3400°C, og er slíkt rafskaut því aðeins notað til suðu með riðstraum. Þetta rafskaut á ekki að slípast fyrir notkun. Þegar réttur sverleiki rafskauts og réttur straumur fara saman, á endi rafskautsins að verða hálfkúlulaga.

Wolframrafskaut blandað með ca 0,8% zirkónium oxíð (WZ8) hefur nokkuð hærri bræðslumörk en rafskaut úr hreinu wolfram, eða ca 3800°C. Því er það líka fyrst og fremst notað til suðu með riðstraum. Það er hægt að nota það á jafnstraum, en þá á lægri suðustraum en rafskaut blandað með þóriumoxíð (WT20). Bræðslumörk þess eru ca 4000°C. Við jafnstraumssuðu tengist rafskautið við mínuspól.

	Hreint wolfram (grænt)
	Wolfram + Þórium (rautt)
	Wolfram + Cerium (grátt)
	Wolfram + Zirkónium (hvítt)
	Wolfram + Lantan (svart)

Litamerkingar rafskautanna.

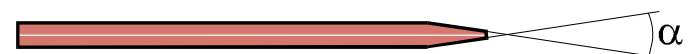
### Slípun rafskautsins

Odd rafskautsins á að slípa fyrir suðu með jafnstraum. Hann á að hafa u.þ.b. 30° horn fyrir 20 Amp. straum.

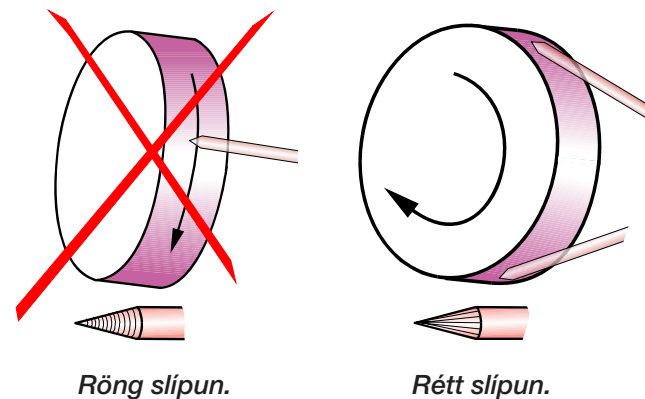
TIG-rafskaut eiga að hafa:

- hátt bræðslumark
- góða hitaleiðnieiginleika
- og eiga auðvelt með að gefa frá sér rafeindir

Suðustraumur	Horn rafskautsins ( $\alpha$ )
20 A	30°
20-100 A	60-90°
100-200 A	90-120°
>200 A	120°



Skautsoddur – slípun rafskauts.



## Dæmi um merkingu, tákn, innihald og straumgerð

Rafskaut	Litamerking	Tákn	Innihald	Straumgerð
Hreint wolfram	Grænt	WP	W=wolfram P=Pure (hreint)	Riðstraumur
Wolfram bl. með þóriumoxíð	Rautt	WT 20	2% þóriumoxíð*	Jafnstraumur
Wolfram bl. með ceriumoxíð	Grátt	WC 20	2% ceriumoxíð	rið- eða jafnstr.
Wolfram bl. með zirkóniumoxíð	Hvítt	WZ 8	0,8% zirkóniumoxíð	rið eða jafnstraumur
Wolfram blandað með lantandíoxíð	Svart	WL 10	1% lantandíoxíð	rið- eða jafnstraumur

\* Þóriummagníð getur verið mismunandi

## Hlífðargas

Á meðan soðið er, verður að hlífa upphituum og bráðnum hlutum vinnslustykkisins fyrir skaðlegum áhrifum loftsins. Við hlífðargassuðu (TIG-, MIG/MAG- og plasmasuðu) er gasi eða gasblöndu veitt að suðuferlinu í þessum tilgangi. Algengasta hlífðargasið við TIG-suðu er argon, helíum, og róthlífðarblandan vetniköfnunarefnisgas. Hlífðargasi er þannig hægt að skipta í þrjá flokka:

1. Aðal-hlífðargas
2. Eftir-hlífðargas
3. Róthlífðargas (rót = bakhlið suðunnar)

Aðalhlífðargasið hlífir suðupollinum að ofanverðu og svæðinu næst suðunni. Um þetta sér gashulsa suðubyssunnar, að því tilskildu að hún hafi rétta lögun og sé af réttri stærð og að gasflæðið sé hæfilega stillt.

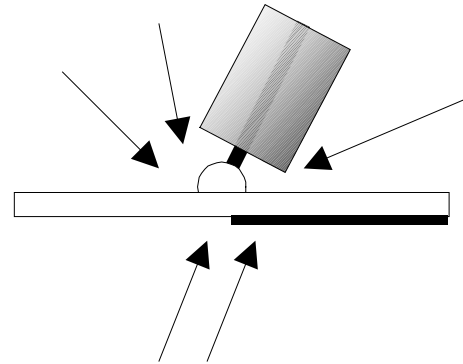
Eftirhlífðargasið á að hlífa tilbúinni suðunni og hitsvæði hennar þar til efnið hefur kólnað nægilega mikið til þess að það hvarfist ekki t.d. með súrefni eða vetni.

Algengast er að eftirhlífðargasinu sé veitt að suðunni með s.k. dragskó. Hann er festur á suðubyssuna og hlífir tilbúinni suðunni.

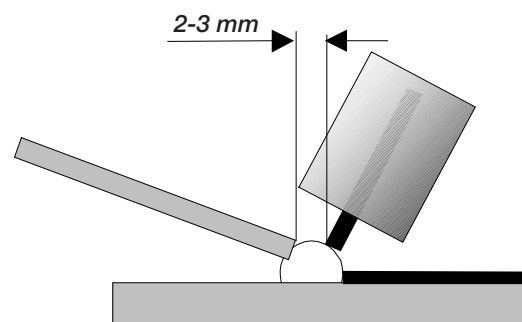
Róthlífðargas er nauðsynlegt af tveimur ástæðum. Það verður að hlífa heitum og fljótandi málminum „hinum megin“ fyrir áhrifum gass í andrúmsloftinu.

Jafnari og sléttari róthlið myndast á suðuna og þannig minnkar hættan á göllum í rótinni.

Sjá einnig T 2.2.1



*Mikilvægt er að hlífa báðum hliðum suðusvæðisins fyrir skaðlegum áhrifum efna (t.d. súrefnis og vetnis) í andrúmsloftinu.*



*Halli suðuefnisins getur verið allt frá 30° við suðu í ál, eða meiri. Halli gashulsunnar/rafskautsins má ekki vera of mikill. Þá er hættu á að loft sogist inn að suðunni. Til að hindra að heitur endi suðuvirsins oxist, á að halda endanum inni í hlífðargasflæðinu.*

## Efnisyfirfærsla í ljósbofanum

Við venjulega hand-TIG-suðu er suðuefnið matað handvirkt í suðuna. Til að fullnægjandi árangur náist er nauðsynlegt að réttu horni sé haldið milli rafskauts og suðuefnis. Bilið á milli rafskauts og suðuefnis á að vera u.þ.b. 2-3 mm.

Matið suðuefninu beint í framkant suðupollsins (ekki ofan á) við suðuna.

Munið að suðuefnið kemst í samband við súrefni þegar það kemur undan gasflæðinu. Þetta hefur kannski ekki svo mikil áhrif þegar soðið er í óblandað eða lágblandað stál, en getur haft meiri áhrif, jafnvel valdið falli á suðuprófi, þegar soðið er í ryðfrítt stál, ál og títan vegna oxíða í suðupollinum.

Við vélræna suðu er suðuefnið fært að ljósbofanum með vélknúnum færslubúnaði þar sem hægt er að stilla vírhraðann.

## Geislun frá ljósboganum, reykmyndun

Suðumenn verða oft fyrir geislun. Sérstaklega við TIG, MIG og plasmasuðu, þar sem mest er unnið með speglandi efni sem magnar upp geislunina.

### Útfjólublá geislun (Ultra-violet)

UV-geislun er algengust við suðuvinnu. Ef horft er í suðugeislanum 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. Munið að UV-geislunin er meiri þegar soðið er í glansandi/speglandi efni, eins og t.d. ál eða ryðfrítt stál, og með suðuaðferðum þar sem ljósboginn er skær, eins og við MIG/MAG- og TIG-suðu.

### Innrauð geislun

IR-geislun sem verður við logsuðu, gasskurð, lóðningu og við speglun frá stórum suðupollum, getur við langvarandi áhrif valdið breytingum í óvörðum augum. Það er talið að þetta geti valdið gláku. Komið er í veg fyrir skaðann með notkun logsuðugleraugna.

Sjá einnig E 5.2.4.



*Notið alltaf suðuskerm við ljósbogasuðu! Munið að UV-geislunin eykst þegar vinnslustykkið er glansandi og speglar mikið. Suða við þröngar aðstæður eykur hættuna á skaða vegna geislunar.*

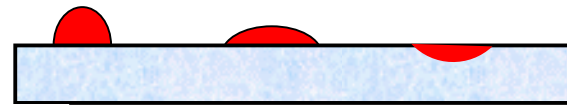
## Lögun suðunnar

Lögun suðunnar við TIG-suðu ræðst af straumstyrk og mötun suðuefnisins.

Ef straumurinn er tiltölulega lágur og miklu suðuefni matað í, verður suðukúpan há. Ef straumurinn er aukinn en sama magni suðuefnis matað í, verður suðukúpan lægri en rótin aftur á móti útstæðari.

Ef soðið er með því sem næst fullkominni stillingu vélar og hæfilegu magni suðuefnis er matað í, fæst rétt kúpt suða með þéttum öldum og án kantsára. Rótin á að vera tiltölulega mjög og án sigdropa eða holrýma.

Í þunnt efni (< 1 mm) er hægt að TIG-sjóða án suðuefnis, en suðan verður lítillega íhvolf.



*Lágur straumur og mikið af suðuefni veldur mjög kúptum suðum (t.v.). Suða án þráðar veldur íhvolfri innbræðslu (t.h.).*



*Jafnar og þéttar öldur benda til þess að suðuvélin sé „hárrétt“ stillt og að suðuhraðinn sé réttur.*



## T1.2.3 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 skreflaust.

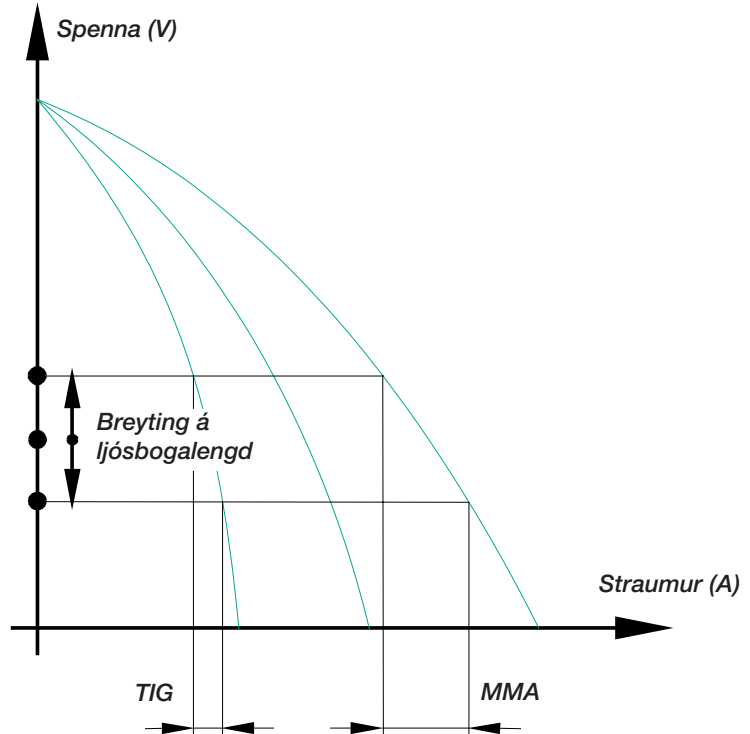
### Breyting netspennu og straums í suðuorku, suðustraumgjafinn

#### *Straumgjafar*

Flestar nútíma suðuvélar er hægt að nota sem straumgjafa við TIG-suðu. Með þeim þarf að nota TIG-búnað sem hefur tengingar fyrir suðuleiðslu með TIG-handfangi, sjálfvirkan gasloka og kveikibúnað.

Margir framleiðendur suðuvéla smíða vélar sem nota má bæði fyrir bæði pinna- og TIG-suðu. Einnig eru til vélar sem geta skilað bæði jafnstraumi og riðstraumi.

**Eiginleikar TIG-straumgjafans** eru brattari en pinnasuðunnar. Það verður minni breyting á straumi við breytingu á lengd ljósbogans. Kosturinn við litlar straumbreytingar er að wolframrafskautið bráðnar minna og endist þar af leiðandi lengur.



Við TIG-suðu breytist straumurinn minna við flöktandi ljósbogalengd, sjá líka T 1.2.1.



Tveir dæmigerðir straumgjafar fyrir TIG-suðu. Kempak 200 frá Kemppi til vinstri og MTE 320 frá Migatron til hægri.

## Transarar, notkun riðstraums

Við TIG-suðu er riðstraumur notaður við alla suðu á áli og álblöndum.

Hér er riðstraumur notaður þar sem hann brýtur upp hið torbrædda áloxíð. Bræðslumörk áls eru u.þ.b. 660°C (fer eftir íblöndun) á meðan áloxíðhúðin bráðnar ekki fyrir en við u.þ.b. 2040°C. Það þýðir að fjarlægja verður oxíðhúðina á annan hátt, og riðstraumur með umpólunum sínum á milli plús og mínus vinnur verkið þrýðilega.

Mestan hluta oxíðhúðarinnar verður að fjarlægja áður en byrjað er að sjóða – með skröpun, slípun, burstun o.s.frv., en þar sem ný oxíðhúð byrjar að myndast um leið og súrefni kemst að óvörðu álinu, verður riðstraumurinn að sjá um lokahreinsunina.

Það er hægt að sjóða ál með jafnstraumi +pól, en hitaskiptingin bræðir rafskautið. (Sjá líka T 1.2.2.)

## Aðstreymi hlífðargass

Þegar soðið er með TIG-aðferðinni verður að nota óvirkt (hlutlaust) hlífðargass sem hlífir heitum og bráðnum hlutum vinnslustykkis og suðuefnis ásamt rafskauti fyrir skaðlegum áhrifum frá andrúmsloftinu.

Hlífðargasið er tengt við suðubyssuna og er stýrt af þrýstijafnara og loka.

Í nútímalegum TIG-suðuvélum er gasið leitt í gegnum segulloka í vélinni og þaðan út í suðuleiðsluna og byssuna.

Segullokanum er stýrt af rofanum á suðubyssunni; hann opnast þegar byrjað er að sjóða og lokast þegar suða hættir.

Flestar TIG-suðuvélar hafa núorðið fleiri stýrimöguleika, t.d. stillingu for- og eftirflæðis hlífðar-gass. Yfirleitt er þetta stillt á 1-5 sek. Sjá líka kafla T 4.2.4.

## Afriðilssuða fyrir jafnstraum

Jafnstraumur er notaður á flesta málma við TIG-suðu, eins og óblandað og ryðfrítt stál, brons o.s.frv. Straumgjafarnir eru yfirleitt afriðils- eða tíðnibreytívélar, eða jafnvel tvívirkar vélar sem geta skilað bæði riðstraumi og jafnstraumi. (Sjá líka kafla T 1.2.2.)

## Lausagangs- og bogaspenna, suðustraumur

(Sjá E 1.2.3.)

## Virknispáttur

(Sjá E 1.2.3.)



Stilling eftirflæðis hlífðargass á TIG-suðuvél.

## T1.2.4 Heilsa og öryggi

### Hætta fyrir augun

Sjá T 1.2.2

### Raflost

Sjá E 1.2.4

### Brunar, brunaskaðar, brunavarnir

Sjá E 1.2.4

### Hættur fyrir öndunarfærin

Við TIG-suðu á að hafa góða loftræstingu þar sem suðureykur og gas innihalda ýmis skaðleg efni. Að auki myndast *ózon*, sem er skaðlegt fyrir lungun, við TIG-suðu í speglandi efni eins og ál og ryðfrítt stál.

Pinnasuða og suða með rörþræði og þá sérstaklega með sjálfhlífandi vír (innershield) eru þær suðuáferðir 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.

### Vernd gegn suðureyk/gasi

Engin suða á að fara fram án útsogs. TIG-suða framkallar nær engan sýnilegan reyk, en aftur á móti myndast gas sem getur innihaldið efni eins og króm, mangan o.fl. sem geta verið hættuleg.

Hér eru nokkrar tillögur um það hvernig bæta má vinnuumhverfið:

- Hreinsið málningu, ryð, olíu o.þ.h. úr suðufúgunni fyrir suðu. Bæði suðuárangur og umhverfi njóta góðs af
- Staðsetjið reykútsogið eins nálægt suðunni og hægt er án þess að það trufla suðuferlið.
- Notið rafskaut, gashulsu og suðustraum sem passar verkefninu.
- Gætið þess að stútur reykútsogsins stíflist ekki af suðusprauti og öðrum óhreinindum.

- Ef færanleg reyksuga með síu er notuð þarf að gæta þess að „útblásturinn“ sé leiddur burt. Munið að sían hreinsar aðeins rykagnir en ekki gas.
- Loftræstikerfi skal ekki valda gegnumtrekk.

### Helsti hlífðarbúnaður suðumannsins

Notið hlífðarbúnað sem hentar verkefninu:

- Suðuhjálms
- Heyrnarhlífar eða tappa
- Hálsklút til hlífðar hálsinum
- Leðursvuntu
- Ermahlífar
- Háa suðuhanska úr leðri. Fyrir TIG-suðumenn eru til þunnir geitaskinnshanskar
- Samfesting úr tregbrennanlegri bómull
- Skóhlífar
- Skó eða tréklossa með stálhettu

Hlífðarfötin mega ekki vera mjög *óhrein eða rifin*.

Það er sérstaklega mikilvægt við TIG-suðu að hlífa hörundinu, þar sem ljósboginn veldur auðveldlega brunasárum á óvernduðu hörundi.

## Brunavarnir

(Sjá E 1.2.4)

### Að slípa wolframrafskaut

Sjá líka T 1.2.3.

Rykið frá slípuninni getur verið alvarlegt vandamál. Sumar rannsóknir benda til þess að wolfram og önnur efni sem blandað er í rafskautin, séu lítils háttar geislavirk og safnist fyrir í líkamanum og valdi heilbrigðisvandamálum.

Slípun wolframrafskauta hefur í för með sér tvöfalda hættu:

1. Fljúgandi efnisagnir sem geta valdið skaða á augum og óvarinni húð.
2. Slípirok sem suðumaðurinn og vinnufélagar hans geta andað að sér.

Til að minnka hættuna af fljúgandi efnisögnum er það sjálfsagður hlutur fyrir suðumanninn að vera alltaf með hlífðargleraugu og hanska.

Það er hægt að tengja útsog við slípivélina til að fjarlægja rykið. Það þarf samt að gæta að því að rykinu verði að komið fyrir á öruggan hátt.

Í dag eru til blautslípivélar af ýmsum tegundum til að slípa rafskaut. Með þeim er rafskautið slípað inni í vélinni í fyrirfram ákveðinn odd, í vökvabaði. Rykið blandast vökvænum og safnast síðan í geymi sem hægt er að skipta um þegar hann fyllist. Geyminn á síðan að senda til sorpeyðingarstöðvar.



*Green Pointer-slípivél hlífir vel gegn fljúgandi efnisögnum, t.d. af efninu þórium.*

HEIMILDIR:

*Migatronik, Adrian Bailey*



**TIG**  
**Áfangi T 2**  
**T 2.1 verklegar æfingar**  
**T 2.2 bóklegt nám**



## T 2 Kynning

Tímamörk 2 klst.

## Áfangi EWF-T2 Kverksuða

Í þessum áfanga er enn verið að eiga við kverksuður, en nú eru það kverkskeyti milli rörs og plötu. Æfingarnar er að finna í töflu T 2.1.

Í lok áfangans á að sjóða prófstykki samkvæmt töflu T 2.3. og skulu þau metin af kennaranum.

Eftir verklegt og bóklegt próf með viðunandi árangri fæst EWF-prófskírteini sem **evrópskur kverksuðumaður, TIG**.

Prófstykkin fyrir EWF-próftökuna er einnig hægt að nota til útgáfu hæfnisskírteinis samkvæmt ÍST-EN 287. Gildissvið hæfnisskírteinisins veltur á vali efnis og efnisþykktar.

Suða röra eða annars stangaefnis við plötur er lítið eitt erfiðari en að sjóða saman plötur. Sérstaklega þarf að hafa í huga halla suðubyssunnar og suðuefnisins, en í þessum æfingum þarf stöðugt að breyta halla byssunar til að fylgja suðuraufinni.

Í allri rorasuðu (nema þegar rörið er lóðrétt), er klukkan notuð til að vísa til mismunandi staðsetninga á rörinu: kl. 12 er efst og kl. 6 er neðst. Suða hefst t.d. oft kl. 5 eða 7, fer undir botninn og áleiðis í átt að kl. 12.

Þessum áfanga tilheyra bóklegu kaflarnir:

**T 2.2.1. Aðföng til suðu**

**T 2.2.2. Framkvæmd suðu**

**T 2.2.3. Meðhöndlun og undirbúningur stálplatna**

*fyrir suðu*

**T 2.2.4. Örugng vinnubrögð á verkstæðinu**

*Hverjum bóklegum kafla eru ætlaðar 2 kennslustundir.*

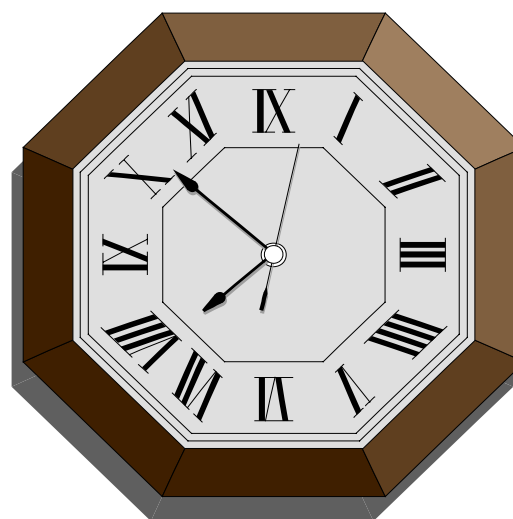
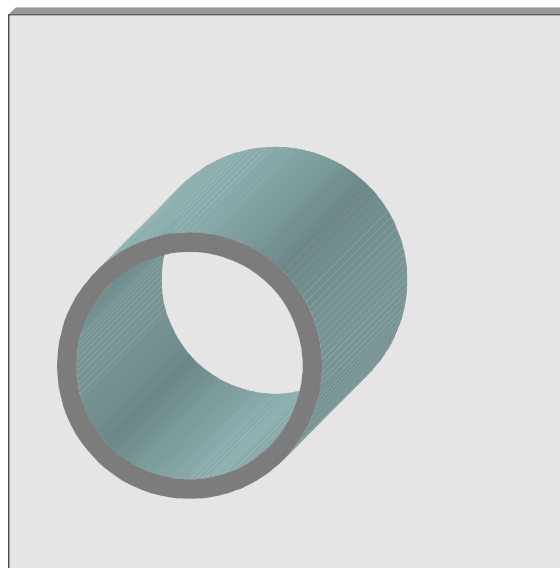
## Aðföng til suðu

TIG-suðu er hægt að framkvæma bæði með og án suðuefnis. Við suðu á þunnu efni og í vissar raufargerðir, t.d. í I-fúgu, þarf ekki alltaf suðuefni.

Suðuefnið þarf að vera þannig samansett að ekki myndist loftbólur í suðunni.

Logsuðuvír má ekki nota til TIG-suðu þar sem hann inniheldur ekki afoxunarefni.

Þau oxíð sem fyrirfinnast á suðustaðnum þarf að hreinsa upp með efnum í suðuefninu, í þessu tilfelli kísil (Si) og mangan (Mn).



*Klukkan er notuð til að vísa til staðsetninga á rörum.*

Það sem eftir verður, sést sem smá flekkir af oxíðum á suðunni. Þetta þarf að fjarlægja áður en næsti strengur er soðinn (við fjölstrengjasuðu í gróft efni).



Við samsuðu tveggja mismunandi efna, er val suðuefnis sérstaklega mikilvægt.

Til að auðvelda val suðuefnis í slíkum tilfellum, er notað s.k. Schaffler-DeLong línurit.

Framleiðendur suðuefnis hafa eigin merkingar og nöfn á framleiðsluvöru sinni, en varan er einnig flokkuð eftir bæði alþjóðlegum stöðlum og stöðlum ýmissa þjóða.

## Framkvæmd suðunnar

Stillibreytur við TIG-suðu er hægt að flokka á eftirfarandi hátt:

### Háð búnaði:

Straumur – Amper (I), spenna – Volt (U), straumgerð – jafnstraumur eða riðstraumur (DC – AC), pólun – (mínus eða plús pól tengdur suðupinna), HF-spennir – (sífellt tengdur eða aðeins við kveikingu ljósbogans), hlutfallsstilling „ferkantaðs riðstraums“, upptröppunartími (slope up) – niðurtröppunartími (slope down), púlsun, for- og eftirstreymi hlífðargass, stærð gashulsu.

### Háð suðumanni:

Færsluhraði, halli suðubyssu og suðuefnis, ásamt lengd ljósbogans.

## Að velja suðustraum

Eitt skilyrðanna fyrir góðum suðuárangri er að soðið sé með réttum straumi.

Hvert þvermál wolframrafskauta hefur sitt ákveðna straumsvið.

Wolframrafskaut geta verið úr hreinu wolframí, eða íblönduð með efnum eins og þóríum, ceríum eða zirkóníum svo einhver sé nefnd.

Wolframrafskautin eru flokkuð eftir notkunarviði og hvort nota eigi þau með jafn- eða riðstraumi.

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

## Raufargerð

Suðuraufin er sá hluti vinnslustykkis þar sem suðan lendir. Til eru ólíkar raufargerðir; t.d. I-rauf, V-rauf o.s.frv. Helstu gerðir suðuskeyta eru stúfsuðuskeyti, kverksuðuskeyti, hornskeyti og sköruð skeyti.

## Meðhöndlun og undirbúningur stálplatna fyrir suðu

### Raufarundirbúningur

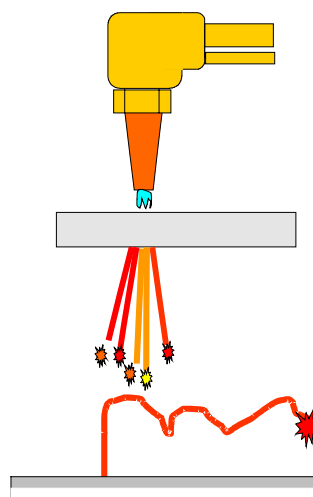
Suðuraufar er hægt að gera með skurði eða með vélrænum aðferðum.

Skurður getur verið log-, plasma-, vatns- eða leysi-geisla-skurður. Logskurður er algengastur í óblandað stál, en hinar skurðaraðferðirnar eru notaðar við flesta suðuhæfa málma.

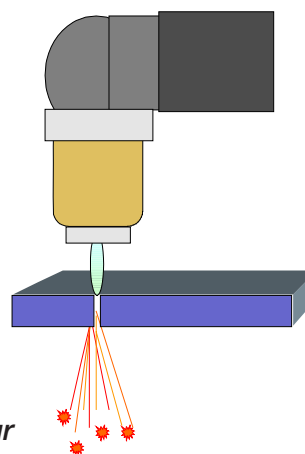
Duftskurður er frumstæðari skurðaraðferð.

Til vélrænna aðferða telst klipping, slípun, spóntaka og notkun sérstakra fösunarvéla.

Eftir allan skurð þarf að eftirvinna með slípun eða burstun. Það er til að fjarlægja oxíð, skurðargjall o.s.frv.



Gasskurður



Plasmaskurður

## Örugg vinna á verkstæðinu

Áhættuþættirnir fyrir umhverfið eru margir við suðu. Hið háa hitastig sem verður við suðuna skapar hættu á bæði bruna- og geislunarsárum. Því er mikilvægt fyrir suðumanninn að verjast þessum hættum.

Það er best gert með því að klæðast alltaf hlífðarfötum og nota góðan suðuskerm við vinnuna.

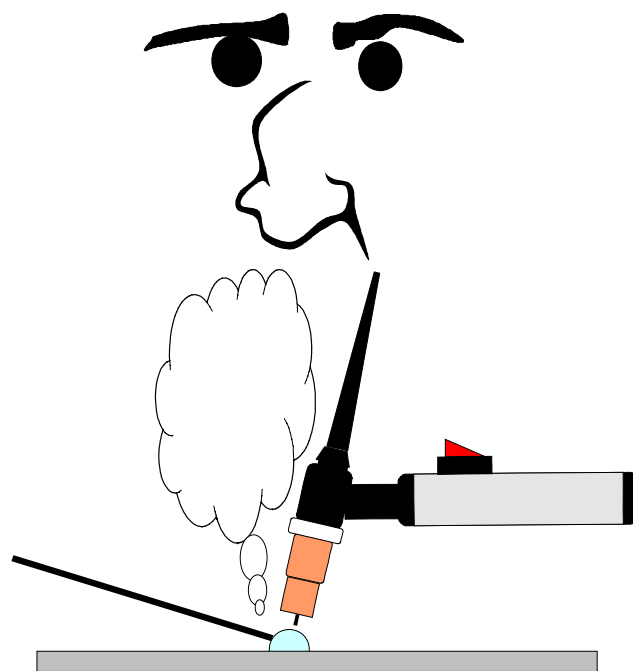
Ryk og gas í suðureyknum getur líka verið heilsuspillandi og því á alltaf að nota vel virkt punktútsog við suðu. Loftræstikerfið verður einnig að vera nægjanlega afkastamikið til að hreinsa út suðureykinn.

Þegar soðið er í efni eða með suðuefnum sem valda sérstakri hættu á að nota ferskloftshjálms eða annan búnað sem tryggir hreint öndunarloft.

Munið að það er ekki bara suðumaðurinn sem er í hættu af völdum suðunnar. Vinnufélagarnir eru líka í hættu ef óvarlega er farið með suðubúnaðinn á einhvern hátt. Því er rétt að setja upp hlífðarskerma í kring um suðustaðinn þannig að hvorki geislun frá suðunni, neistaflug frá slípivél eða brennara, eða suðureykur valdi hættu fyrir aðra.

Við suðuvinnu er þess krafist að eldhætta sé útilokuð. Skilyrði fyrir suðu er jú hátt hitastig sem þarf til að bræða málma. Þessi há hiti skapar einnig eldhættu. Því er áriðandi að ekki sé hafist handa við suðuvinnu án þess að gera ráðstafanir til að hindra íkveikju.

Grundvallarkunnátta í brunavörnum og slökkvistarfi er hverjum suðumanni nauðsynleg.



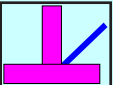
*Við TIG-suðu myndast gastegundir sem geta verið hættulegar. Geislun frá ljósbognum getur valdið brunasárum.*

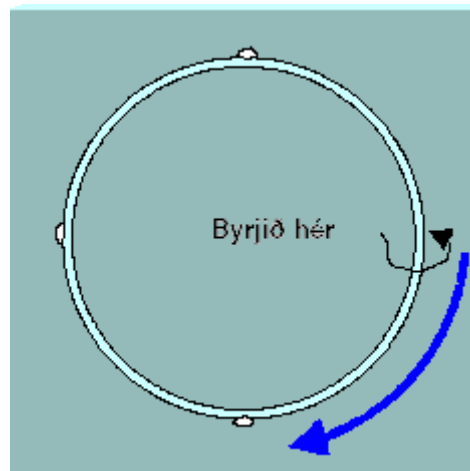
## T 2.1 Verkleg æfing

Tímamörk 9 klst.

### 2. Kverksuða (WPS T2P-2-A)

Í þessari æfingu er soðin kverksuða, rör á plötu. Fylgja verður útlínu rörsins sem gerir kröfu um aðra suðutækni heldur en þegar soðið er eftir beinni línu. Nota skal suðuferilslýsingu nr. WPS T2P-2-A.

<p><b>GRUNNEFNI:</b>                  Ryðfrí plata 2 x 100 x 100 mm                  Ryðfrítt rör 2,0 x 51,0 x 100 mm  <b>RAFSKAUT:</b>                  Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm</p>	
<p><b>SUÐUEFNI:</b>                  AVESTA SKR SI Ø1,6                  (eða sambærilegt)  <b>Hlífdargas: AGA MISON</b>                  (eða sambærilegt)</p>	<p><b>Staða: PB</b></p> 



#### Framkvæmið:

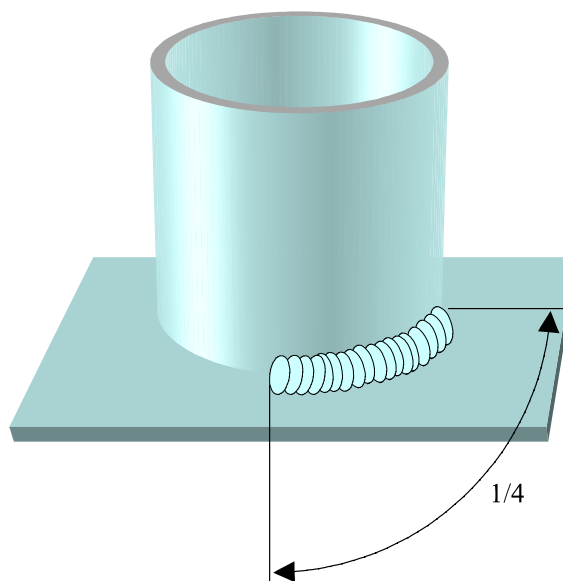
Punktið rörið við plötuna með þremur punktum. Hefjið síðan suðuna þar sem fjórði punkturinn hefði komið (sjá mynd).

Gangið úr skugga um að hægt sé að sjóða ætlaða suðulengd án erfiðleika, farið þrúfuferð án þess að kveikja ljósbogann.

Sjóðið og munið að fylgja útlínu rörsins með suðubyssu og suðuvír þannig að hornið sé ávallt hið sama gagnvart rörinu.

Reynið að sjóða fjórðung (1/4) ummálsins áður en gert er hlé. Með svolítilli æfingu er síðan hægt að sjóða enn lengri suður án hlés.

ATH! Gegnumbræðsla efnisins er ekki leyfð!



## T 2.1 Verkleg æfing

Tímamörk 9 klst.

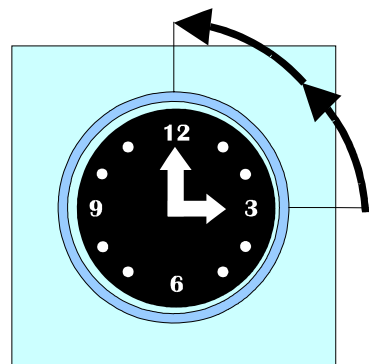
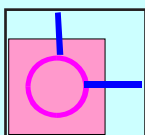
**3. Kverksuða 4 x yfir 90° (WPS T2P-3-A)**

Við höldum áfram að sjóða kverksuður, rör á plötu, en nú í stöðu PF-90. Það má snúa vinnslustykkinu, og suðan á að eiga sér stað frá kl. 3 upp til kl. 12. Nota skal suðuferilslýsingu nr. WPS T2P-3-A.

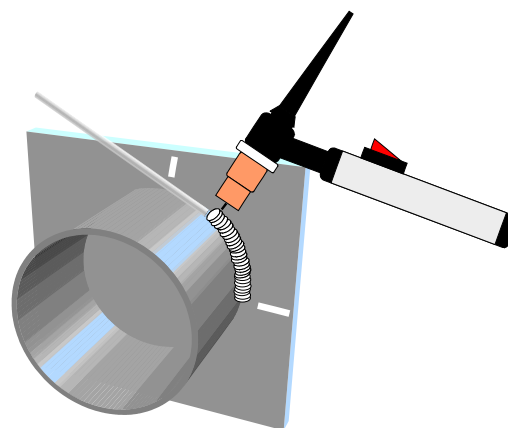
**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 2 x 100 x 100 mm  
Ryðfrítt rör 2,0 x 51,0 x 100 mm  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlífðargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

Staða: PF-90



Snúa má vinnslustykkinu, og suðan á að eiga sér stað frá kl. 3 upp til kl. 12.



Fylgist með horni suðubýssunnar og suðuvírsins.

## Framkvæmið:

Punktið á sama hátt og í síðustu æfingu.

Gangið úr skugga um suða geti farið fram óhindruð.

Nú, þegar komin er nokkur reynsla af TIG-suðu þarf varla að minna á að athuga a-málið eftir hverja suðu og eins að hreinsa þær með vírbursta. Þetta er væntanlega orðinn sjálfsagður þáttur í suðuvinnunni!

TIG-suða getur aldrei verið of hrein. Í hvert skipti sem ljósboginn er slökktur á að hreinsa suðuna með vírburstanum.

## T 2.1 Verkleg æfing

Tímamörk 10 klst.

### 4-5. Kverksuða (WPS T2P-4-A, T2P-5-A)

Næstu tvær æfingar á að sjóða í uppundir stöðu (PD). Suðu í þessari stöðu fylgja vissir erfiðleikar, aðallega líkamlegir. Í þessum æfingum verður sérstaklega að huga að vinnustellingunni – svo ekki sé reynt um of á axlir og handleggji. Nota skal suðuferilsýsingar nr. WPS T2P-4-A og WPS T2P-5-A.

**GRUNNEFNI:**

4. Ryðfrí plata 2 x 200 x 300 mm

5. Ryðfrí plata 2 x 100 x 100 mm

Ryðfrítt rör 2,0 x 51,0 x 100 mm

**RAFSKAUT:**

Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**

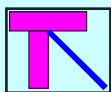
AVESTA SKR SI Ø1,6

(eða sambærilegt)

Hlífdargas: AGA MISON

(eða sambærilegt)

**Staða: PD**



#### Framkvæmið:

Punktið saman plötunar. Festið vinnslustykkið í stöðustillingunni í stöðu PD – um það bil 100 mm fyrir ofan augnhæð.

Sjóðið frá hægri til vinstri (vinstri til hægri ef þú ert örvhentur). Munið að sitja eins þægilega og unnt er til að þreytast ekki of fljótt í handleggjum og öxlum.

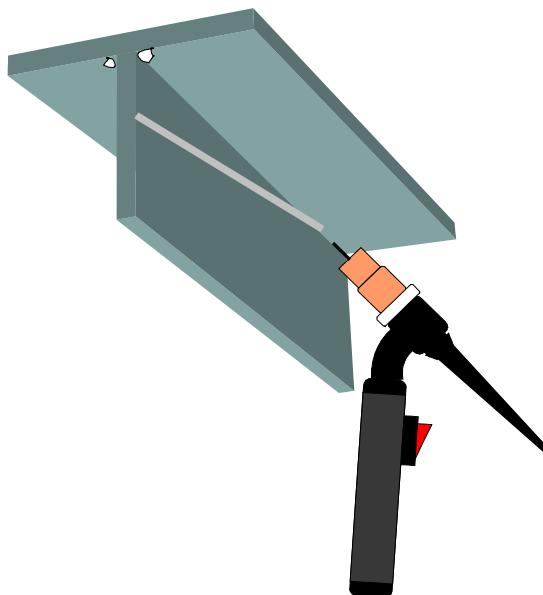
Byrjið á því að sjóða u.þ.b. 50 mm í einu og náðið tókum á réttum halla suðubyssu og suðuefni og fáið jafnframt tilfinningu fyrir færsluhraðanum. Sjóðið síðan lengri strengi – eins langa og þægilegt er í einu.

Gerið sömu æfingu þar sem rör er soðið við plötu. Framkvæmdin er að mestu sú sama, nema að nú þarf að fylgja útlínu rörsins og halda óbreyttum halla á suðubyssunni og vírnum – gagnvart rörinu, en það gerir meiri kröfur til einbeitingar suðumannsins.

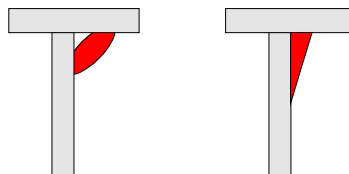
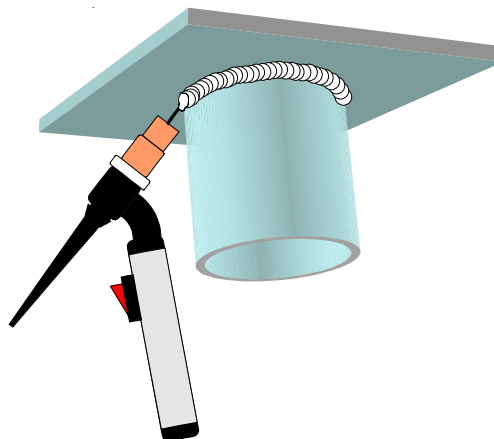
Hugið að suðulengdinni. Sjóðið ekki of langt í einu.

Munið að nú þarf að fara í kringum rörið sem má ekki hreyfa.

Skoðið árangurinn vandlega. Suðumaðurinn, þ.e.a.s. þú, er alltaf fyrsti eftirlitsaðilinn!



Halli suðubyssunnar og suðuvírsins verða enn mikilvægari en áður í stöðu PD. Það er hætt við því að suðan verði ekki jafnarma ef hallinn er rangur. Hér kemur suðubysa með sveigjanlegum hálsi að góðum notum!



Gætið þess að hafa ekki of litla innbræðslu og eins að fá ekki ójafnarma suðu.

## T 2.1 Verkleg æfing

Tímamörk 10 klst.


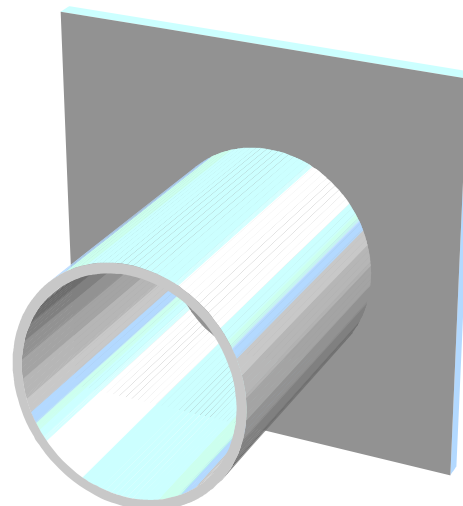
## 6. Kverksuða (WPS T2P-6-A)

Síðasta kverksuðuæfingin er í stöðunni PF, þ.e. með rörið lárétt og plötuna fasta standandi. Notið suðuferilslýsingu nr. WPS T2P-6-A.

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 2 x 100 x 100 mm  
Ryðfrítt rör 2,0 x 51,0 x 100 mm  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlífðargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

**Staða: PF**

Suða í stöðu PF.

## Framkvæmið:

Punktið eins og áður. Festið vinnslustykkið í stöðustillingu í stöðunni PF.

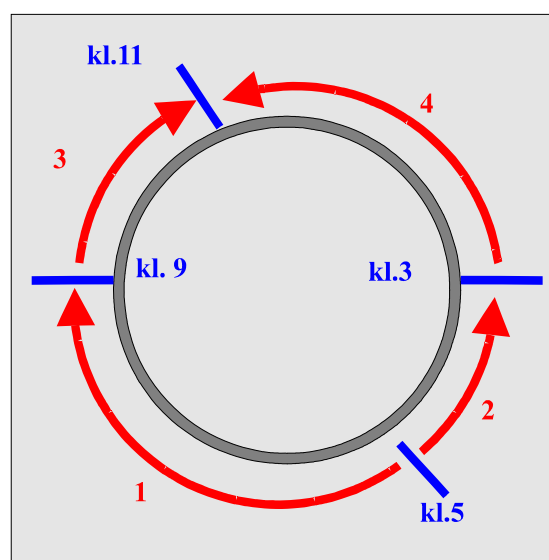
Hefjið suðu við kl. 5 og sjóðið til kl. 9.

Byrjið aftur við kl. 5 og sjóðið til kl. 3.

Haldið áfram frá kl. 9 og sjóðið til kl. 11. Ljúkið suðunni með kaflanum frá kl. 3 til kl. 11.

Með því að skipta suðunni í fjóra áfanga eru minnkadár þær spennur sem alltaf verða við suðu.

Skóðu árangurinn. Láttu kennarann meta og samþykkja suðuna.



Sjóðið samkvæmt þessari áætlun.

# T 2.2.1 Suðuvír

## Helstu atriði um suðuvír

Hægt er að TIG-sjóða með eða án suðuvírs. Við suðu í þunnt efni, < 4 mm, og í sumar fúgugerðir, t.d. I-fúgu og tvíbeygða kantfúgu, þarf ekki alltaf suðuefni. Venjulega er suðuefnið matað handvirkt í suðuna, en vélvæðing er möguleg.

Suðuefnið á að vera þannig samsett að ekki komi fram loftbólur við suðuferlið. Suðuefnið á að vera sömu gerðar, þ.e. hafa samskonar efnasamsetningu og grunnefnið sem á að sjóða (nema við suðu á vissum álblöndum). *Logsuðuvíra má ekki nota við TIG-suðu* þar sem þeir innihalda ekki afoxunarefni.

Hlífðargasið verndar aðeins suðupollinn fyrir *utan- aðkomandi* áhrifum. Þau oxíð sem fyrir eru á suðusvæðinu verða að ganga í efnasamband við efni í suðuefninu, í þessu tilfalli kísil (Si) og mangan (Mn). Úrgangsefni sjást á yfirborði suðunnar eins og litlir gjallblettir. Rétt er að hreinsa burt þessa bletti áður en næsti strengur er lagður, þegar soðin er fjölstrengjasuða í gróft efni.

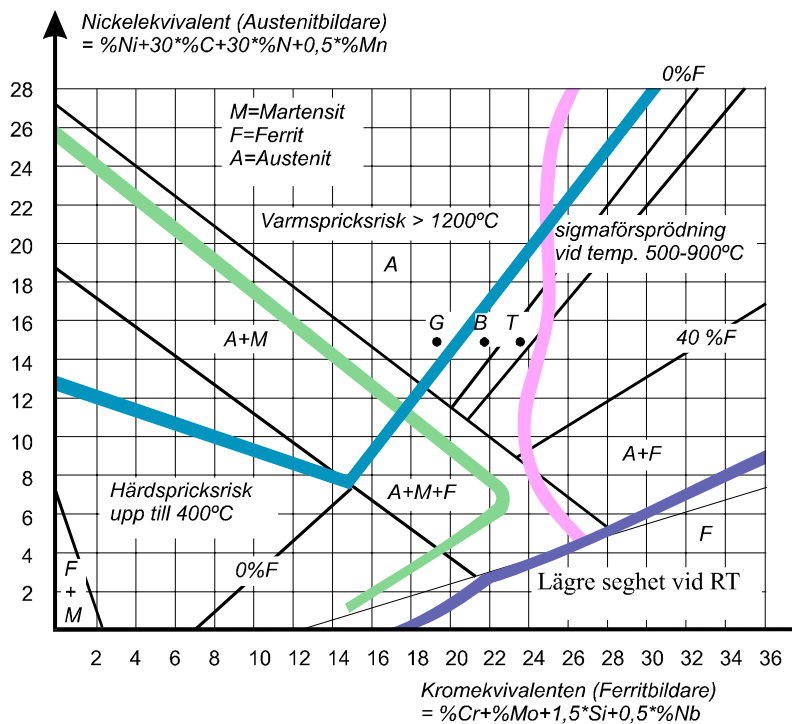
Blönduð skeyti, þ.e. samsuða tveggja ólíkra efna, koma fyrir í ýmsum tilfellum. Það er sérstaklega mikilvægt að velja rétt suðuefni þegar soðið er saman t.d. óblandað stál og háefnbætt ryðfrítt stál. Sem hjálpartæki við



Suðuefni er til frá ýmsum framleiðendum.

val á suðuefni í slíkum tilfellum er notuð Schaffler-DeLong-línurit, sjá neðar á síðunni.

Hver framleiðandi suðuefnis hefur eigin nöfn og númer á framleiðsluvörum sínum, en þar að auki eru þær flokkaðar eftir stöðlum, bæði landsstöðlum og alþjóðlegum. Algengustu staðlarnir eru bandaríski AWS, þýski DIN og sænski SS, að ógleymdum EN-440.



Ó- eða lágblandað suðuefni má undir engum kringumstæðum nota við suðu á óblönduðu eða lágblönduðu stáli við ryðfrítt stál þar sem sprunguhættan í suðumálmnum eykst gífurlega!

Fyrir blönduð skeyti (stál/ryðfrítt) er oftast mælt með ferritinnihaldi allt að 10%.

G = Grunnefni  
S = Suðuefni  
B = Suðumálmur

## Hlífðargas

Meginhlutverk hlífðargassins við TIG-suðu er að hindra að loftið umhverfis komist í snertingu við rafskaut, ljósboga, suðuefni, suðupoll eða heita hluta vinnslustykkisins.

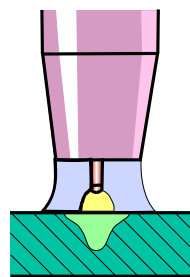
Hlífðargasið á fyrst og fremst að vera óvirkt, þ.e. að það á ekki að geta myndað efnasamband með öðrum efnum sem verið er að vinna með. Þess vegna er oftast notað eðlalgas eins og argon eða helíum sem meginefni. Hreint argon er algengast. Aðrar tegundir sem eru notaðar til blöndunar fyrir TIG-suðu eru vetni og nitur.

Val á hlífðargasi veltur fyrst og fremst á því hvaða efni á að sjóða. Efnisþykkt, suðustaða, handvirk eða vélræn suða og kostnaður verður þó að koma inn í myndina.

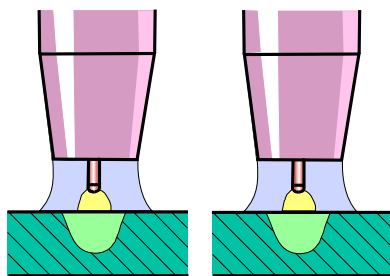
Argon er gastegund sem er 1,4 sinnum þyngri en loft og er til í tveimur hreinleikastigum.

„Venjulegt“ argon er 99,99% hreint og hreinna argonið er 99,995% hreint. Það síðarnefnda er notað við suðu á titani sem hefur mjög sterka tilhneigingu til að oxíderast. Argongasið er auðjónað og þarf því lága ljósbogaspennu, eða ekki nema 10-15 V. Vegna lágrar ljósbogaspennu með argoni verður lögun innbræðslunnar öðruvísi en þegar soðið er með helíum. Helíum er náttúrugas sem er sjaldgæfara og þar með dýrara en argon. Helíum er u.þ.b. 7 sinnum léttara en loft og er erfitt að jóna það, sem leiðir af sér að ljósbogaspennan þarf að vera hærri en þegar notað er argon eða u.þ.b. 20-24 V, en það skýrir muninn á innbræðslulöguninni borið saman við argon.

**Tilgangurinn með hlífðargasinu er að:**



Innbræðslulögun  
100% argon.



Innbræðslulögun 100% helium (t.v.)  
og með 50% argon og 50% helium.

- vernda suðubaðið fyrir súrefni og vetni andrúmsloftsins
- koma í veg fyrir að rafskautið, suðuefnið og heita svæðið næst suðunni oxíderist
- auðvelda jónunina
- flytja strauminn/hitann yfir með ljósbognum

### Truflandi áhrif

Það er ekki sjálfgefið að gas sem framleiðandinn ábyrgist að sé hreint, náði að flæða í gegnum suðubúnaðinn að suðubaðinu. Orsakir þess að gasið veitir ekki þá vernd sem til er ætlast eru meðal annars:

- vatnsleki í TIG-byssu
- rangstillt gasflæði
- illa hreinsaðar gashulsur
- lekar tengingar
- lofthreyfingar sem trufla hlífðargasið

## Bakgas

Við TIG-suðu er oft notað bakgas til að hindra oxíderingu á rótarhlið suðunnar (bakhlið). Oxíderingin getur nefnilega minnkað tæringarmótstöðu efnisins verulega og styrk. Hlífðargas fyrir rót er því ófrávikjanleg krafa þegar soðið er háefnabætt stál og títan. Jafnvel við suðu á óblönduðu og lágblönduðu stáli getur bakgas haft vissa kosti. Það hindrar meðal annars myndun eldhúðar, sem annars verður að slípa burt þegar gæðakröfur eru háar.

Gas sem notað er til að hlífa rótarhlið getur verið annað tveggja gerða, óvirkt eða afoxandi.

Óvirkt gas er, eins og áður er nefnt, t.d. argon og helíum, en afoxandi gas inniheldur 5-10% vetni sem brennir upp það súrefni sem kann að vera eftir á róthliðinni. Mest notaða hlífðargas fyrir rótarhlið héraendis er Naton 10.

(Sjá líka T5.2.2.)



## Flokkun á hlífðargasi og suðuefni

Val á hlífðargasi og suðuefni fyrir TIG-suðu ræðst fyrst og fremst af grunnefninu. Hér er vísað í gas-töflu AGA.

		Arcon PLUS	Arcon S	Nitrogen S	Helium	Koldioxid	CO2	MISON	MISON 25	FOGON 2	FOGON 20	TIXON 2	TYRCN 5	TYRCN 20	TYRCN 35	HELON 30	HELON 70	NATON 10	GARBON
<b>TIG-suða</b>	Óblönduð stál	■																	
	Lítt blönduð stál		■																
	Ryðfrí austenítisk stál		⊗				■						⊗						
	Ryðfrí ekki-austenítisk stál		■																
	Al og álblöndur		⊗																
	Kopar og koparblöndur			■															
<b>MIG/MAG-suða</b>	Títan	■																	
	Óblönduð stál																		
	Lítt blönduð stál																		
	Ryðfrí stál																		
	Al og álblöndur		⊗																
	Kopar og koparblöndur			■															
<b>Plasma-suða (PAW)</b>	Títan	■																	
	Óblönduð stál																		
	Lítt blönduð stál																		
	Ryðfrí austenítisk stál		⊗																
	Ryðfrí ekki-austenítisk stál		■																
	Kopar og koparblöndur			■															
<b>Róthlíf</b>	Títan	■																	
	Óblönduð og lítt blönduð stál																		
	Ryðfrí austenítisk stál		⊗																
	Ryðfrí ekki-austenítisk stál		■																
	Al og álblöndur																		
	Kopar og koparblöndur			■															

■ gas sem mælt er með  
 ⊗ getur í sumum tilfellum haft kosti, t.d. við vélræna suðu

## Geymsla suðuefnis

### Tilgangur

Takmarkið með þessari forskrift er að lýsa þeim kröfum sem eiga að gilda við meðhöndlun og geymslu suðuefnis fyrir TIG-suðu.

### Ábyrgð

1. Suðumaðurinn ber ábyrgð á að meðhöndlun suðuefnis sé eins og gefið er upp í þessari forskrift og í viðkomandi WPS.
2. Suðuverkstjóri/flokkstjóri/lagerstarfsmenn bera ábyrgð á að suðuefni sé meðhöndlað og geymt eins og sagt er fyrir um í þessari forskrift, ásamt því að móttöku- og afgreiðslukerfi virki.
3. Suðuverkstjóri/suðutæknir bera ábyrgð á að suðuefni sem notað er hafi réttar tegundamerkingar og samþykki.

### Aðallager

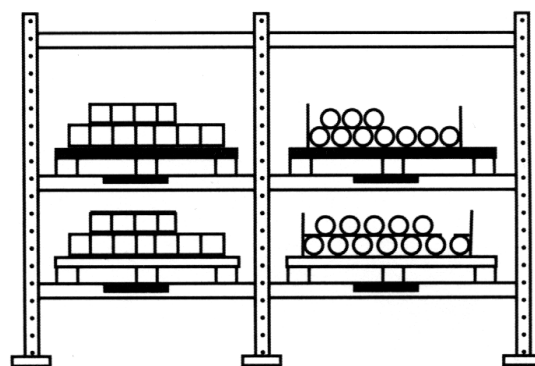
Við móttöku er gætt að réttu vöruheiti og að engir skaðar hafi orðið í flutningi. Allt suðuefni á að vera greinilega merkt þannig að ruglingur verði ekki.

### Geymsla og meðhöndlun suðuefnis fyrir TIG-suðu

Þegar annað er ekki tekið fram skal eftirfarandi gilda:

Suðuefni skal geyma í umbúðum sínum. Suðuefni má ekki geyma á óvörðu gólfi, heldur á það að vera á vörubrettum í hillum eins og sýnt er á myndinni fyrir neðan. Hitastigið á ekki að vera undir 20°C. Rakastig mest 50%.

Suðuefni má geyma í allt að tvö ár þegar farið er eftir þessum ráðleggingum.



Dæmi um geymslu suðuefnis

## Notkun

1. Suðuvír er tekinn út af lager eftir þörfum í framleiðslunni. Afgangsvír á að skila inn á lager að verki loknu. Vírinn á þá að vera greinilega merktur
2. Suðuvír sem ekki er hægt að þekkja á að kasta
3. Suðumaðurinn á að vera viss um að hann noti þá gerð suðuefnis og sverleika, sem getið er um í viðkomandi suðuferilslýsingu
4. TIG-suðuvírar fyrir suðu á óblönduðu og láglönduðu stáli líta eins út, og því er mikilvægt að þeir séu greinilega merktir
5. Suðuefni sem er ógreinilega merkt eða sem ekki er hægt að þekkja með vissu má ekki nota!

Suðuefni á að meðhöndla með hreinum hönskum. Óhreinindi hafa slæm áhrif á suðuárangurinn!



*Dæmi um merkingu á TIG-suðuvír.*

HEIMILDIR:

*Suðupróf (Lernia), AGA-Gas, Ivan Lund, Adrian Bailey, Tomas Thulin*

## T2.2.2 Framkvæmd suðunnar

### Suðustillibreytur: ferlismögu- leikar, suðuefni, hlífðargas, suðustöður og suðufúgur

Suðustillibreytur TIG-suðunnar er hægt að flokka á eftirfarandi hátt:

#### Háð búnaði

- Straumgerð - rið- eða jafnstraumur (AC - DC)
- Straumstyrkur - (Amper)
- Pólun - (plús eða mínus í rafskaut)
- HF-spennir - (stöðugt í gangi eða aðeins við kveikingu)
- Jafnvægisstilling ferkantaðs riðstraums, sjá mynd og lýsingu til hægri
- Upp straumur (Slope up) og niður straumur (Slope down)
- Púlsering - (hár/lágur púlstraumur og fjöldi púlsa á sekúndu)
- For- og eftirflæði hlífðargass
- Gashulsa (innra þvermál gashulsunnar á að vera 4 sinnum stærra en rafskautið)

#### Háð suðumanni

- Framfærsluhraði
- Ljósbogalengd
- Halli suðubyssu og suðuvírs

Aðrar stillibreytur sem hafa áhrif eru: Þvermál rafskautsins, þvermál suðuvírsins, hlífðargasstreymi og tegund hlífðargass.

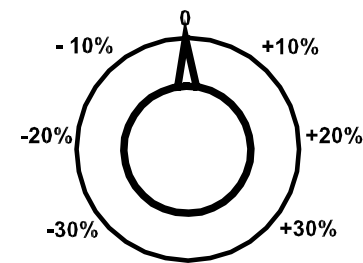
Þessar eru háðar því hvaða grunnefni á að sjóða, ásamt efnisþykkt, fúgugerð og suðustöðu.

### Rafskaut

(Sjá T1.2.2.)

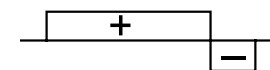


TIG-suða með hlífðargasi fyrir rótarhlið.



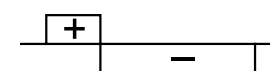
Við riðstraumssuðu er hægt að bæta ýmsa eiginleika með því að stýra straumáttinni að rafskauti (plús-póll) eða grunnefni (mínuspóll)

Með auknum tíma á plúspól er hægt að bæta oxíð-uppbrotið.



Ein straumsveifla

Með auknum tíma á mínuspól getur aukið hitaflæði að suðupollinum bætt innbræðsluna.



Ein straumsveifla

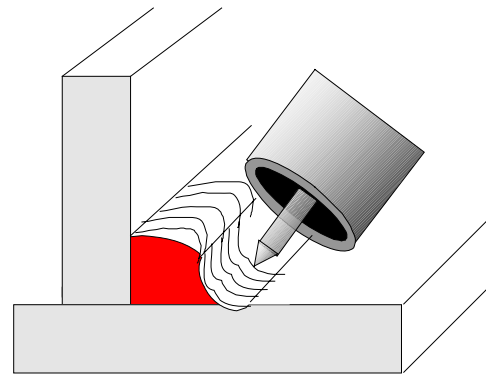
## Suðustöður, suður/fúgur

Þær suðustöður og fúgur sem notaðar eru með öðrum suðuaðferðum hæfa einnig TIG-suðu, sjá kafla E 2.2.2.

Sérstaða fyrir TIG-suðuna er sá eiginleiki að hægt er að sjóða án suðuefnis. Þess vegna er hægt að nota TIG-suðu við s.k. TIG-meðhöndlun.

Framkvæmd þessi getur verið nauðsynleg á suðuskeytum sem verða fyrir miklu álagi, t.d. kverksuðum. Kverksuða er yfirleitt soðin með afkastameiri suðuaðferð - MIG/MAG, pinna eða duftsuðu. TIG-meðhöndlunin verður þá viðbótar „sléttun“ á suðukúfnum.

TIG-meðhöndlun er hægt að gera með eða án suðuefnis, algengast er án suðuefnis.



*Með TIG-meðhöndlun er hægt að lagfæra suðuna eftir.*

## Eftirlit með stillibreytum, hugtökin suðuferli; suðuferilslýsing (WPS)

(Sjá E2.2.2.)

Gætið þess við gildismælingu TIG-suðubúnaðar að aftengja hátíðnikveikingu áður en ampermælir er tengdur. Annars er hætta á að ampermælirinn eyðileggist.

Sjá nánar í T1.2.2, T1.2.3 og T4.2.4.

## Kverksuða: eiginleikar, stærðir og yfirborð

(Sjá E2.2.2.)

## Kynning á suðugöllum, ÍST-EN 25817

(Sjá E2.2.2.)

HEIMILDIR:

Adrian Bailey

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

### 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 bruniferli 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 bruniferlið og súrefnisblæstrinum er hægt að stýra eftir óskaðri skurðarlínu.

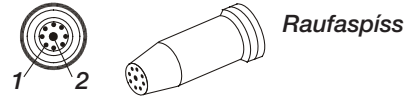
#### Logskurður

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

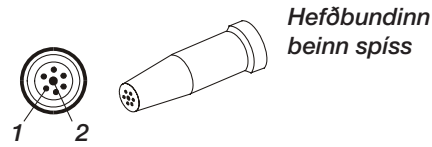
Skilyrði til að hægt sé að logskera stál:

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

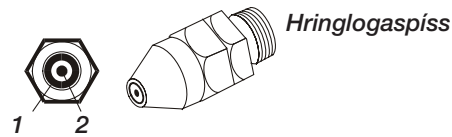
Skurður með gasskurðartækjum er af þessum ástæðum takmarkaður við kol-, lágblandað- og manganstál.



Raufaspiss



Hefðbundinn beinn spiss



Hringlogaspiss

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

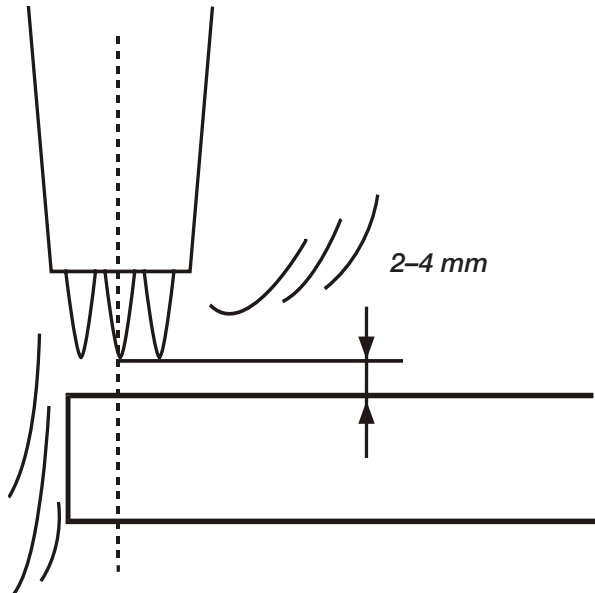
i töflunni er að finna réttar stillingar.

#### 3. Stilling logans

Hitalogann á að stilla „mjúkan“ með blástursventilinn opinn.

#### 4. Fjarlægð: kjarnalogi-vinnustykki

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



#### Skurðarhraði

Réttan skurðarhraða 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 heyrna hvenær hraðinn er réttur.

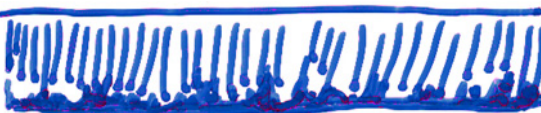
#### Hreinan spíss fyrir góðan skurð

Óhrein 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.



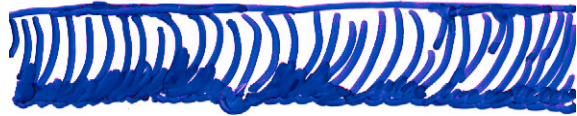
- 4. Of lágur súrefnisþrýstingur.** Skurðarhraðinn er of lítill, efri sárkanturinn hitnar of mikið og bráðnar.



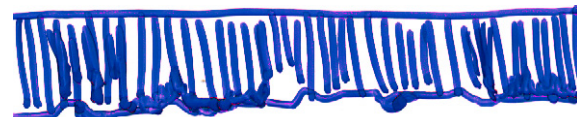
- 5. Of hár súrefnisþrýstingur.** Efri kantur sársins brennur og sárið verður mjög ójafnt.



- 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.

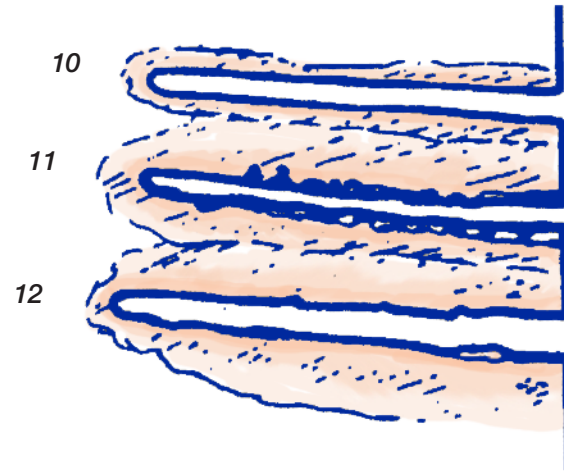


- 9. Röng byrjun eftir stöðvun í skurðinum.** Djúpar grópir geta orðið eftir ranga byrjun í skurðinum, t.d. ef hitað er of mikið eða ef opnað er óvarlega fyrir súrefnið.

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

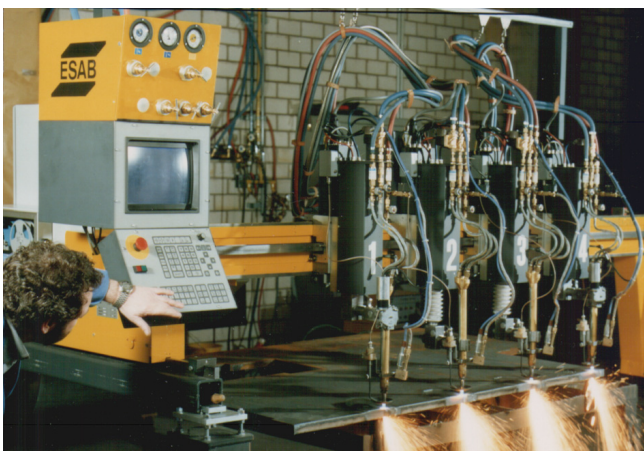


## Skurðarvélar

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



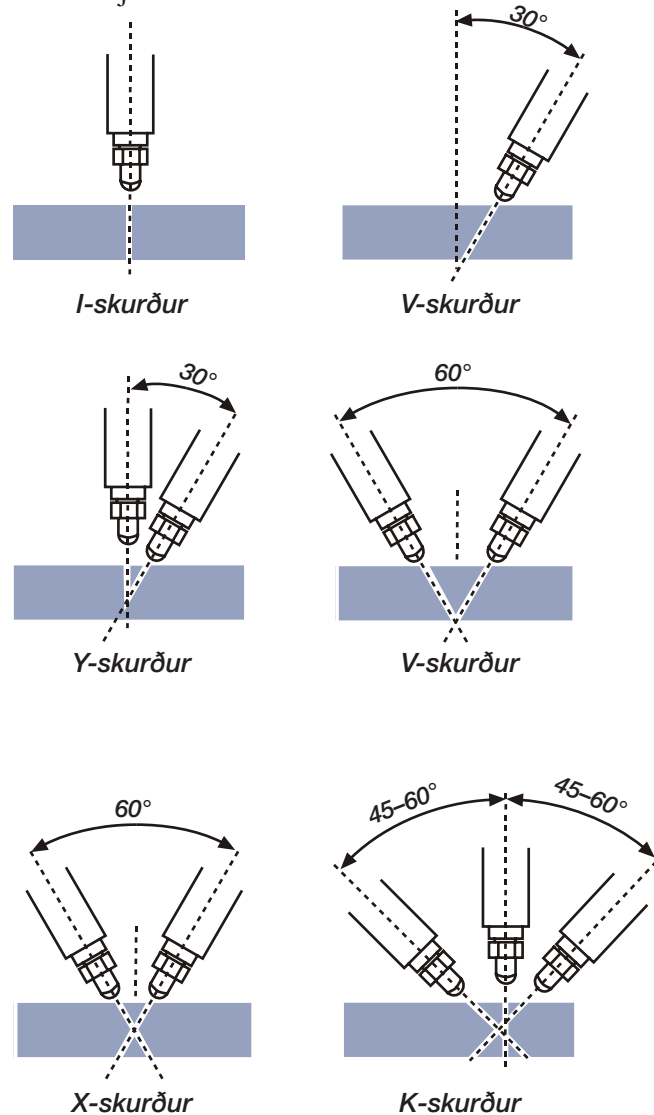
Færanleg, rafdrifin skurðarvél gerir jafna, beina



Föst tölvustýrð logskurðarvél.

## Að skera ólíkar raufar

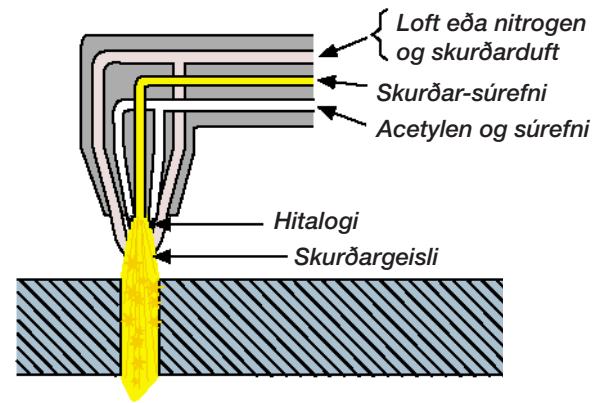
Raufarskurður með einu, tveimur eða þremur skurðartækjum.



## 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.

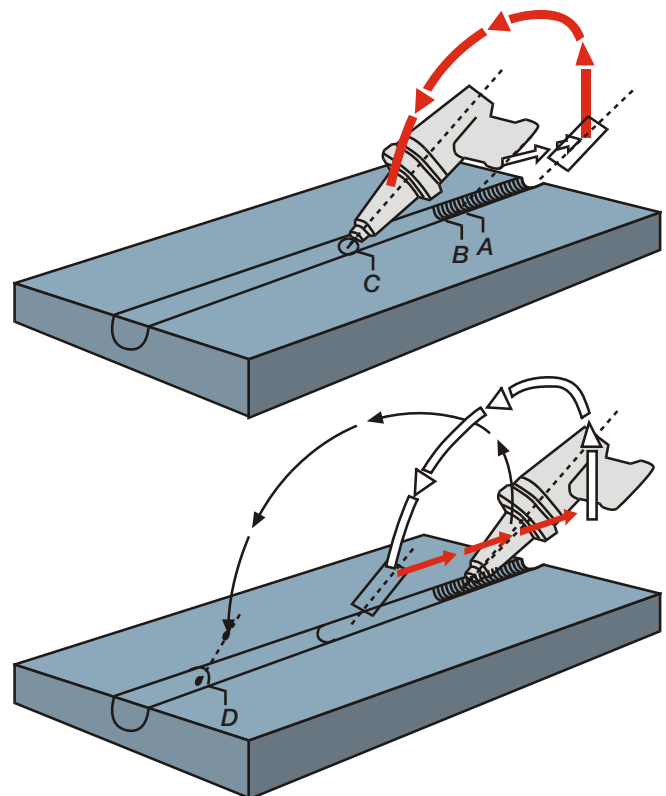


Grunnþættir duftskurðartækis.

## 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.

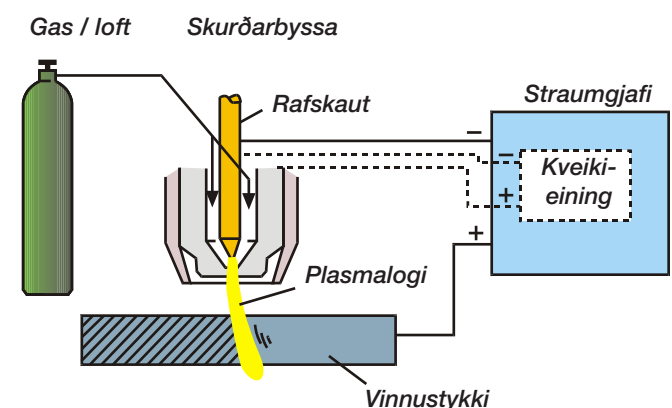
Gasfúgun er framkvæmanleg í sömu efni og logskurður. Lengri fúgur er best að gera í hæfilegum skrefum afturábak (sjá mynd).



Gasfúgun í skrefum afturábak.

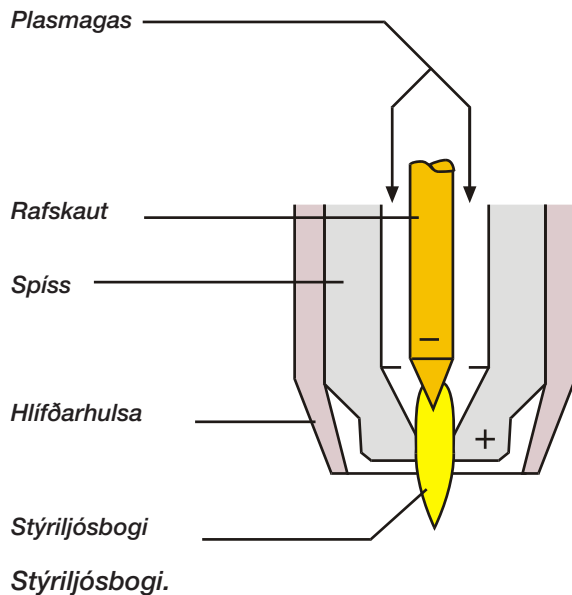
## Plasmaskurður

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 málumum.



Grunnþættir plasmaskurðarbúnaðar.

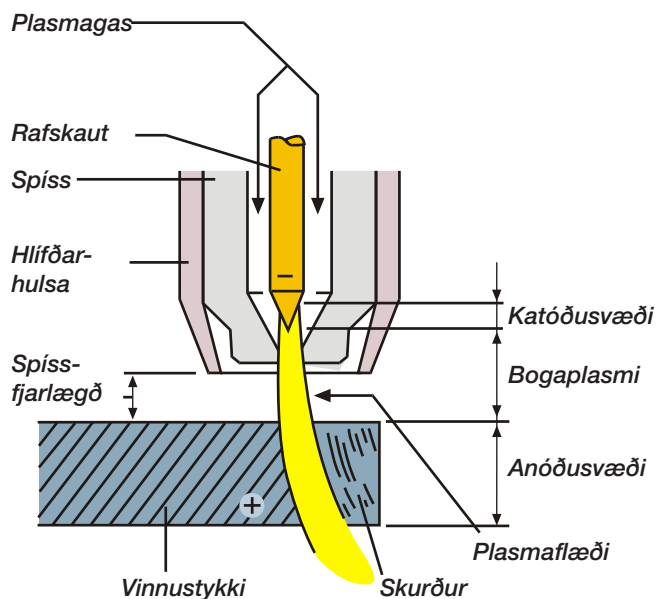




### Stýriljósboginn

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.



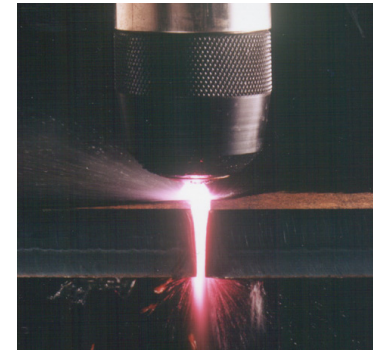
Plasmaljósbogur.

### 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).



Plasmaljósbogur.

### 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 heyrnarhlífar.

#### Geislun

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

#### Reykur og gas

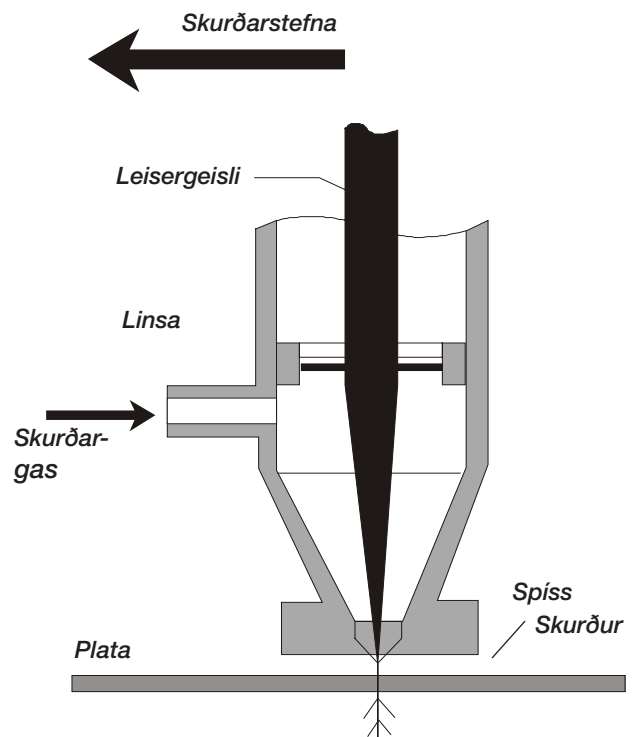
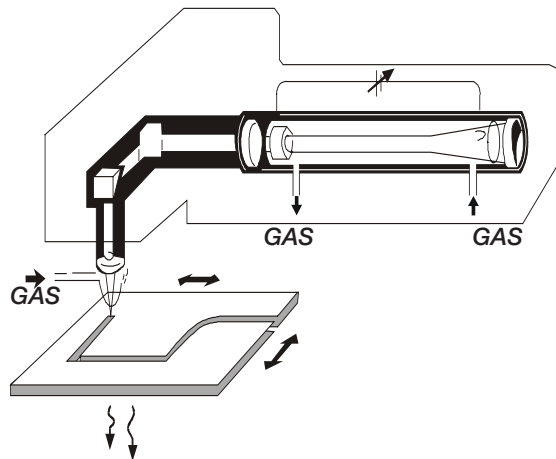
Málmreykur myndast = notið útsog!

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

Ozon myndast þegar súrefni loftsins verður fyrir útfjólublárra 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 virknisþéttleika 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. Sjálft 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 skurðargasisins 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 oxíðeringu efnisins.

Viðbótarorkan leyfir mikinn skuðarhraða, 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 aðvörunarskilta o.fl.



Skurður með leiserskurðarvél.

## Að nota hjólsagir

### Vélsögun

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 sjálfvirkrar 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.

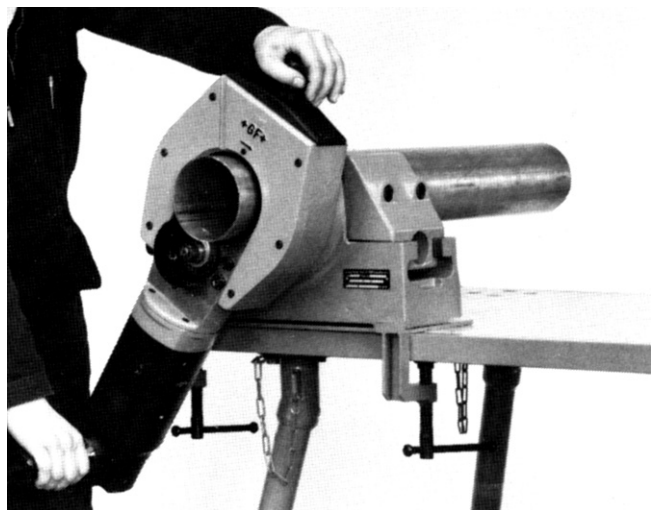
Bandsagir eru mikið notaðar við sögun stangarefnis og hafa mikinn sögunarhraða.

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 grádufrír 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.

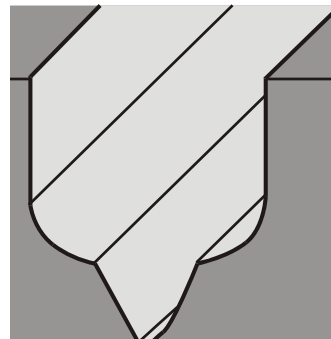
Hafið í huga við vélsögun:

- 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.

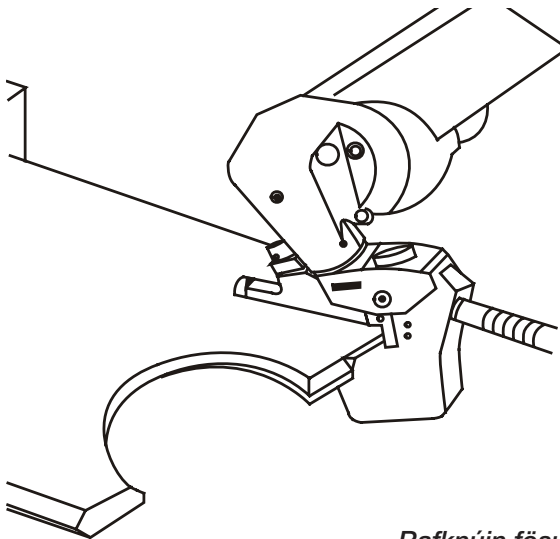
## Formun (raufargerðir) með heflun og fræsingu

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 raufargerð 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.

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

### 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 hlífur 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 merki-skilti hennar eða í notkunarleiðbeiningum.

Notið aldrei vélar nema að hafa fengið viðeigandi leiðbeiningar!

**Hver sá sem fjarlægir eða skemmir hlífur 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 handafla 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.

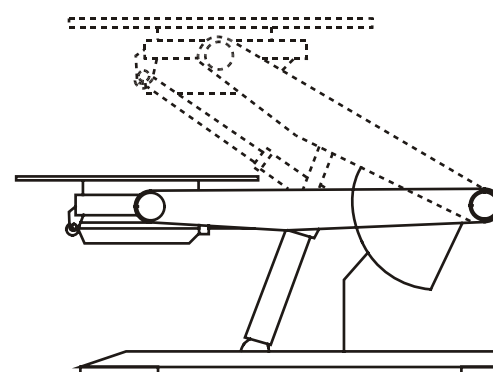
Þegar lyft er með lyftara eða dráttarvél skal varast að ofgera þeim. Stattu aldrei fyrir aftan bakkandi tæki.



*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.

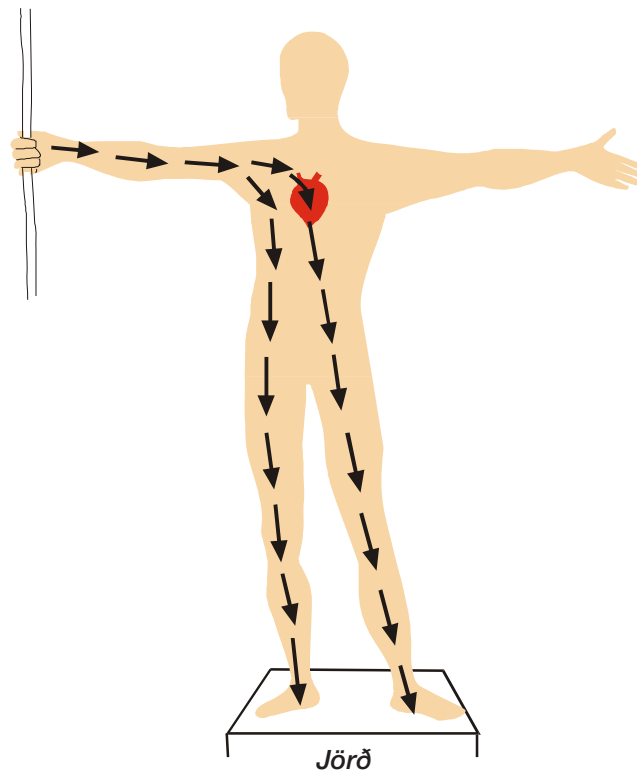
Víða má aðeins nota lágspenn (hám. 50 V) ljós og verkfæri við vinnu í tönkum og öðrum lokuðum rýmum.

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

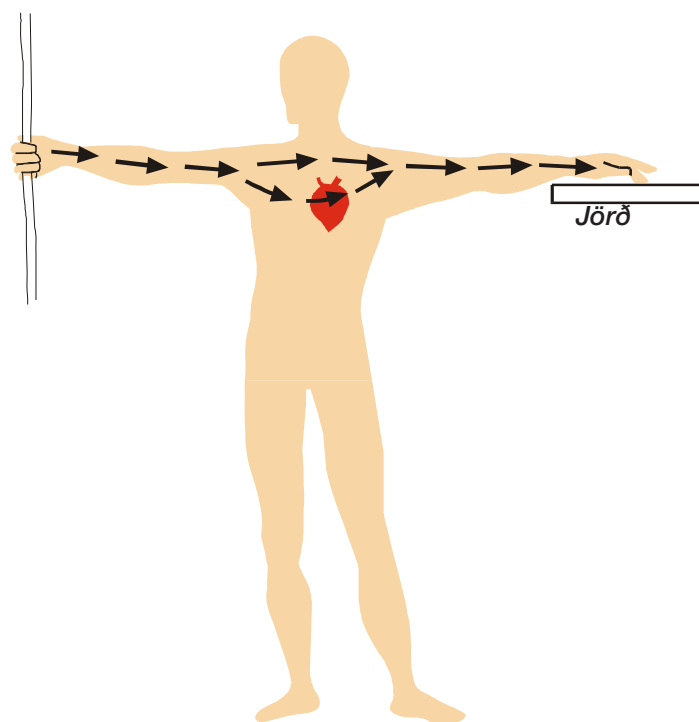
Fyrir utan suðukaplana fylgja suðumanninum ýmsar aðrar leiðslur og slöngur sem þarf að færa til við vinnuna. Þetta geta verið þrýsti- eða ferskloftsslöngur, rafleiðslur í ljós eða handverkfæri o.fl.

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 vinnufélögum við áhrifum suðunnar

Til að hlífa suðumanninum og vinnufélögum 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 þrífalegum. Látið ekki drasl safnast fyrir á gangvegum.



Notið reykútsog!

### Eftirlit með nánasta umhverfi suðumannsins

#### Losun reyks við upptök

Fast útsog á að vera í öllum suðubásam. 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 súbúnaði. 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.

### 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 vörum 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.

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-þrýstimælinum, 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 soðið er nærri veggjum, þaki eða gólfi.

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

## Slökkvistarf

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 óhrein efni.

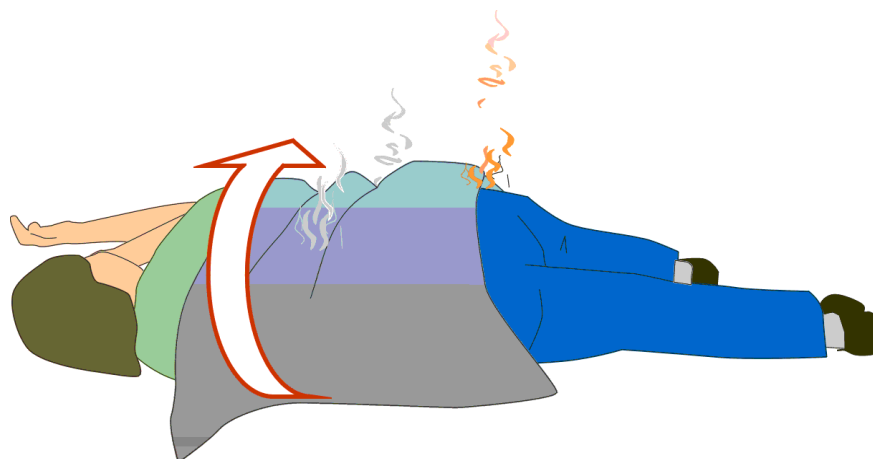
Varist sprengihættu vegna uppsöfnunar súrefnis þar sem þröngt er.

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 þvílíku.*

HEIMILDIR:

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





**TIG**  
**Áfangi T 3**  
**T 3.1 verklegar æfingar**  
**T 3.2 bóklegt nám**



## T 3 Kynning

Tímamörk 2 klst.

## Áfangi EWF-T3 plötusuða

Í þessum áfanga á að sjóða í stúfsuðuskeyti. Með stúfsuðuskeytum er átt við að hlutar vinnslustykkisins séu í beinu framhaldi hvor af öðrum.

Suðurnar í þessum æfingum á að gera með einum streng sem er fullkomlega gegnumsoðinn.

Suða stúfsuðuskeyta krefst örlítið annarrar tækni en suða í kverk, en með þolinmæði og æfingu næst vald á því líka.

Í þunnt efni, allt að 3-4 mm, er hægt að sjóða stúfsuðuskeyti án nokkurs annars raufarundirbúnings en suðubils eða jafnvel án þess.

Í lok áfangans á að sjóða prófstykki samkvæmt töflu T 3.3. og skulu þau metin af kennaranum.

Prófstykkin fyrir EWF-próftökuna er einnig hægt að nota til útgáfu réttindaskírteinis samkvæmt ÍST-EN 287. Gildissvið réttindanna veltur á vali efnis og efnisþykktar.

Þessum áfanga tilheyrja bóklegu kaflarnir:

## T 3.2.1 Hæfni suðumanns

## T 3.2.2 Framleiðslutækni: Framleiðsla plötustáls og eininga

## T 3.2.3 Suðuskeyti á plötum

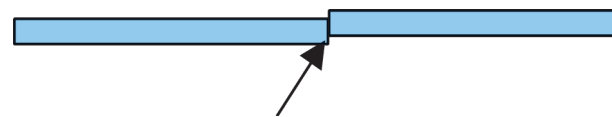
## T 3.2.4 Stál

## T 3.2.5 Suðueiginleikar stáls

Hverjum bóklegum kafla eru ætlaðar tvær kennslustundir.

Suðuprófið sem suðumaðurinn tekur er til þess gert að kanna kunnáttu hans, bæði verklega með prófsuðu og bóklega með nokkrum spurningum.

Öll suða samkvæmt þessari námsáætlun á að fara fram eftir suðuferilslýsingum (WPS). Tilgangurinn með því að nota suðuferilslýsingar er að suðan fari þannig fram að efnið verði fyrir sem minnstum skaða af henni, taki sem minnstum breytingum í uppbyggingu sinni. Einnig verður notkun suðuferilslýsinga til þess að suðan er alltaf framkvæmd á sama hátt, sama hver sýður.

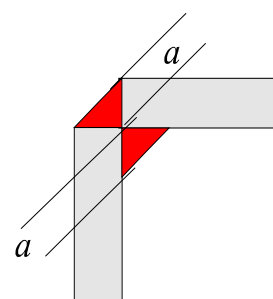


Varist misbrýningu kanta.

## Framleiðslutækni; framleiðsla plötustáls og eininga

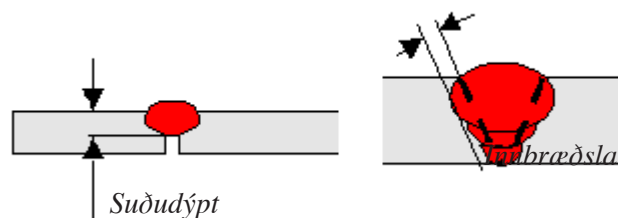
Stál er ennþá algengasta smíðafnið. Sjá bóklega kaflann T 3.2.4.

Suðuskeyti í plötuefni skiptast í stúfsuðu-, kverk-suðu- og hornskeyti. Suða í kverk þarf oftast að uppfylla ákveðnar kröfur um hæð þverskurðarins – a-mál, eða legglengd suðunnar – z-mál. Algengast er að farið sé eftir a-máli, en a-máli er hægt að líkja við hæð jafnarma þríhyrnings.



Dæmi um kverksuður.

Önnur mikilvæg hugtök í sambandi við suðuna eru innbræðsla og suðudýpt. Innbræðsla er það hversu langt inn í yfirborð raufarinnar suðan bræðir sig. Suðudýpt er það hve djúpt niður í efnið suðan nær. (sjá mynd).



## Stál

Það sem ræður burðarþoli sodins mannvirkis er samband ýmissa þátta. Þeir helstu eru efnasamsetning stálsins – uppbygging málsins – hitastig við suðu (orkuflæði) – efnisþykkt – suðuadferð – suðustillibreytur og -staða ásamt lögun mannvirkisins.

## T 3.1 Verkleg æfing

Tímamörk 7 klst.

## 2. Stúfsuða í I-rauf (WPS T3P-2-A)

Hingað til hafa flestar æfingarnar verið soðnar í kverksuðuskeyti. Í þessari og komandi æfingum verða mest stúfsuður. Í kafla T 3.1 eru soðnar stúfsuður í I-rauf, soðið öðrum megin frá. Nota skal suðuferilslýsingu nr. WPS T3P-2-A.

## GRUNNEFNI:

Ryðfrí plata 2 x 200 x 300 mm  
(eða eins stór og rótgasrásin leyfir)

## RAFSKAUT:

Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

## SUÐUEFNI:

AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
Hlífgas: AGA MISON  
(eða sambærilegt)

Staða: PB



## Framkvæmið:

Eins og í fyrri æfingum á að forvinna plöturnar vel fyrir suðu.

Gráður eftir klippingu mega ekki vera á plötuköntum, þar sem þær geta torvelað eða komið í veg fyrir gegnumsuðu.

Rétt áður en punktað er, er best að bursta raufarkantana, og jafnvel hreinsa með fituhreinsi ef suðuferilslýsingin gerir kröfu um það.

Punktið plöturnar saman samkvæmt fyrirmælum í suðuferilslýsingu. Ef unnið er með ryðfrítt efni á að nota nægjanlegt bakgas við punktunina.

Punktið með u.þ.b. 50 mm bili á milli punkta. Punktið á réttan hátt. Spyrjið kennarann ráða!

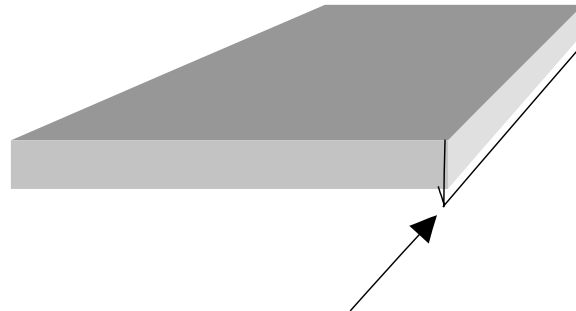
Festið vinnslustykkið í stöðu PA og hefjist handa

## Hvaða gera menn helst rangt?

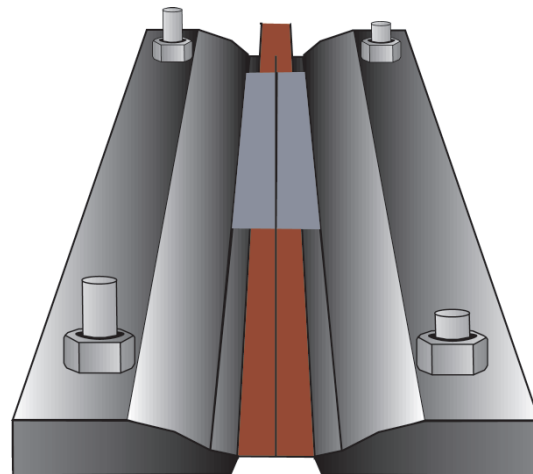
Það getur þurft nokkra æfingu til að finna réttan færsluhraða. Þegar soðið er í þessa raufargerð er erfitt að gera sér grein fyrir gegnumsuðunni. Hér eru nokkrar ábendingar:

1. Það er hægt að sjá svolitla lægð í suðupollinum sem sýnir að bráðin nær í gegn.

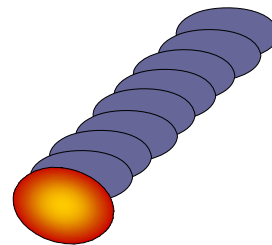
(Framhald á næstu síðu.)



Það er afar mikilvægt að gráður eftir klippingu séu fjarlægðar.



Þegar soðið er í ryðfrítt stál verður að nota bakgasbúnað til að tryggja góða gegnumsuðu.



Svolítill lægð í suðupollinum getur verið vísbending um að suðan nái í gegn.

2. Það er hægt að finna með suðuvírnum að suðupollurinn er að mýkjast. Ef bráðin er „hörð“, hefur gegnumbræðsla aðeins orðið að hluta til eða alls ekki.

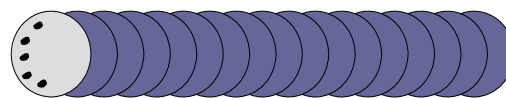
3. Hægt er að sjá eins konar „hvirflamyndun“ í köntum suðupollsins.

Þetta getur sem sagt verið svolítið erfitt, en með æfingu og hjálp kennarans er þetta ekki óyfistíganlegt!

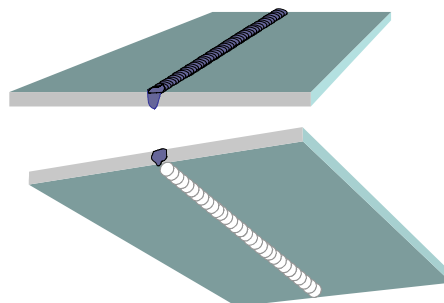
### Sýndu þolinmæði!

Til að vera viss um að plötukantarnir bráðni, er hægt að pendla dálítið með suðubyssunni. Notið lítilsháttar U-laga hreyfingar.

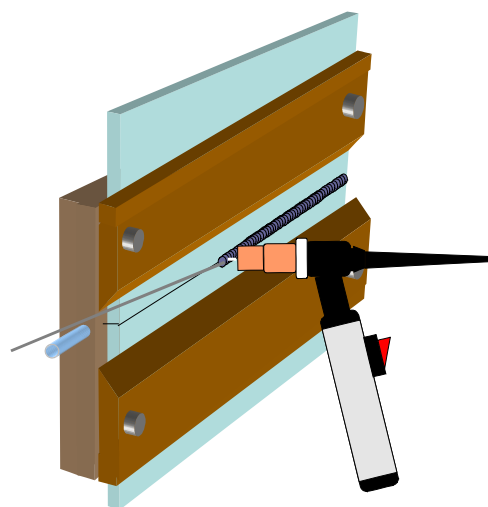
Eftir suðuna á að skoða árangurinn báðum megin á vinnslustykkinu.



Litlir snúandi blettir í fremri kanti suðupollsins geta verið vísbending um gegnumsuðu, en það er ekki öruggt merki.



Skodið árangurinn vandlega báðum megin.



Setjið plöturnar í bakgasbúnað og festið í stöðustilli.

## 3. Stúfsuða í I-rauf (WPS T3P-3-A)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og hlífðargas: eins og í síðustu æfingu.

Staða: PC



### Framkvæmið:

Æfing 3 er eins og æfing 2, með þeim mun að suðustaðan er PC (í hlið).

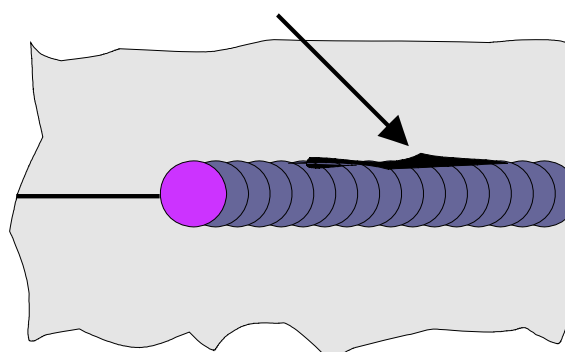
Setjið plöturnar í bakgasbúnaðinn og festið í stöðustilli.

Punktið plöturnar saman. Ef um ryðfríar plötur er að ræða á að nota bakgas allan tímann, frá punktu þar til suðu er lokið.

### Hvað getur farið úrskeiðis?

Algengur galli í þessari stöðu er kantsár að ofanverðu. Vandamálið hefur komið upp áður, og lausnin er ennþá að mata suðuefninu í ofanverðan suðupollinn.

Halli suðubyssunnar hefur einnig ákveðna þýðingu. Ef henni er beint upp á við, er hætt við að efri platan hitni of mikið og kantsár myndist á henni. Beinið suðubyssunni hornrétt á suðuna (þ.e. engan hliðarhalla á suðubyssuna).



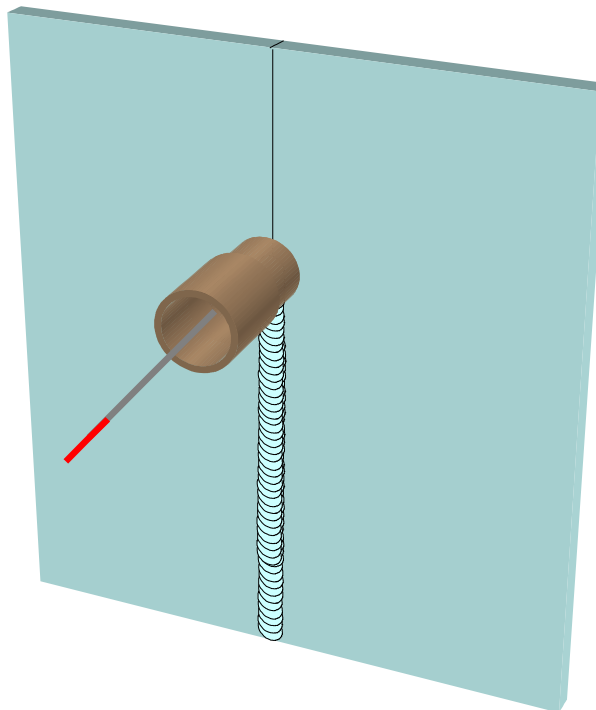
Forðist kantsár.

Skodið árangurinn. Suðan beggja megin á að vera jöfn og án kantsára. Hugið einnig að bakgashlífinni. Kúfurinn rötarmegin á að vera glansandi eins og krónupeningur. „Efri“ hliðin helst koparlituð.

## 4. Stúfsuða í I-rauf (WPS T3P-4-A)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og hlífðargas: eins og í síðustu æfingu.

Staða: PF



### Framkvæmið:

Þessi æfing er á sömu nótum og tvær hinar fyrri, en nú á að sjóða í stöðu PF.

Eins og alltaf á að undirbúa plötunna vandlega.

Punktið saman plötunna eftir leiðbeiningunum í suðuferilslýsingunni.

Festið vinnslustykkið í stöðu PF og byrjið að sjóða.

### Hvað getur farið úrskeiðis?

Sjóðið á sama hátt og áður í stöðu PF. Gætið að færsluhraðanum svo að góð gegnumsuða náist.

Skoðið að lokum árangurinn báðum megin plötunnar.

## 5. Stúfsuða í l-fúgu (WPS T3P-5-A)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og hlífðargas: eins og í síðustu æfingu.

Staða: PE



### Framkvæmið:

Þá er komið að síðustu æfingunni í þessum kafla, en hún er í stöðu PE (uppundir).

Festið vinnslustykkið í stöðu PE og hefjið suðuna.

Sjóðið u.þ.b. 75 mm og gerið hlé. Skoðið suðustrenginn.

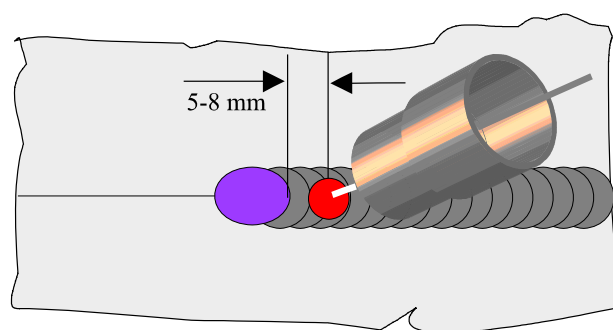
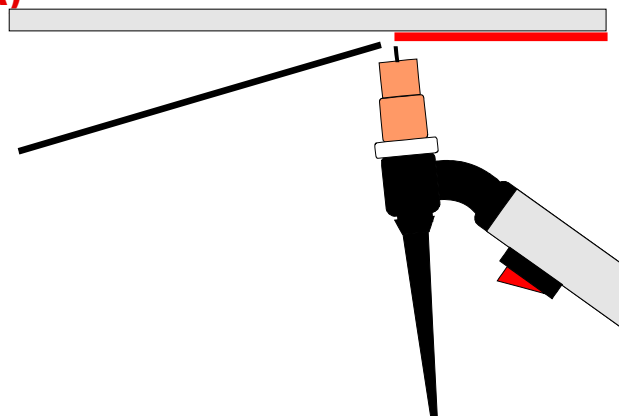
Við endurstartið á að kveikja ljósbogann u.þ.b. 5-8 mm inn á suðustrengnum. Hitið nægilega lengi til að fá jöfn skil við endurstartið.

Ef suðan er mjó og há verður að athuga nánar stillingu suðuvélarinnar og suðuhraðann.

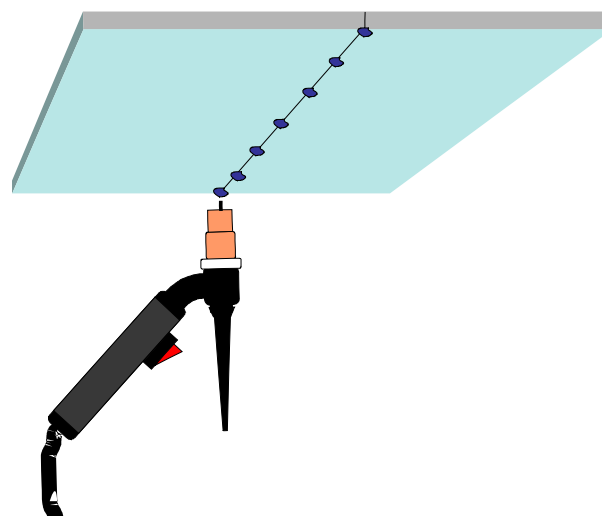
Ef pendlun er notuð, er ráð að mata suðuefnið inn í miðjan suðupollinn og bara pendla með suðubýssunni, eða mata suðuefnið þegar suðubýssan er úti í köntunum.

Þinn stíll við suðuna er, eða mun verða, einmitt: „Þinn eigin stíll“. Suðumenn vinna hver á sinn hátt. Það þarf ekki að þýða að þeir fylgi ekki fyrirmælum í suðuferilslýsingunni eða að þeir fari rangt að. Það er árangurinn sem gildir.

Skoðuðu vel báðar hliðar vinnslustykkisins til að meta árangurinn.



Við endurstart – byrjið að hita upp aðeins aftan við suðugíginn.





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

### 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 staðalinn ÍST-EN 287, eru þær ljósbogasuðuaðferðir sem teljast handvirkar sem og þær sem eru hálfsjálfvirkar.

**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.

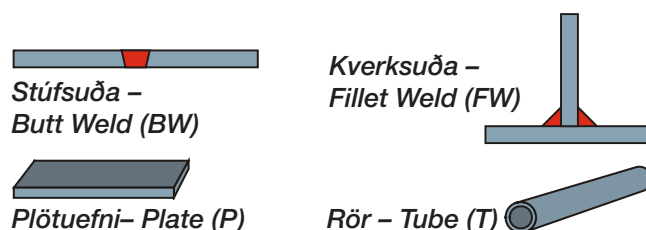
#### Suðuaðferðir

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 ratarstuðnings o.s.frv. kemur fram í eftir-farandi 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 ferlis-próf samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1, vísast til kaflans um WPS.

**Flokkur W 01.** Óblandað stál með lágu kolefnis-innihaldi (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 varmaaflfræðilega meðhöndlað, með flotstyrk,  $R_{eH}$  yfir 355 N/mm<sup>2</sup> og einnig samsvarandi suðuhæf nikkellstál með 2-5% nikkelinnihaldi.

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

**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 rörlþvermála sem notuð eru í framleiðslunni.

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

Efnisþykkt eða þvermál þarf ekki að mæla nákvæmlega, það er miklu frekar hugsunina að baki málunum 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.

Dæmi: Próf soðið í 12 mm plötu gildir fyrir efnisþykktir

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): $3 - 1,5t$	

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 plötusúðupróf (allar suðustöður).

## Suðuefni

Húðaðir rafsuðupinnar eru flokkaðir eftir hulugerð sem hér segir:

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| <b>A</b> Súrur (járnoxíð) | <b>B</b> Basískir        |
| <b>C</b> Sellulósa        | <b>R</b> Rútl            |
| <b>RA</b> Rútl-súrur      | <b>RB</b> Rútl-basískir  |
| <b>RC</b> Rútl-Sellulósa  | <b>RR</b> Rútl, 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'	○		○	○	*

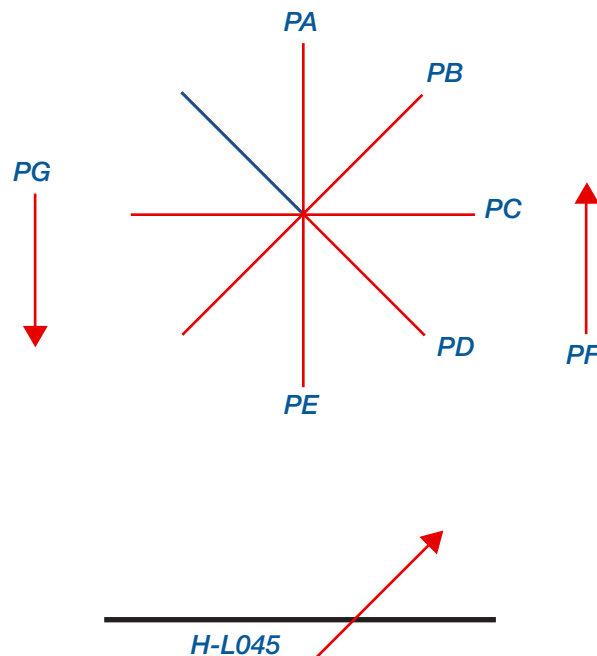
<sup>1</sup>S Próf með pinna í S flokki gildir aðeins fyrir þá sérstöku gerð sem notuð er í prófinu.  
 \* Sýnir pinnagerð sem notuð er við suðupróf.  
 ▲ Sýnir þær pinnagerðir sem gildissvið prófsins einnig nær yfir.  
 ○ Sýnir þær pinnagerðir sem gildissvið prófsins nær ekki yfir.

## Hlífðargas og duft

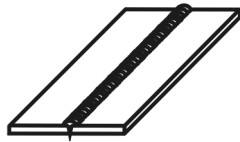
Skipta má um hlífðargas og duft. Hinsvegar ef skipt er frá virku í óvirkt hlífðargas eða öfugt þarf nýtt suðupróf.

## Suðustöður

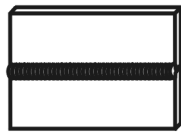
Í þessum staðli er miðað við suðustöður ásamt halla og snúningshornum samkvæmt myndinni og í samræmi við ISO 6947. Suðustöður og hallar í suðuprófi eiga að vera sem líkast því sem gerist í framleiðslunni.



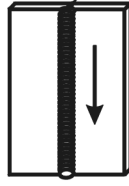
**STÚFSUÐUR**



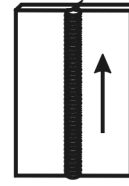
PA Lárétt niður



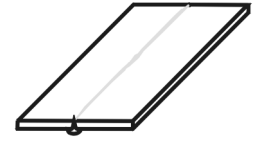
PC Í hlið / lárétt þilsuða



PG Lóðrétt fallandi

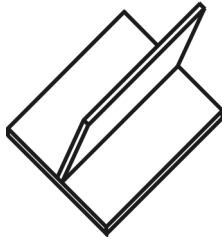


PF Lóðrétt stígandi

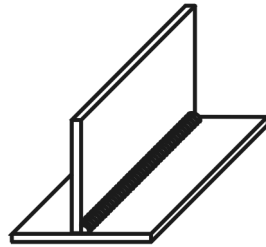


PE Uppundir

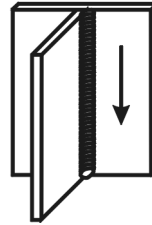
**KVERKSUÐUR**



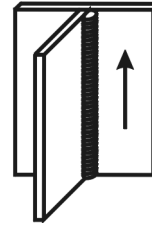
PA Lárétt niður



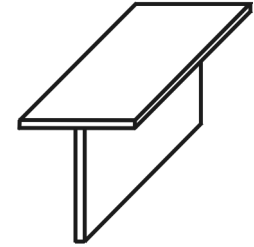
PB Standandi kverksuða lárétt



PG Lóðrétt fallandi

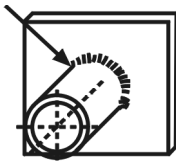


PF Lóðrétt stígandi

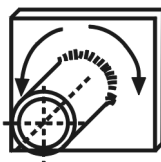


PD Standandi kverksuða uppundir

*Suðustöður í plötuefni*



PB Standandi kverksuða lárétt



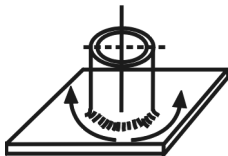
PG Lóðrétt fallandi



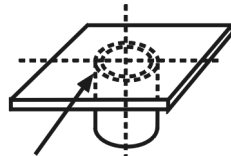
PA Lárétt niður



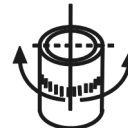
PG Lóðrétt fallandi



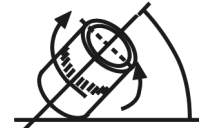
PB Standandi kverksuða lárétt



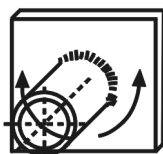
PD Standandi kverksuða uppundir



PC Í hlið



H-L045 45°halli stígandi suða



PF Lóðrétt stígandi



PF Lóðrétt stígandi

*Suðustöður í rör*

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

**Skýring**

<sup>1)</sup> PB fyrir rör má sjóða á tvo vegu:  
 (1) Lárétt snúanlegt rör  
 (2) Lóðrétt fast rör

\* 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. mb	án rótarst. nb	með meitlun gg	án meitlunar ng	með rótarst. mb	án rótarst. 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 rótarst.	nb	◆	◆	◆	◆	◆	*

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 víðeigandi 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 víðeigandi 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 þjálfaður 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- aðferð	Stúfsuður plötuefni	Stúfsuður rör	Kverksuður
Sjónskoðun Gegnumlýsing	* *(1)(5)	* *(1)(5)	*
Beygjuprófun	*(2)	*(2)	+
Brotprófun	*(1)	*(1)	*(3)(4)
Makróprófun (án pólerunar)	+	+	* (4)
Segulduft / 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.

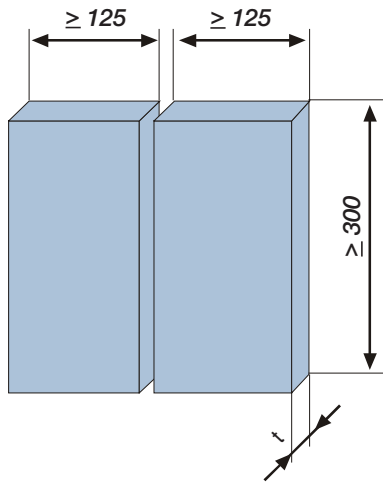
(5) Hljóðbylgjuprófun getur komið í stað gegnumlýsingar, en einungis við prófun á ferrítisku stáli með efnisþykkt  $\geq 12$  mm.

### Skýring:

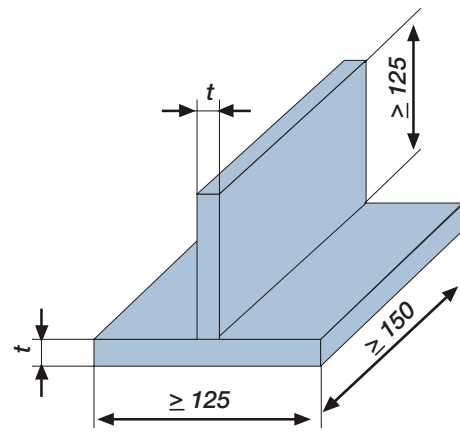
\* Sýnir að skylda er að nota prófunaraðferðina.

+ Sýnir að ekki er skylda að nota aðferðina.

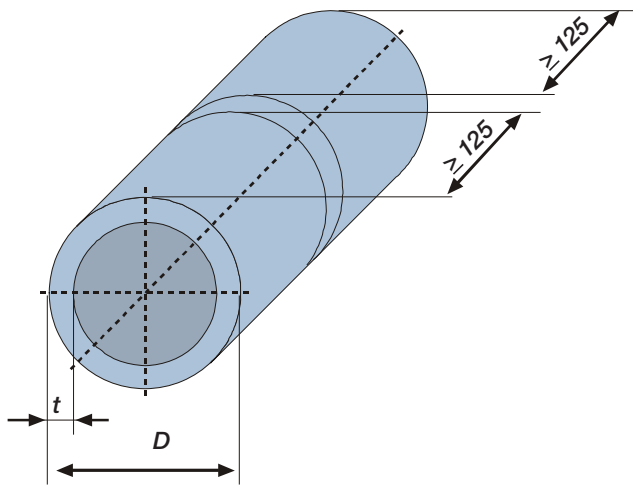
### Prófunaraðferðir



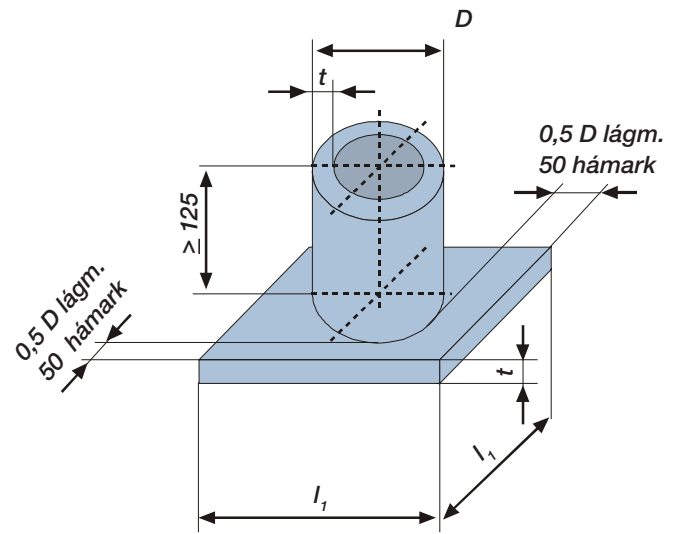
Mál prófstykkja fyrir stúfsuður í plötuefni (mál í mm).



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-ISO 15609-1 og ÍST-EN-ISO 15609-4.

### 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 ljósbogasuðu** 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 ljósbogasuðu** 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 framlengingu á vottorði suðumannsins.

## Hvenær og hvernig hefur IST-EN-ISO 156XX áhrif á suðumanninn?

Þegar taka skal fram samþykktu 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 / ÍST-EN ISO 156xx, sjá dæmi á næstu síðu.

## Samantekt yfir gerð suðuferilslýsinga, WPS

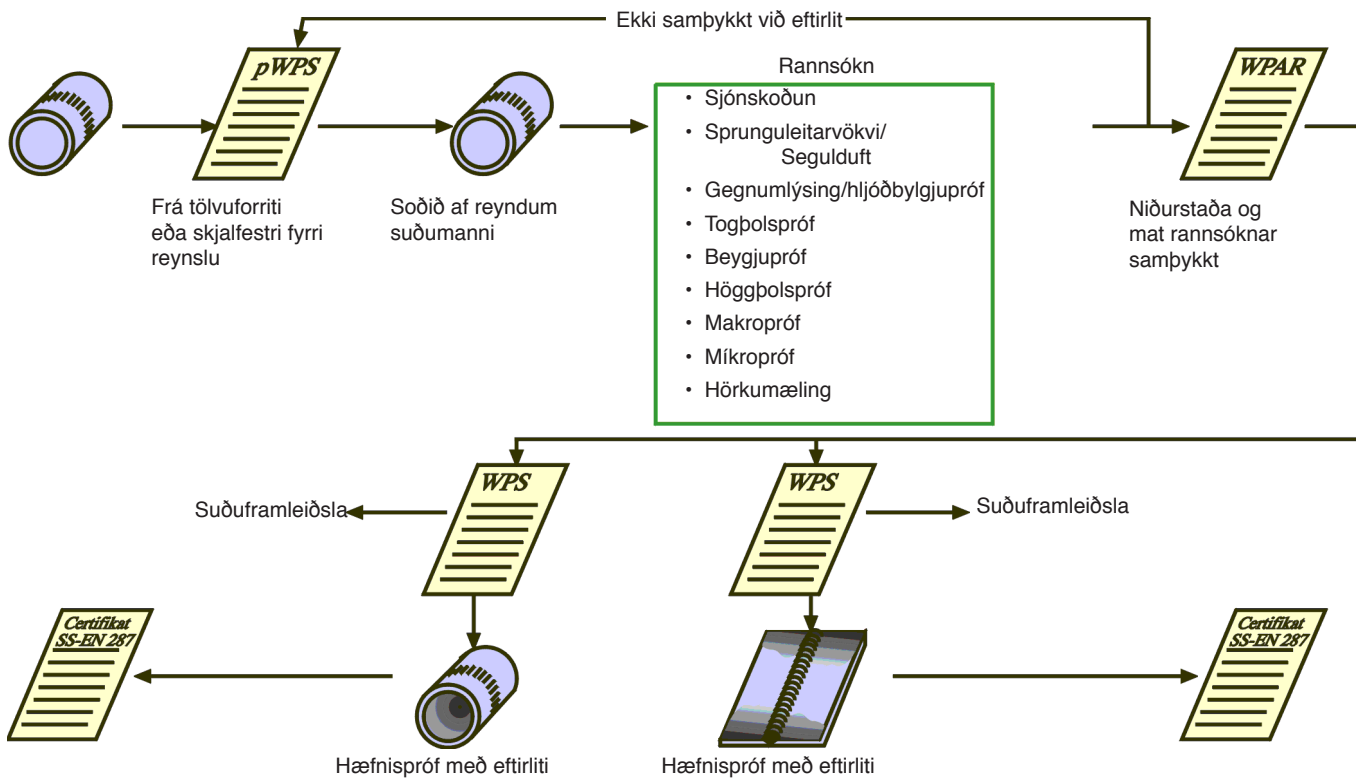
pWPS (ÍST-EN 288)

WPAR (ÍST-EN ISO 15614-1)

WPS (ÍST-EN ISO 15609-1)

### 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	Ferilspróf samkv. EN-288-3
W01	1
W02	4, 5, 6
W03	2, 3, 7 Þó ekki stál með 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: C = 0,24% Si = 0,55% P = 0,045% Mn = 1,60% Mo = 0,65% S = 0,045% 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:

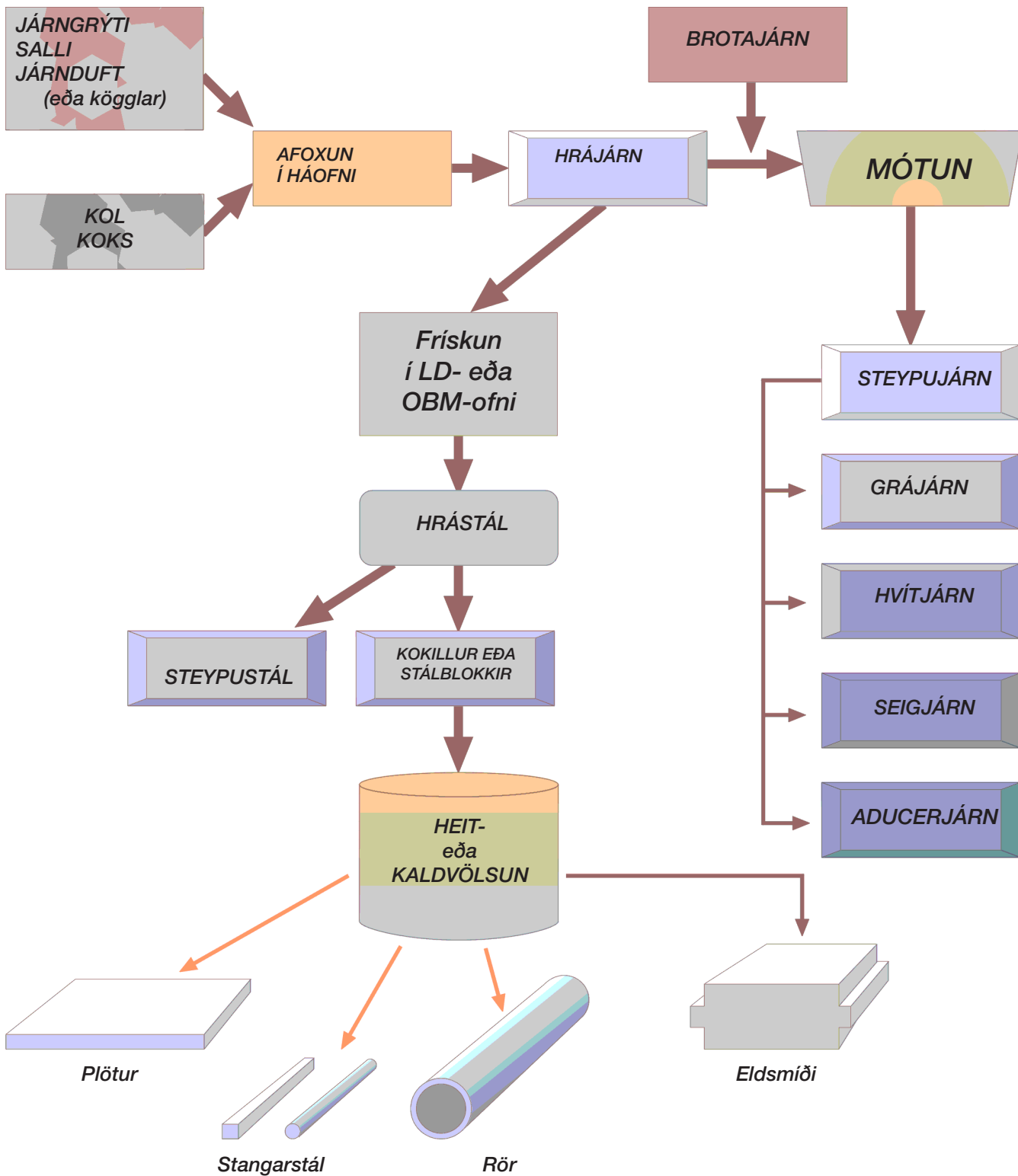
- Gæðastýring
- Gæðatrygging
- Rétt gæði
- Lægra verð á suðuvinnu
- Grunnur fyrir kostnaðaráætlanir
- Grunnur fyrir samningagerð
- Upplýsingar um suðuvinnuna
- Bætt samkeppnisstaða

#### HEIMILDIR:

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

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

## 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 *sindrun*.

### 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 upphitunni járnnoxíðinu fæst þannig járn.

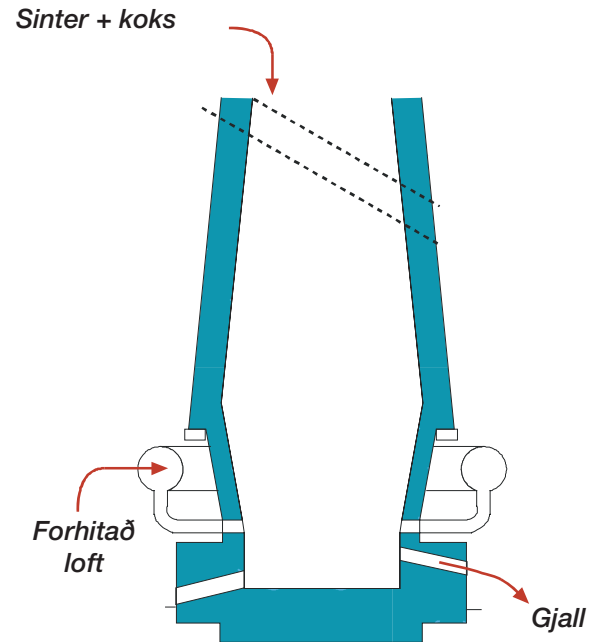
Það *hrájárn*, eða stangajárn, sem nú er fengið inniheldur býsna mikið af kolefni (ca. 3,5%), og þar að auki nokkurt magn kísils, mangans, fosfórs og brennisteins. Hlutfall þessara efna verður að minnka til þess að hægt sé að tala um *stál*. Öðru fremur verður að minnka kolefnið niður fyrir 1,7%.

### Framleiðsla stáls

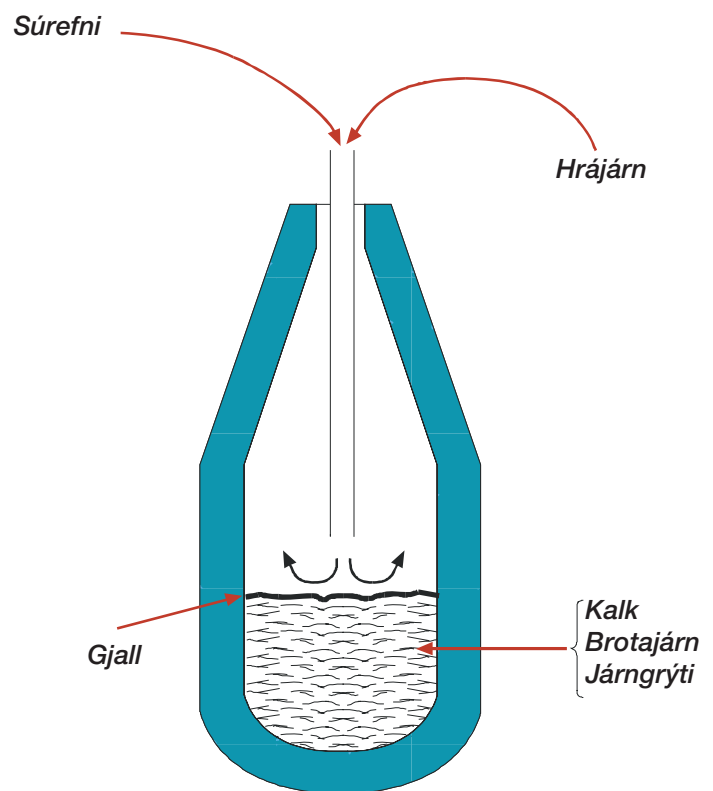
Til þess að fá nothæft stál er hrájárnið meðhöndlað með súrefni. Með súrefninu er bætt í t.d. kalki, til að mynda gjall. Þau efni sem á að fjarlægja bindast súrefninu sem oxíð og safnast fyrir í gjallið.

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, olfu 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 járnblendu sem er blanda íblöndunarefna og járns eða í hreinu formi.

## Stáldeiglur: Uppbygging Hugtakið hitameðferð Áhrif á eiginleika stálsins

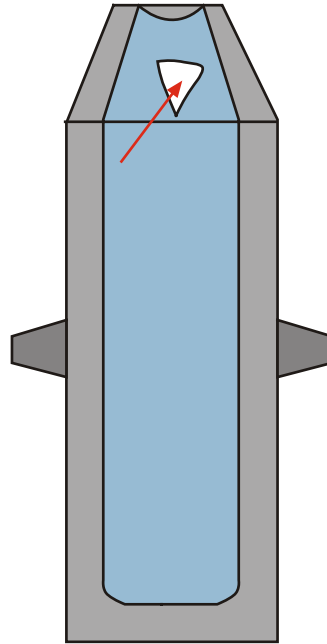
Þegar stálframleiðsluferlinu er lokið er eftir að koma bráðinni í fast form, í deiglur. Stálinu er tappað í form sem eru fóðruð með eldföstum tígulsteinum.

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

Stálgerðir sem hættir sérstaklega til að springa eru *stigmótaðar*. 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*.

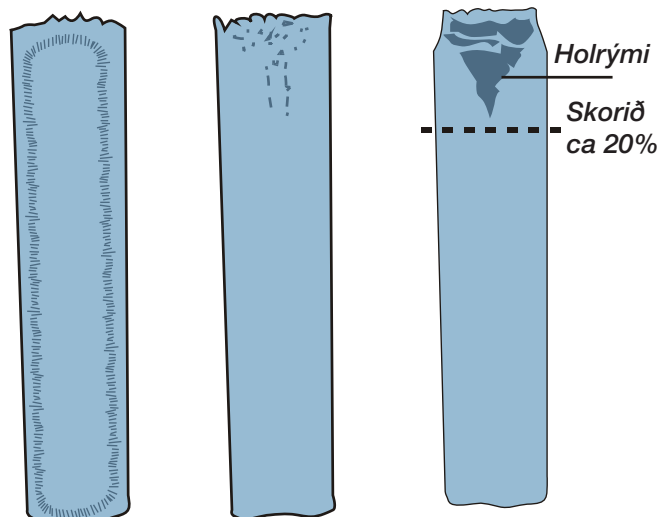


Deigla úr þéttu stáli. Takið eftir holrýminu.

### 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 deiglan nothæf til frekari úrvinnslu.



Frá vinstri: ópétt, hálfþétt og þétt stáldeigla.

### Hálfpétt (hálf róað) stál

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

## 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 smíðaeefni.

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.

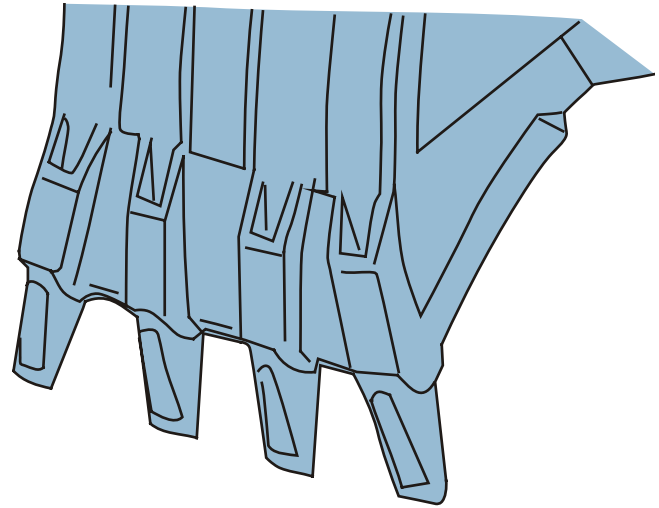
Eiginleikar steypustáls eru nokkuð lakari en hjá völsuðu stáli, en valsaða stálið er mun seigara og hefur hærri brotmörk en t.d. grájárn.

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

## Plötuvölsun: eftirlit með þykkt og sléttleika

Við völsun er gerður greinarmunur á *kaldvölsun* og *heitvölsun*. Við heitvölsun 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.

Heitvölsunin gerir það ekki bara að verkum að

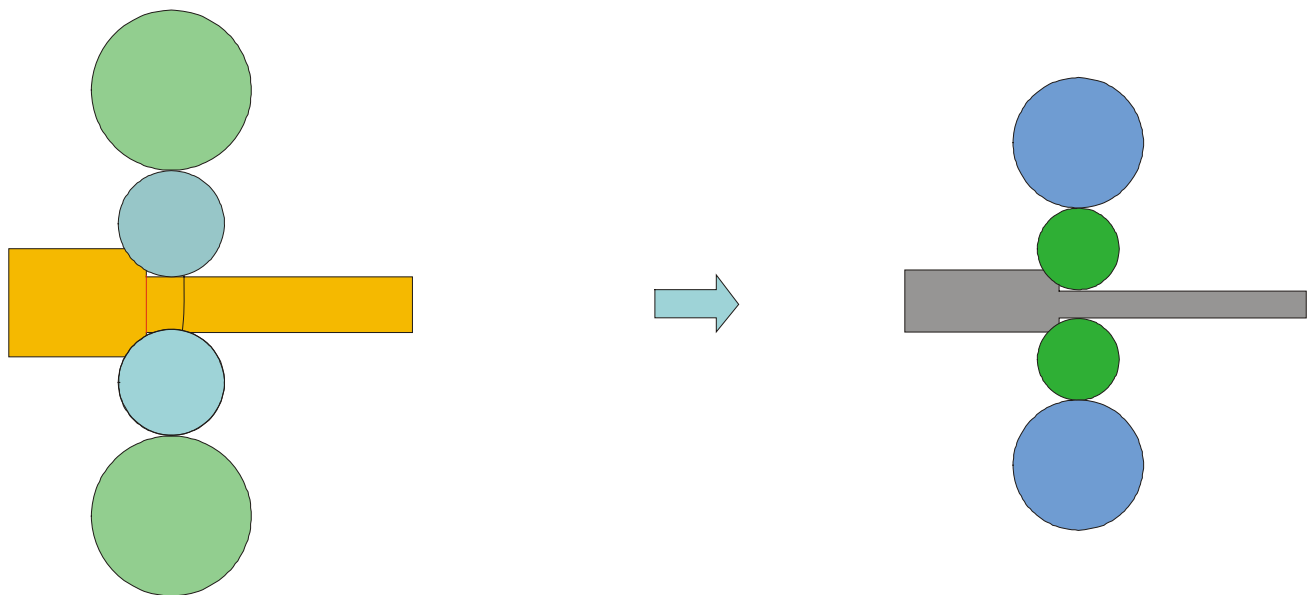


Gröfuskófla með tönnum

auðveldara er að forma stálið, heldur eykur aðferðin jafnvel gæði stálsins. Það grófkornotta stál sem myndaðist í deiglunni fær nokkuð fíngerðari uppbyggingu við meðferðina og verður við það seigara.

Framhald heitvölsunarferlisins er kaldvölsun. Með heitvölsun 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. heitvölsun. t. h. kaldvölsun.



## Formvölsun: eftirlit með málum og formi

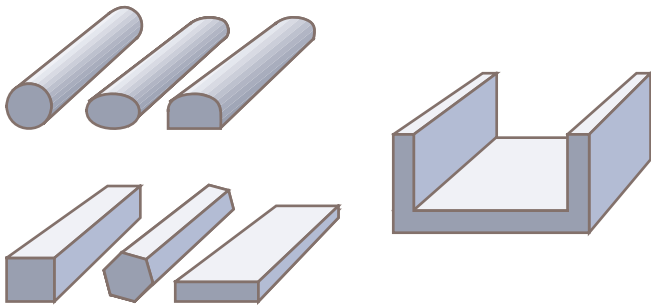
Það eru ekki bara plötur sem eru valsaðar. Margar gerðir stangaefnis eru framleiddar og notaðar við mannvirkjagerð af ýmsu tagi. Það geta verið bitar, sívalt, ferkantað eða flatt stangaefni, sívöl eða ferköntuð rör.

Við framleiðslu á plötum og flatjárnri 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 þverskurðarsniði: Sívalt, sporöskjulagað, hálfsporöskjulagað, ferningslagað, fer-, sex- og áttkantað.

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

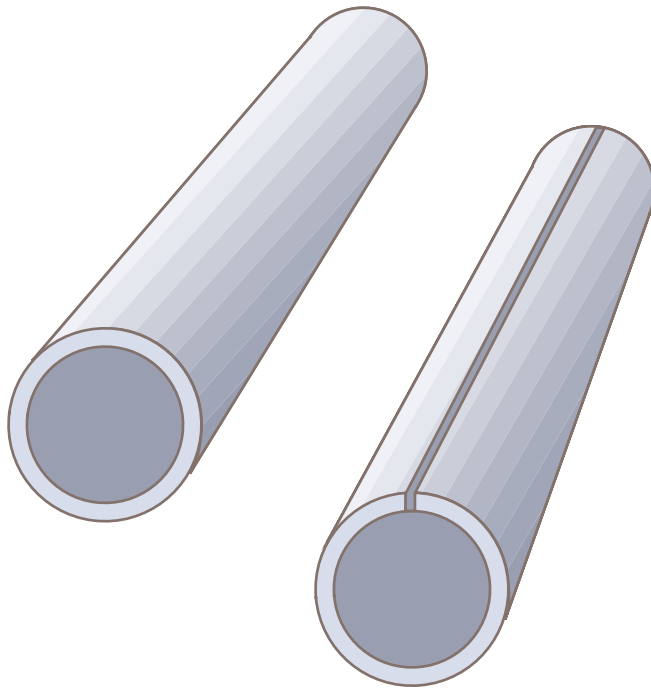


Stangaefni með ólíka lögun.

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*.



Heildregið rör til vinstri og soðið rör til hægri.

Ein leið til að framleiða heildregin rör er að glóðhita 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 bún til.

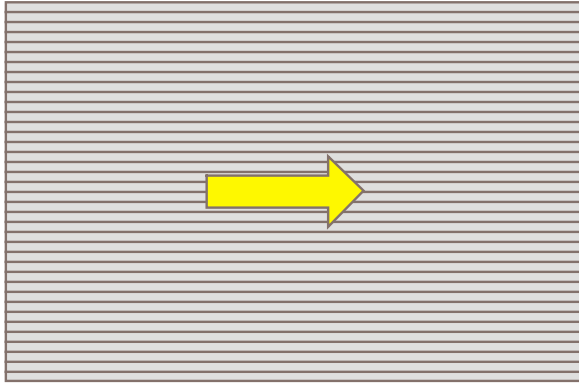
Soðin rör eru gerð úr stálræmum sem eru beygðar eða valsaðar í rörform. Síðan eru samskeytin soðin með heppilegri suðuáferð.

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

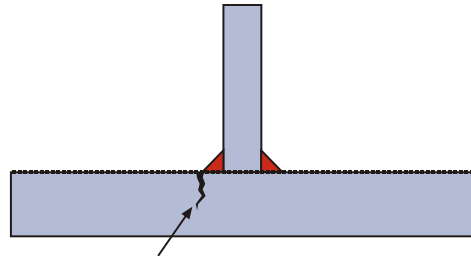
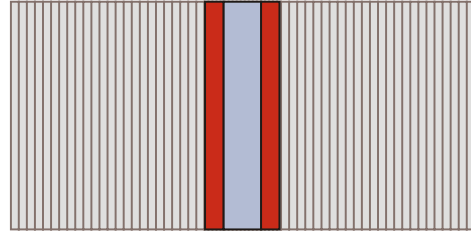
Afbrigði af t.d. ryðfríum rörum er einnig hægt að spíralsjóða. (Meira um röraframleiðslu í E 6.2.1.)

## Yfirborðseiginleikar í völsuðu efni

Valsað efni er afhent annaðhvort sem kald- eða heitvalsað. Hægt er að sjá mun á kald- og heitvölsuðu efni, þannig er kaldvalsað efni gljáandi en það heitvalsaða 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 ferin 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 Materiallära 1993.

*MNC handbók nr 4 – Stál*. Metallnormcentralen-SIS 1986.

## M3.2.3 Suðuskeyti á plötum (E3.2.3, T3.2.3)

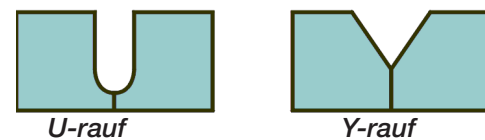
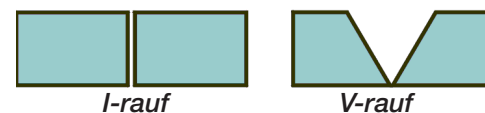
### Suðugerðir: stúfsuða, kverksuða og horn.

Suða er framkvæmd í margar ólíkar raufargerðir og stöður. Segja má að suðurauf sé „formað svæði fyrir suður“, og fylgja þær ákveðnu kerfi.

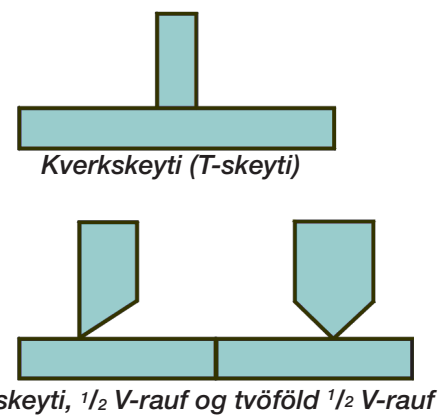
*Stúfsuður* er það kallað þegar báðir hlutar vinnslustykkisins eru að mestu í sama plani.



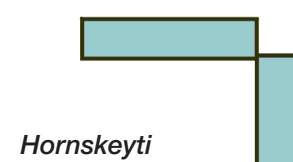
Það eru til margar mismunandi stúfsuðuraufar, eins og I-rauf, V-rauf, tvöföld V-rauf, U-rauf, Y-rauf ásamt hálfraufum þar sem aðeins er gerð rauf á annan hluta vinnslustykkisins.



*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.

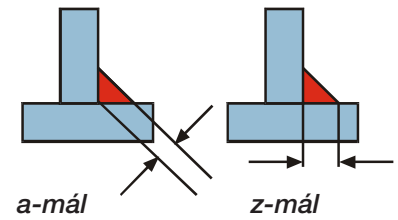


Hornsuður eru, eins og nafnið gefur til kynna, soðnar í/á horn.



## 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.

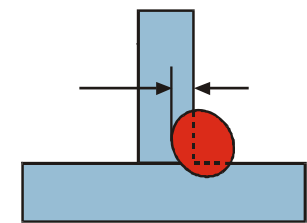
Í óblandað smíðastál, þar sem álagsþol hefur litla eða enga þýðingu, er hægt að leggja tiltölulega fáa og stóra suðustrengi. Þar sem kröfur um álagsþol eru miklar, getur það hins vegar verið afgerandi fyrir endanlegt burðarþol að suðum sé skipt upp í marga strengi.

Útlit og lögun suðunnar, eða yfirborðseiginleikar geta einnig haft áhrif á álagsþol suðuskeytanna.

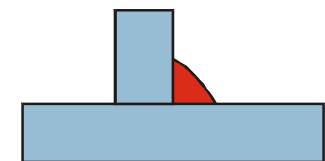
Mjög kúptar suður geta valdið hættu á sprungu-myndun sem verulega minnka álagsþol, sérstaklega þreytuþolið.

Ávallt skal reyna að hafa kverksuður sléttar eða íhvolfar.

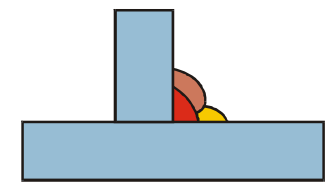
Ef það er gert myndast lítil eða engin spennuþjöppun við suðuskilin og hins vegar þarf enga eftirvinnslu til að bæta t.d. útlit suðunnar.



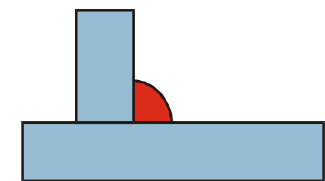
*Innbræðsla kverksuðu.*



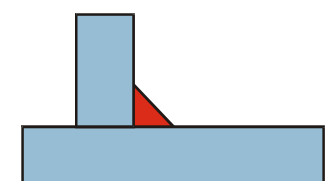
*Kverksuða getur verið gerð með einum streng...*



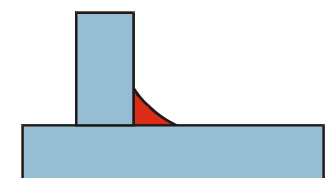
*...eða fleirum*



*Kverksuða getur verið kúpt...*



*...slétt...*



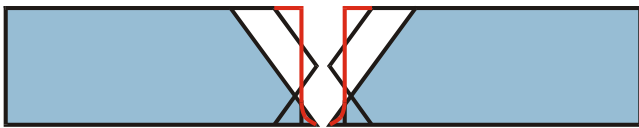
*...eða íhvolf.*

## Eiginleikar stúfsuðu

Eins og áður var nefnt getur skeytagerð stúfsuðunnar verið með ýmsu móti. Lögunin 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.



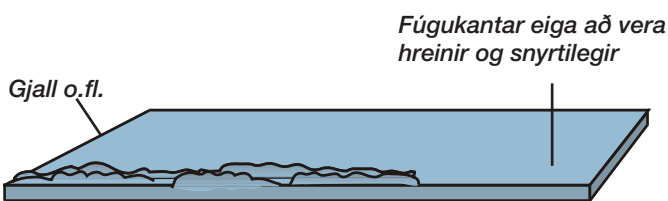
*Þverskurðarflatarmál raufarinnar veldur því að hagkvæmara er að nota tvöfalda V-rauf eða U-rauf þegar efnisþykktin verður meiri.*

## 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.

Einnig er algengt að skorið sé með plasma, sérstaklega



*Hreinsa verður gráður af fúguköntum vinnslustykkisins, sama með hvaða hætti fúguundirbúningur er gerður.*

í ryðfrítt efni. Það er alltaf mikilvægt að hreinsa gráður af raufarköntum vinnslustykkisins til þess að forðast óhreinindi í suðunni.

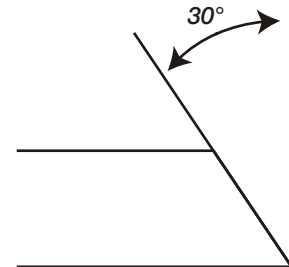
Ef raufin á að vera V-laga er algengt að skorið sé með gasi, sérstaklega í plötuefni. Gætið þá að því að gjall sé hreinsað burt og að gert sé við sár í yfirborði raufarinnar. Rétt stilling raufarhornsins er mikilvæg og

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 tilfellum er raufin formuð um leið og rörið er skorið í þar til gerðri rörskurðarvél.

U-fúgur eru renndar eða fræstar.

*Takið eftir raufarhorninu. Oftast er fösunin 30°, en það er ekki algilt.*



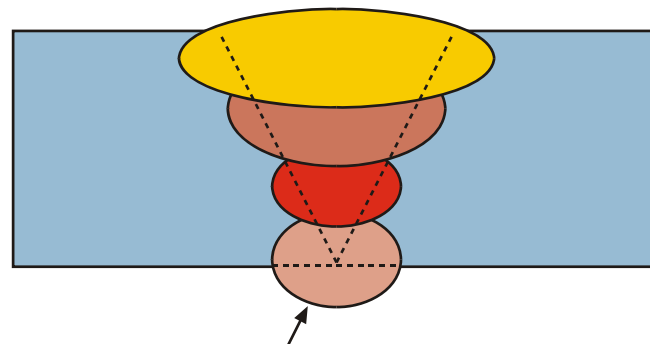
## Einstrengja- eða fjölstrengjasuða

Í þunnt efni er oftast soðinn einn strengur. Jafnframt því sem efnisþykktin eykst, fjölgar einnig suðustrengjunum, þar sem því fylgir aukin hætta 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 gjalleifar í suðunni.

Ef hægt er að komast að bakhlið suðunnar eru flestar stúfsuður soðnar með bakstreng, þ.e. að ratarhliðin er lögud 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.

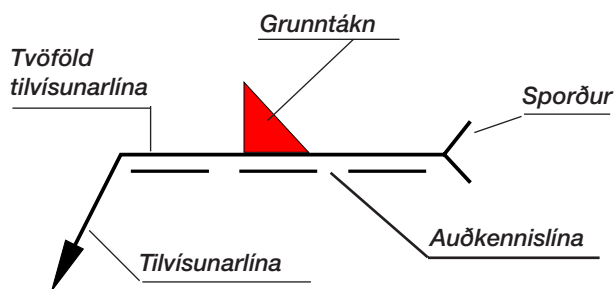
Ein og sama suðuskýring á að geta gefið upp:

- 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, ISO 2560, ISO 3581)

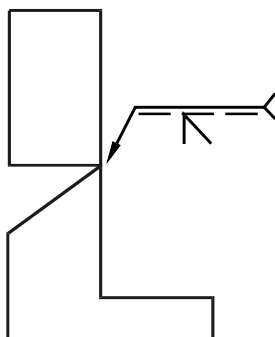
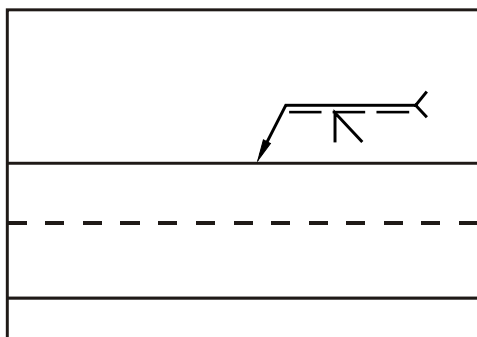
(1, 2, 3, 4) sýnir uppröðunina á sporðinum, upplýsingarnar á að skilja að með skástrikum.

Suðuskýring samkvæmt ÍST EN ISO 2553 inniheldur alltaf *höfuðlínu*, *tilvísunarlínu*, *grunntákn* og *sporð*.



### Tvöföld tilvísunarlína

Tvöföld tilvísunarlína er samsett úr hinna 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. Línurnar 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.

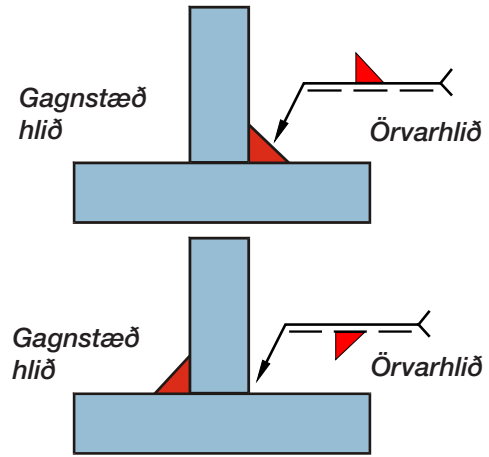
Í öðrum tilfellum hefur staða og stefna tilvísunarlínunnar gagnvart suðunni enga þýðingu.

*Hvað er átt við með „örvarhlið“ og „gagnstæð hlið“?*

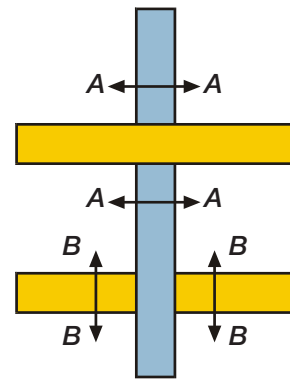
**Örvarhlið:** hér stendur suðutáknin á heildregnu línunni, sem þýðir að suðan á að sjóðast þeim megin sem örin bendir.

**Gagnstæð hlið:** hér stendur suðutáknin á strikálínunni, 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.



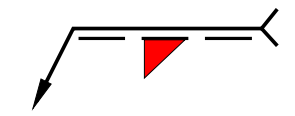
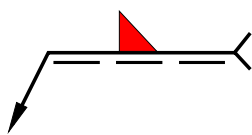
### Uppbygging tilvísunarlínunnar



Algengast er að strikálínan sé teiknuð undir heildregnu línunni. Ef strikálínan 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 strikálínunni 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 tilvísunarlínunna. Táknin geta verið eingöngu grunntákn eða haft með sér viðbótartákn.










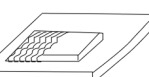

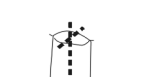






## Grunntákn

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 grunnefnið		

## 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.

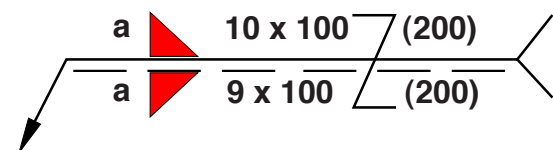
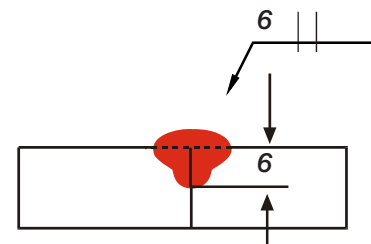
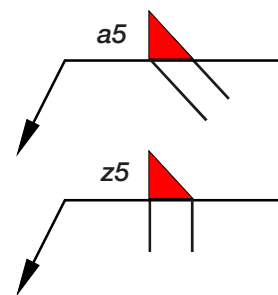
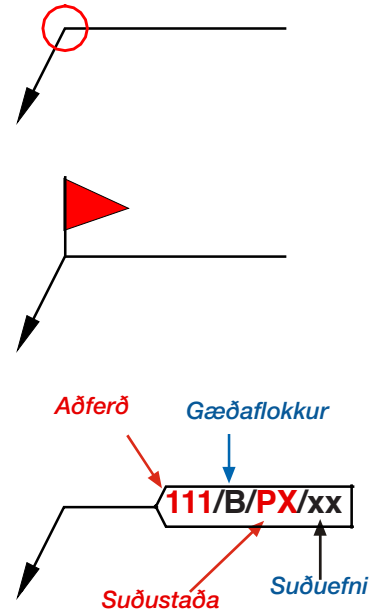
### Stærðarkröfur - stúfsuða

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 koma fram og er haft innan sviga. Við zikk-zakk suðu er bætt við stórri Z sem gengur í gegnum höfuðlínuna.



**Tvíhliða suða**

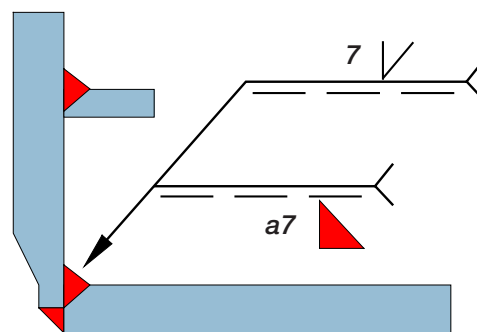
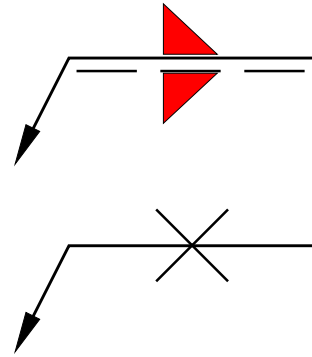
Þegar soðið er frá báðum hliðum eiga suðutáknin að vera beggja megin tilvísunarlínunnar, eitt á heildregna hlutanum og annað á strikalínunni.

**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.

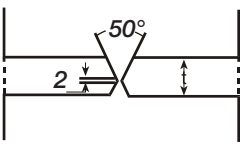
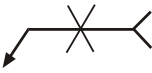
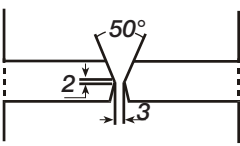

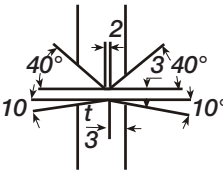
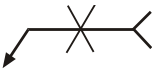
ÍST EN 287: Hæfnispróf suðumanna.

ÍST EN 288: Samþykki suðuferla fyrir málmsuðu.

### Framkvæmd suðunnar

Allar suðuupplýsingar eiga að koma fram á suðuferilslýsingu. Eftirlit skal haft með því að farið sé eftir suðuferlislýsingu. 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			
Suða	Fúgugerð	Suðutákn	Skýring
Plötuskeyti í hálfkúlum			Bakhliðin skorin upp með kolboga og slípuð.
Lóðrétt skeyti á hylki			Bakhliðin róthreinsuð. Fyrir vinnu með kolboga á að forhita grunnefnið í 100°C.
Lárétt skeyti á hylki			Bakhliðin róthreinsuð og slípuð. Grunnefni OX600. Forhita skal efnið í 100°C fyrir suðu eða vinnu með kolboga.

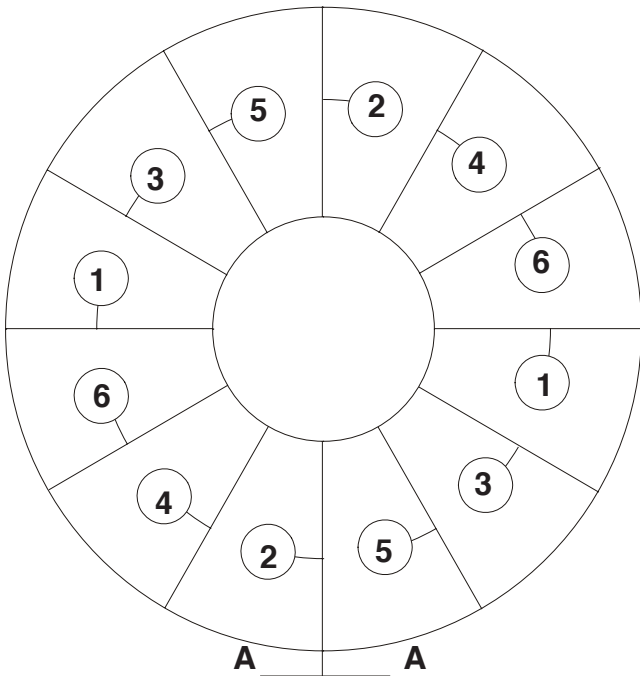
## Suðuröð

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 hreyfímöguleika. 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.



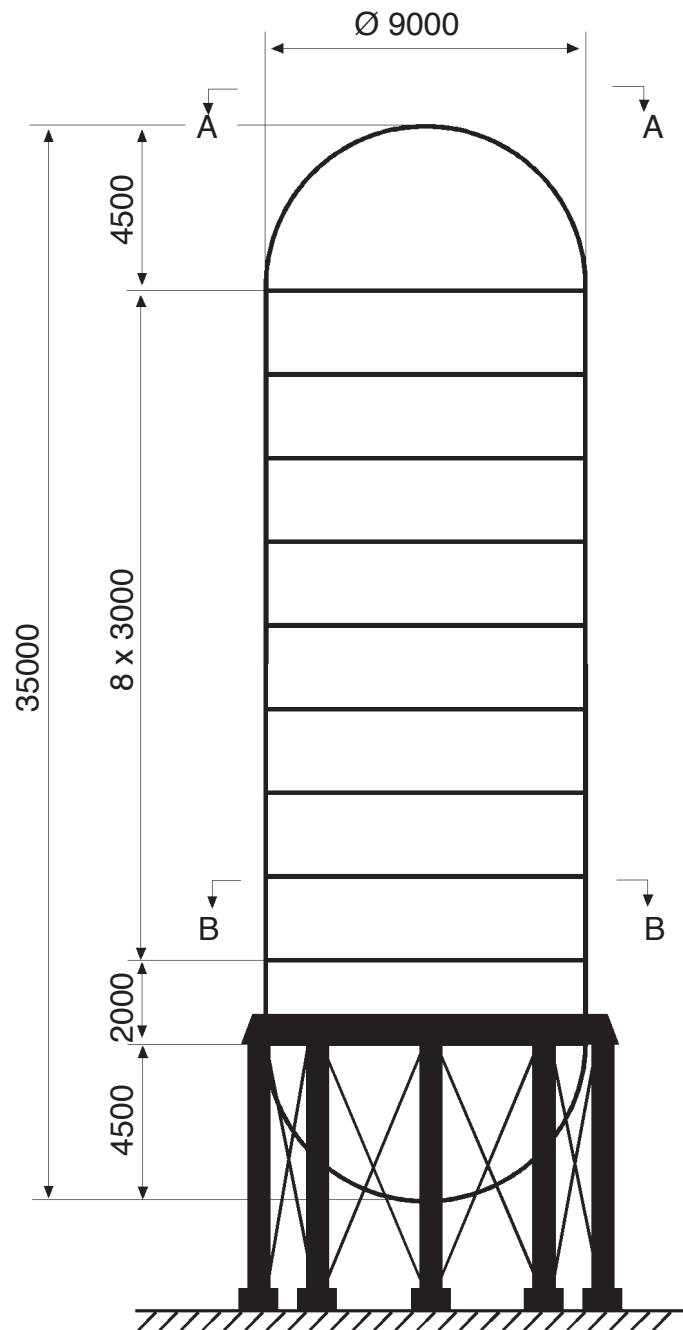
Mynd 1. Suðuröð fyrir hálfkúlu.

## Dæmi um hálfkúlu og sívalning

Eftirfarandi dæmi sýnir bestu suðuröð suðuskeyta á vatnsþrýstigeymi. Geymirinn er sívalur með hálfkúlulaga endum. Gert er ráð fyrir að plöturnar hafi verið afhentar tilbúna til suðu.

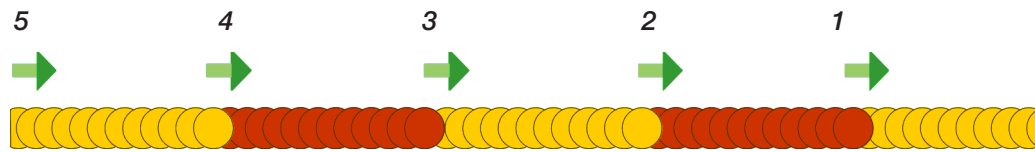
Plötunum, sem mynda eiga hálfkúlurnar, er stillt upp á sléttum fleti og punktaðar samkvæmt suðufelislýsingu.

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 bakskrefssoðnir.



Mynd. 3. Bakskrefssuða

Miðjuplatan er ekki sett á sinn stað fyrr en aðrar plötur hálfkúlunnar eru fullsoðnar. Þegar miðjuplatan er soðin er suðuröðin samkv. mynd 4. Rótstrengirnir bakskrefs-sjóðast. Millistrengir og toppstrengir eru soðnir sam-fellt, 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.

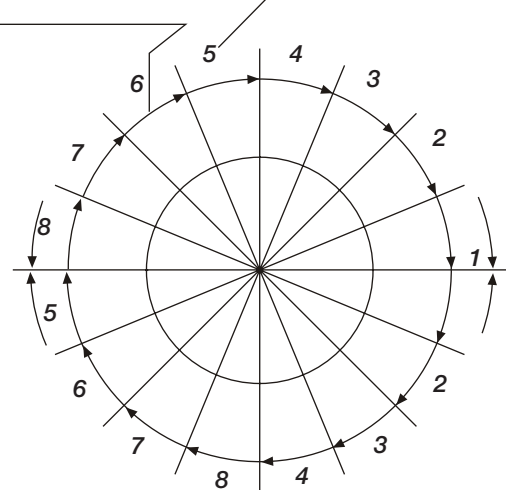
Plötur fyrsta hringsins í sívalningnum eru stilltar vandlega af á móti kanti hálfkúlunnar og eru punktaðar að utanverðu við hana og hver við aðra á lóðréttu skeytunum.

Lóðrétt skeyti fyrsta hringsins eru soðin í þeirri röð sem sýnd er á mynd 5.

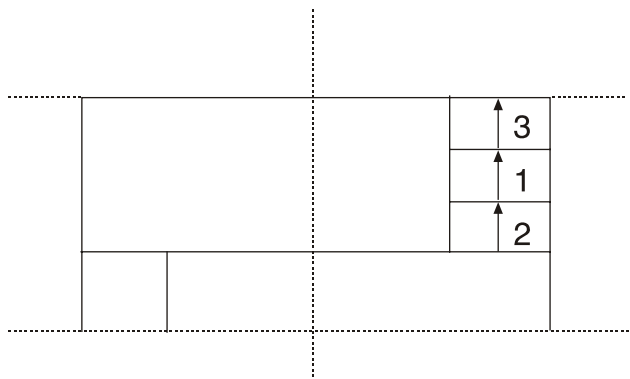
Láréttu skeytin milli neðri hálfkúlunnar og fyrsta hringsins eru soðin samhverft af fjórum suðumönnum samtímis og í þeirri röð sem sýnd er á mynd 6.

Milli- og toppstrengir

Rót- og bakstrengir



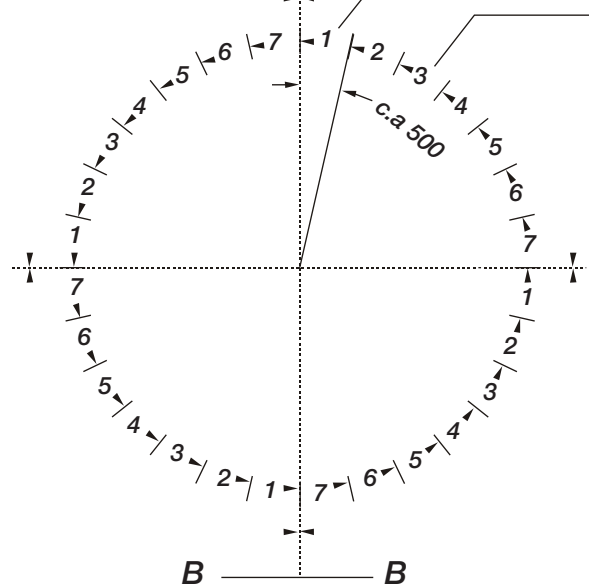
Mynd. 4. Suðuröð fyrir miðjuplötu.



Mynd. 5. Suðuröð fyrir lóðrétt skeyti.

Rót- og bakstrengir.

Millistrengir



Mynd. 6. Suðuröð fyrir lárétt skeyti.

Rótstrengir og bakstrengir eru bakskrefssóðnir. Aðrir strengir eru sóðnir 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 sóðins 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.

## T3.2.4 Grunnur að málmfræði stáls (E3.2.4, G2.2.4, M3.2.4)

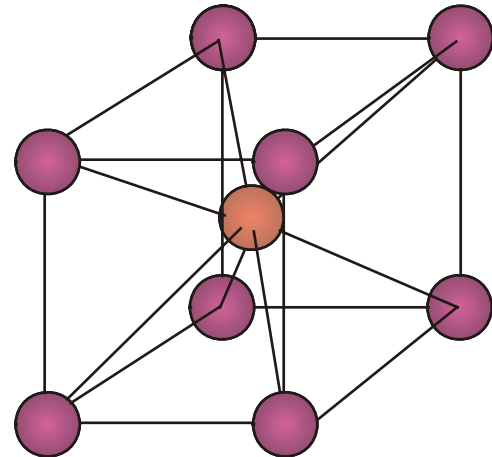
### Framleiðsla stáls

Í kafla M3.2.2. 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.



Miðfyllt bygging (BCC).

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.

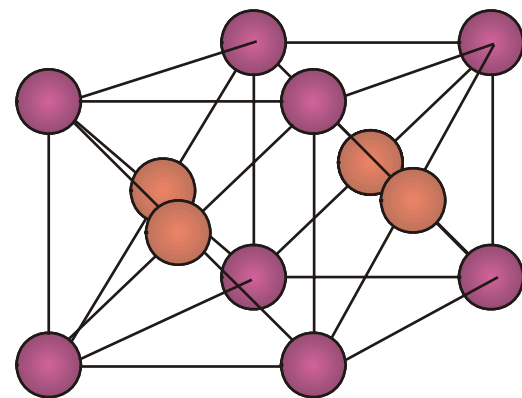
Og þá byrjum við upp á nýtt.

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 ferrít-perlít, og frá 0,8% kolefni og meira perlít-cementít.

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  $723^{\circ}\text{C}$

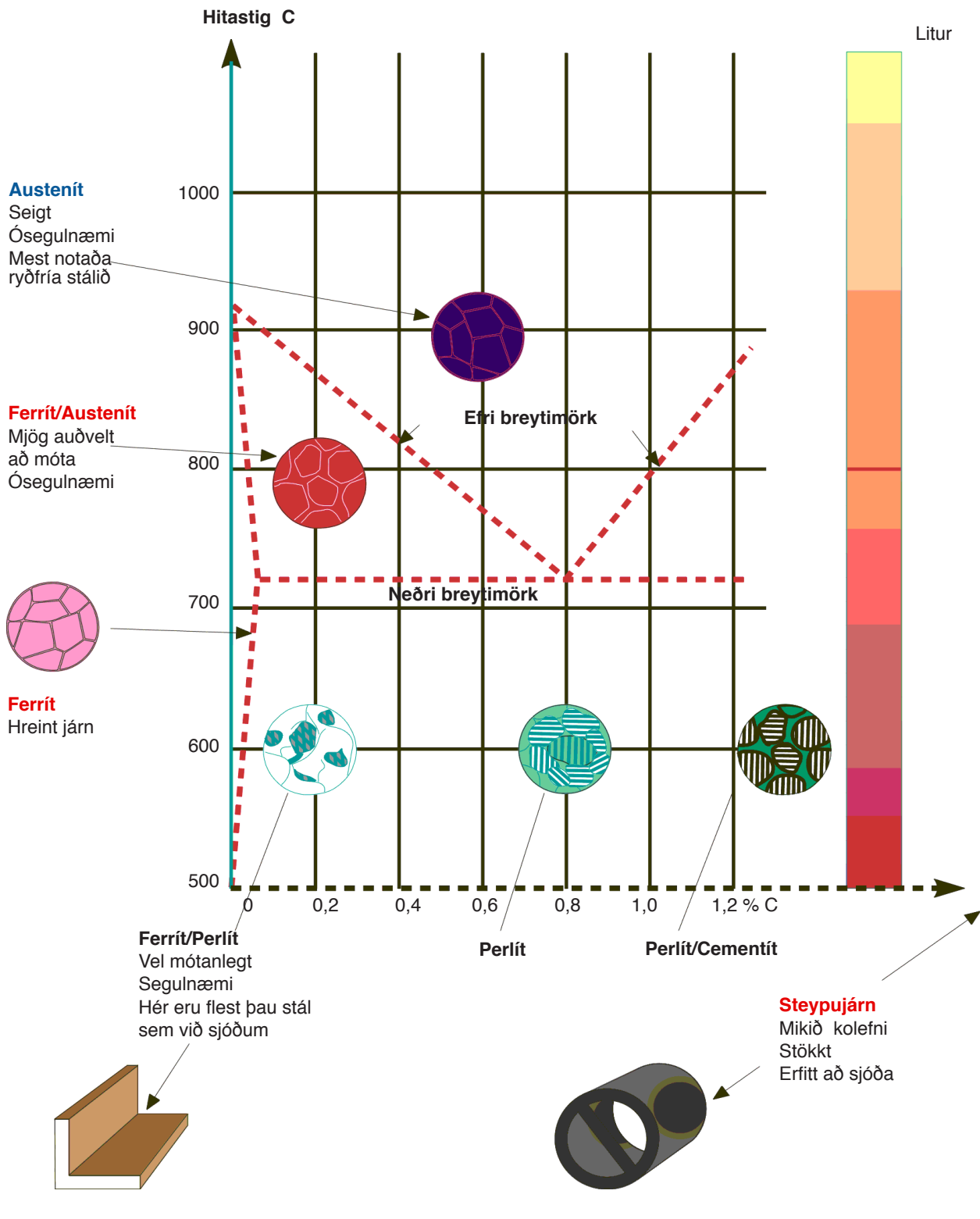


Flatarfyllt bygging (FCC).

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 ferrít-perlítvæðinu nær kolefnið, sem bundist hefur við upphitunina, að dreifa sér og efnid 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 sjálfsgöðu.

Þegar við sjóðum í vinnslustykki úr stáli á sér stað allt heila breytingaferli járn-kolefnislínuritsins fyrir framan okkur, þótt það sjáist ekki!

Við ljósbogasuðu er farið yfir bæði ferrít-perlít 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 efnid kælist hratt. Bæði suðumálmurinn og efnid 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 óblandaðs 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 brotamálmi sem er notaður við stálframleiðsluna. Þrátt fyrir hið lága hlutfall þeirra, nokkra þúsundustu hluta, geta þau haft mikil áhrif á eiginleika stálsins.

## Flokkun

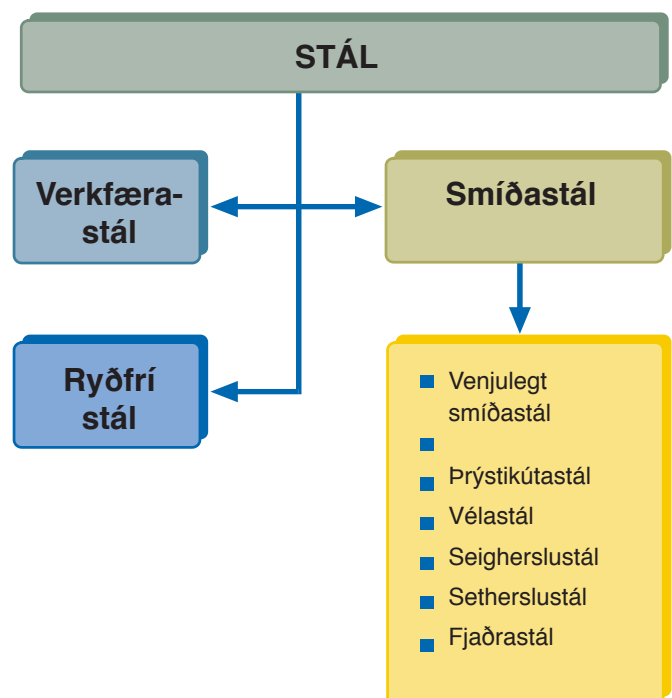
Stáli er skipt í þrjá flokka eftir notkunarviði:

**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, hnífa 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 molybden sem íblöndunarefni.

Við notum oft hugtökin smíðastál, verkfærastál osv. fr., en þau lýsa frekar notkunarviði 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 álagsþol.

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 álagsþol en stál sem ekki er hitameðhöndlað og einnig hefur það mun hærra álagsþol 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.

Krómg 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 míkroblönduð með níob, títan eða bór og eru oft notuð

í olíu- og gasleiðslur. Þykkt TMT-stál, allt að 120 mm, er oft notað í olíuborpalla 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 skriðdrekaþrúmu er að mestu leyti TMT-stál.

## Kaldmótunarstál

Kaldmótunarstál er framþróun ákveðinna kol- og kolmanganstálgerða, ásamt míkroblönduðu 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 valsáðar plötur eða flatstangir. Það hefur betri beygjuhæfni en eldri stálin (þolir minni beygjuradíus) og tiltölulega lág brotmörk en mikla brotlingingu.

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 málmum

Herslueinkenni geta oft komið fram við framleiðslu og eftirvinnslu flestra málna og er það vegna þess að málmar hafa sjaldan hina fullkomnu uppbyggingu.

Það koma fyrir ýmsir gallar (brestir) í málmum, 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.

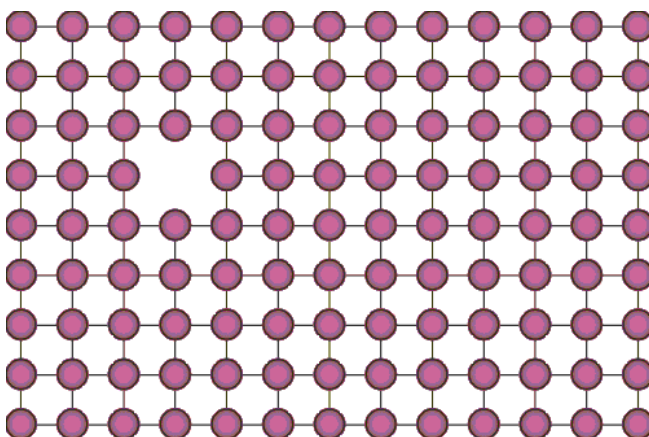
Ef efnið verður fyrir tog- eða þrýstispennu getur það smám saman leitt til sprungumyndunar.

*Óbodin 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.

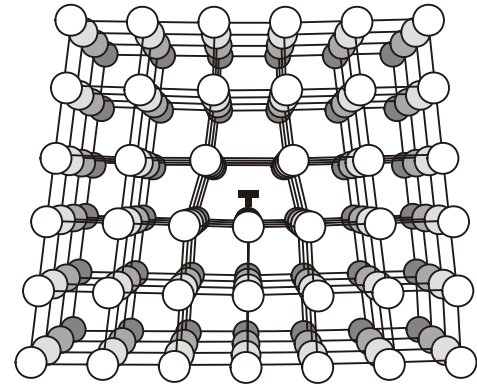
Enn ein gerð galla eru *misfellur*, en það má segja að þær séu duttlungar náttúrunnar. Þeim er hægt að lýsa sem aukalagi af atómum sem getur tekið enda hvar sem er í kristallinum.

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!

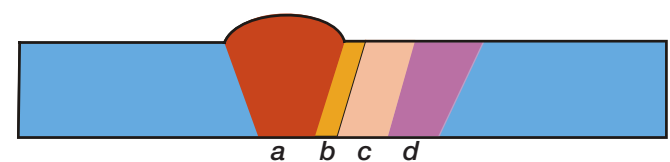
En gallarnir eru til staðar, og ef við viljum fá sterkara efni verður að losna við gallana með einhverjum hætti.

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.

**Formbreytingarsvæði (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.

Eir er hægt að blanda með zinki á þennan hátt og verður þannig að messing sem er mun sterkara efni.

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.)

**Eykur flotstyrk – minnkar seigluna**

**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*.

Íblöndunarefnum 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.

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 efnisuppyggingu.

**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.

**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.

**Fráskiljuherslalsameindahersla**

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 látnar 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 málmarnir 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 spennan 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



## T3.2.5 Suðuhæfni stáls (E5.2.1, M3.2.5, 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 efnasamsetningu sinni. Það er hægt að sjóða þau með öllum suðuadferðum 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, olíuborpalla, 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 ferilsýsingum til þess að álagspolið 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.

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 suðuadferð sem er án þess að álagspól 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 ljósbogasúðu hitnar efnid mikið. Það er jú í eðli suðunnar að bræða saman hluta vinnslustykkisins, á einn eða annan hátt.

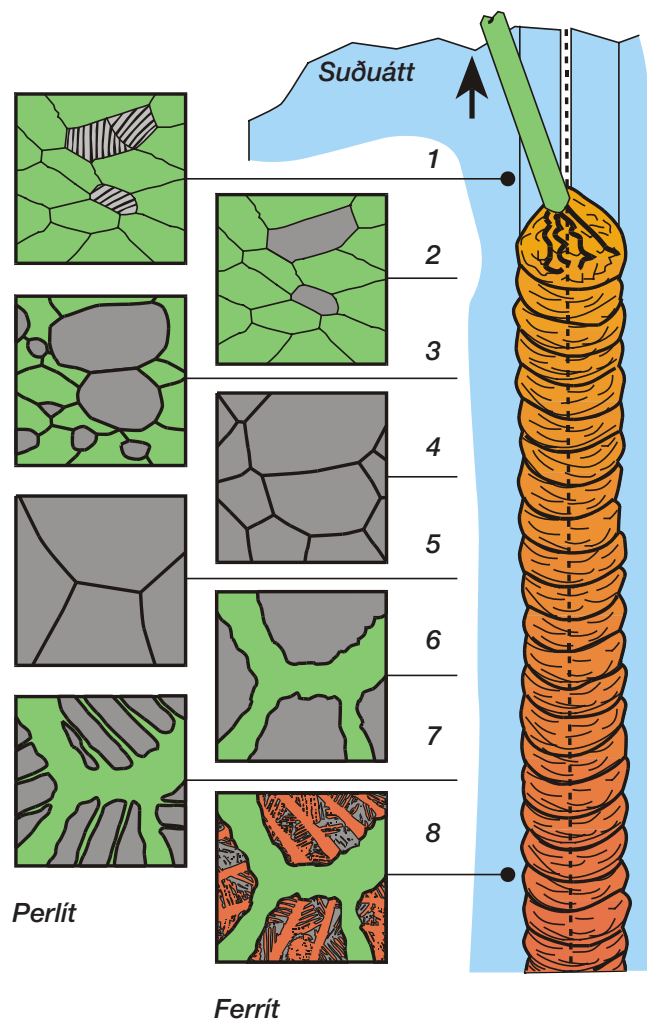
Hinn hái hiti veldur miklum breytingum á eiginleikum stálsins. Í járn-kolefnisgrafinu er hægt að fylgja eftir ferlinu, frá hinum miðfyllta ferrít-perlít-kristalli við stofuhita, hinum flatarfyllta austenít-kristalli við ca. 850°C og smám saman að bræðslumarkinu, sem fyrir járn er 1.536°C. Ennþá gerist 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 *ferrít*nálar 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*.



Perlít

Ferrít

## 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 *austenítinu* – að mynda *cementít*flögur, 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 mismunandi, en það skapar ólíka eiginleika í suðuskeytunum.

Kristalagerð	Harka (Vickers)	Lenging (upb) %
<i>Ferrít</i>	90	50
<i>Perlít</i> í flögum	275	15
<i>Martensít</i>	850	0
<i>Cementít</i>	1.300	0

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.

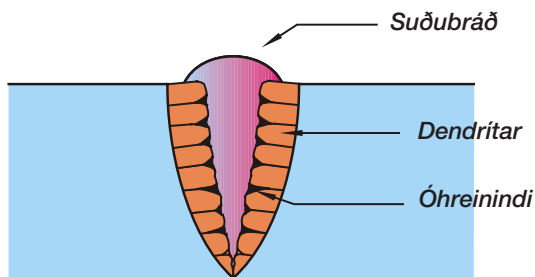
Þegar hitastigið fer undir u.þ.b. 900°C, byrjar *austenítið* að breytast í *ferrít* og *perlít* (eins og á myndinni fyrir ofan) og hin endanlega uppbygging verður eins og við stig 8 á myndinni.



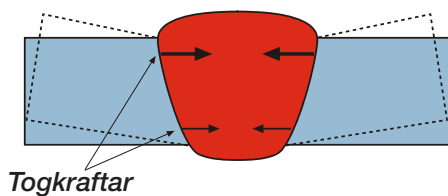
## Hvað gerist í suðunni?

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 austenít-kornum, s.k. *dendritum*.

Austenítar sem hafa afar litla tilhneigingu til að taka til sín óhreinindi þrýsta þessum dendritum 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 afgangi.

## 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 málmefta sem, við ákveðna notkun ákveðinnar suðuaðferðar í ákveðnum tilgangi, leiðir til þess að hægt er að

skapa samfellda 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 forðast 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:

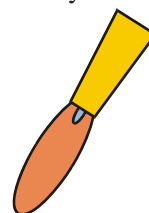
- Efnasamsetning
- Uppbyggingmálmsins
- Hitastig við suðu
- Efnisþykkt
- Suðuaðferð
- Suðubreytur og stöður
- Lögunvinnslustykkisins

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).

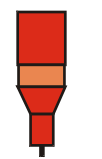
*Uppbygging málmsins* fellur að vissu leyti undir efnasamsetningu.

*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).

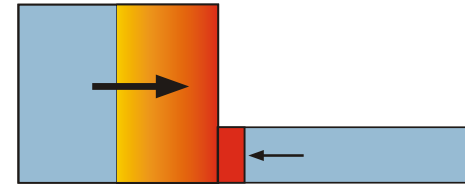


Logsuða hefur mikla hitadreifingu...



...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 kólnar hægar en þunnt.

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 eignum.

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.

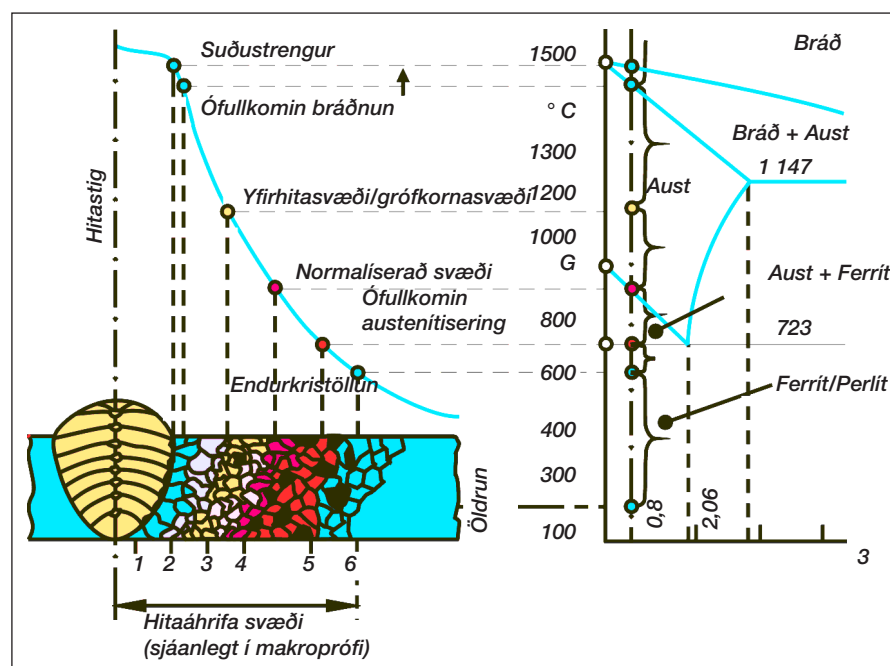
Næsta svæði er *yfirhitada svæðið* eða *grófkornasvæðið* eins og það er líka kallað vegna þess að kristallarnir þar hafa orðið stórir. Það svæði sem verður fyrir mestum áhrifum af suðuhitanum er svokallað HAZ (Heat Affected Zone) eða *hitaáhrifasvæði*.

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.

Þar næst kemur 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

- $\eta$  = Virknitala
  - $U$  = Bogaspenna
  - $I$  = Suðustraumur
  - $60$  = Sekúndur
  - $v$  = Suðuhraði í mm/mín
  - $bt$  = Bogatími
  - $L$  = Suðulengd,
- 1000 = 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 uppgefina 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 (n) FYRIR:**

Duftbogasuða (SMAW)	1,0
Hlífðargassuða, virkt gas (MAG)	0,85
Handstýrð pinnasuða (MMA)	0,8
Hlífðargassuða, óvirkt gas (MIG)	0,7
Gaswolframsuða (TIG)	0,6

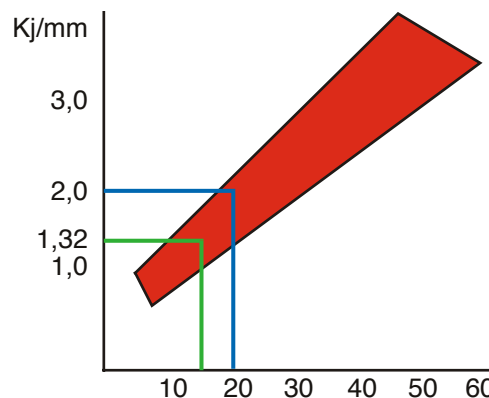
### Útreikningur orkustreymis

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 Ec

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:

$$Ec = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

Dæmi: Þrýstilagnarör SS 2101 - veggþykkt 30 mm

$$C = 0,2$$

$$Mn = 0,8$$

$$Cr = 0,25$$

$$Mo = -$$

$$V = 0,03$$

$$Ni = -$$

$$Cu = 0,3$$

$$Ec = 0,2 + \frac{0,8}{6} + \frac{0,25 + 0,03}{5} + \frac{0,30}{15}$$

$$Ec = 0,41$$

Til eru aðrar jöfnur sem vert er að nefna:

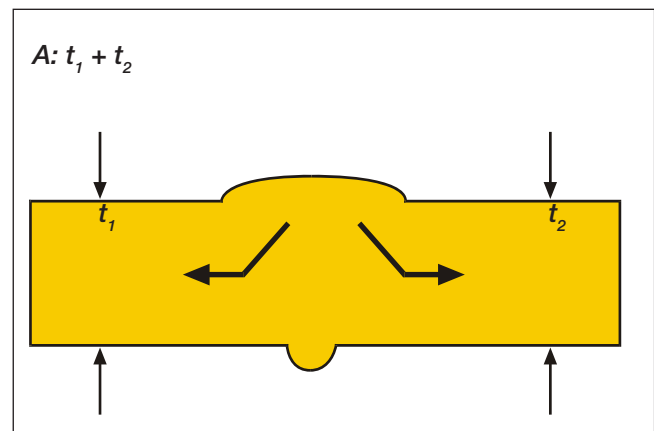
- Einfalt  $Ec = C + \frac{Mn}{6} + 0,004$
- PLM – sem reiknar nákvæmar fyrir lágkolefnis stál.
- YURIOKAS – tvær jöfnur sem notaðar eru í suðuiðnaði.

Ec-gildið er staðall sem notuð er við útreikning vinnsluhitastigs. Sjá samantekt um „Hækkað vinnsluhitastig“ á næstu síðu.

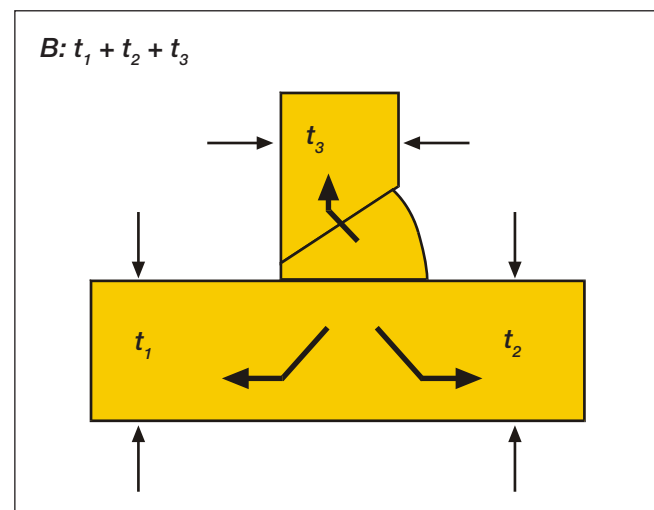
## Áhrif efnisþykktar

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 sett inn (Útdráttur úr SS 06 40 25).

### 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 kJ/mm <sup>2</sup>	Samanlögð efnisþykkt, mm 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

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 herra 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 (lítill 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:

- Byggsvetsprovet (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.

**TIG**  
**Áfangi T 4**  
**T 4.1 verklegar æfingar**  
**T 4.2 bóklegt nám**



## T 4 Kynning

Tímamörk 2 klst.

## Áfangi EWF-T4 plötusuða

Í þessum áfanga eru æfðar stúfsuður með V-rauf. Þetta þýðir að framkvæma verður fjölstrengjasuður.

Áfanganum lýkur með þremur prófsuðum í þeim stöðum sem æfðar hafa verið ásamt einu bóklegu prófi.

Þessum áfanga tilheyrja einnig bóklegu kaflarnir;

**T 4.2.1 Samdráttur, spennur og aflögun**

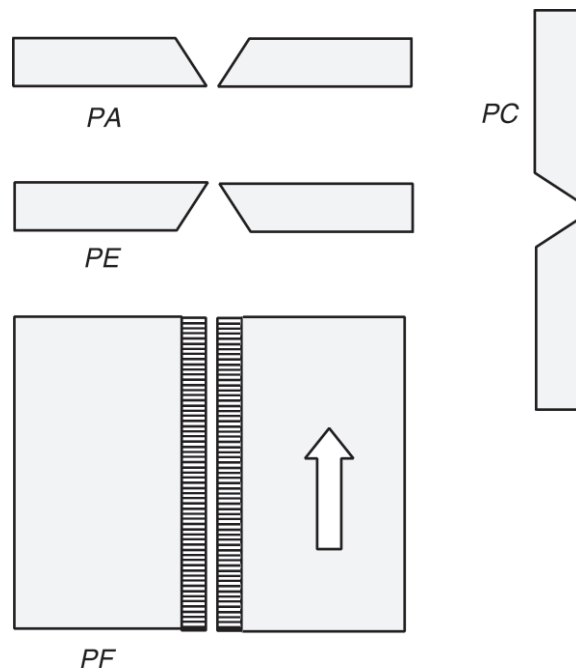
**T 4.2.2 Stjórnun á aflögun**

**T 4.2.3 Suðugallar**

**T 4.2.4 Uppbygging og viðhald búnaðar fyrir TIG-suðu**

**T 4.2.5 Yfirlit yfir ljósbogasúður**

**T 4.2.6 Örugng vinna á byggingastað**



**Hverjum bóklegum kafla eru ætlaðar tvær kennslustundir.**

**Samdráttur, spennur og aflögun** eru því miður óhjákvæmilegir fylgifiskar málmsuðu.

Við suðu breytist rúmmál flestra efna. Við upphitun eykst rúmmálið – og við kælingu minnkar það.

Hitinn í grunnefninu er breytilegur eftir suðuáðferð, stillibreytum, hitaleiðnieiginleikum efnisins og stærð vinnslustykkisins.

Ólíkar suðuáðferðir mynda mismikinn hita í ljósboganum. Hitinn nær að dreifast lengra inn í grunnefnið þegar soðið er með þeim áðferðum sem mynda minni hita.

TIG-suða myndar u.þ.b. 15 000°C í ljósboganum og telst þar með ein af heitari áðferðunum.

Suðuáðferð	Hiti í ljósboganum °C (uþb.)
Gassuða	3 100
MMA-suða	7 000
MAG-suða	15 000
TIG-suða	15 000
Plasmasuða	25 000

## Hvernig verða formbreytingar?

Þegar sjóða á saman tvö vinnslustykki felur það m.a. í sér að tveir aðskildir hlutir verða að einum.

Ef upphitun vinnslustykkisins er misjöfn, eða ef eitthvað kemur í veg fyrir hitaþenslu vinnslustykkisins, eða ef upphitunin er of mikil, verður formbreyting. Vinnslustykkið verður skakkt, snúið, beyglað o.s.frv.

Þetta er eitt erfiðasta vandamálið sem suðumenn eiga við að glíma.

**Suðugöllum**, þ.e.a.s. form- og bindgöllum í suðunni er m.a. lýst í stöðlunum ÍST-EN-ISO 5817 „Ljósbogasúða á stáli – Leiðbeiningar um flokkun suðugæða“, ásamt ÍST-EN-ISO 6520 „Flokkun samhengisrofs og formgalla í bræðslusuðu málma“.

Hinum ólíku suðugöllum hefur verið skipt upp í 6 flokka, þar sem flokkur 1 lýsir mismunandi gerðum sprungna, flokkur 2 holrýmum, flokkur 3 föstum inniluktum efnunum, flokkur 4 bindigöllum, flokkur 5 formgöllum og flokkur 6 ýmsum samhengisrofum og formgöllum.



Dæmigerðir gallar við TIG-suðu eru m.a. loftbólur (ófullnægjandi hlífðargas, óhreinar suðufúgur o.fl.), pipes eða samdráttarholrými (ranglega farið að við lok suðu), sprungur (hitasprungur) og innilukt wolfram (of hár suðustrumur, „ídyfa“).



Dæmigerð hitasprungu – í miðri suðunni.



Loftbólur eru innilukt gas, fast innilukt efni getur t.d. verið gjall.



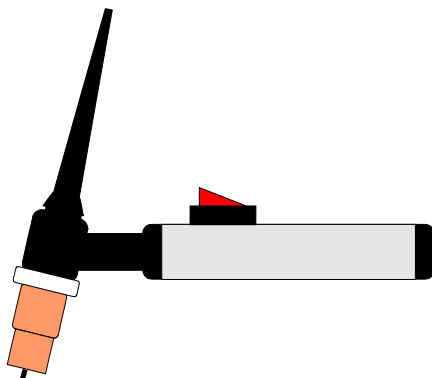
Misbrýning og röng hlutföll í suðulögun eru tvö dæmi um formgalla.

### Uppbygging og viðhald búnaðar til TIG-suðu

TIG-suðubúnaðurinn er að grunni til straumgjafi sem skilar jafn- eða riðstraumi - eða hvoru tveggja, s.k. AC/DC vélar.

Þegar soðið er með einföldustu gerðum TIG-véla er ljósboginn kveiktur með snertikveikingu, þ.e. að rafskautinu er strokið varlega við vinnslustykkið og þá hleypur neisti yfir og ljósboginn kviknar. Fullkomnari vélar hafa kveikibúnað eins og hátíðnikveikingu eða „lift-arc“.

Búnaðinum tilheyrja einnig suðukaplar, þar sem straumkaplar, gasslanga og ef vill kælivökvaslöngur eru saman í búnti. Á enda suðukapalsins er síðan suðubyssan með rofa sem stýrir suðustrumum og gasflæðinu.



Einnig eru til suðubyssur án rofa. Þá er kveikt og slökkt með fótstílli sem oft hefur innbyggða stíglausa stillingu suðustramsins.

Straumgerðin við TIG-suðu er riðstraumur (AC)

við alla suðu áls og álmelma. Straumgerðin er jafnstraumur (DC á mínuspól) við suðu á stáli, ryðfríu stáli o.fl.

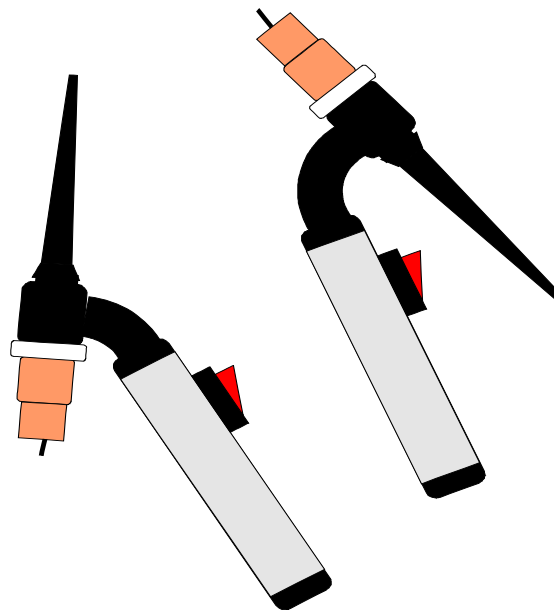
### Viðhald búnaðarins

Hægt er að auka endingu suðubúnaðarins til muna með fyrirbyggjandi viðhaldi og góðri umgengni.

Suðumenn eiga að vita hvað þeir mega gera án þess að eiga á hættu að fá raflost og einnig eiga þeir að kunna að gildismæla búnað sinn þannig að suðuvinnan geti farið fram eftir kröfum t.d. í suðuferilslýsingum.

Fyrirbyggjandi aðgerðir, eins og daglegt, vikulegt og hálfárséftirlit (gaumlistar), endurnýjun slithluta, smurning, hreinsun og lekaleit eru nauðsynlegir þættir í nútíma suðuvinnu. Þannig koma brestir í ljós í tíma og hægt er að koma í veg fyrir eða minnka vinnutafir. Að auki verður auðveldara að stilla búnaðinn rétt.

Staðsetning búnaðarins hefur einnig sína þýðingu. Stíllid suðuvélinni aldrei upp þannig að flæði kæli-loftsins truflist eða þannig að neistaflug og ryk frá slípivélum komist í vélina.



TIG-suðubyssur er hægt að fá með sveigjanlegum hálsi til þess að auðvelda vinnu.

## T 4.1 Verkleg æfing

Tímamörk 12 klst.


## 2. Stúfsuða í V-rauf (WPS T4P-2-A)

Í þessum kafla, sem einnig tilheyrir plötusúðuhlutanum, eru fjórar æfingar þar sem soðnar eru stúfsuður í V-rauf. Í öllum æfingunum er aðeins soðið frá annarri hliðinni. Notið réttar suðuferilslýsingar fyrir hverja æfingu.

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 5 x 200 x 300 mm  
(eða eins stór og  
bakgasbúnaður leyfir)  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlíðargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

**Staða: PA**


**Framkvæmið:**

Þessa æfingu er hægt að gera í venjulegt smíðastál eða, eins og suðuferilslýsingin segir til um, í ryðfrítt stál.

Fasið báðar plöturnar (fösunarhornið er 30° fyrir smíðastál, og 38° fyrir ryðfrítt stál).

Ástæðan fyrir því að fösunarhornið fyrir ryðfrítt er stærra en fyrir smíðastál er sú að ryðfrítt stál vill dragast meira saman en smíðastál. (Sjá T 3.2.5.)

Þjalið eða slípið nef eins og segir til um í suðuferilslýsingu.

Stillið upp og punktið plöturnar þannig að suðubilið verði lítið eitt stærra í lokin en í byrjunarendanum.

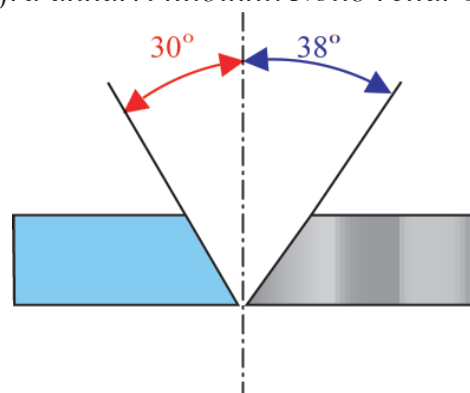
Suðubilið getur verið á milli 2,5 – 4 mm allt eftir því efni sem unnið er með og eins því hvað hentar þér. (Sumir suðumenn kjósa stærra suðubil en aðrir minna).

Sjóðið botnstrenginn með þeim gildum sem gefin eru upp í suðuferilslýsingunni.

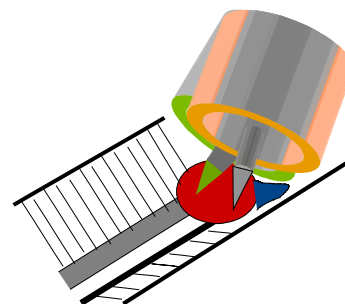
Munið... að fullrar gegnumsuðu er krafist.

Pendlið lítillaga á milli hliðanna, en ekki of hátt upp á raufarkantinn. Suðuefnið á að mata í bráðina við efri brún nefnsins.

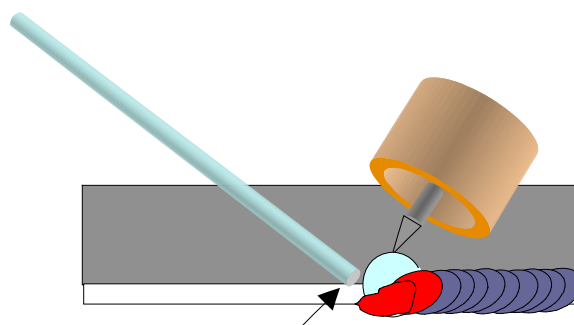
Gætið að færsluhraðanum.



Vegna mismunandi eðliseiginleika þarf fösunar-hornið að vera stærra fyrir ryðfrítt stál en svart.



Pendlið varlega á milli hliðanna svo að báðir raufarkantarnir bráðni.



Matið suðuefnið inn við efri brún nefnsins.

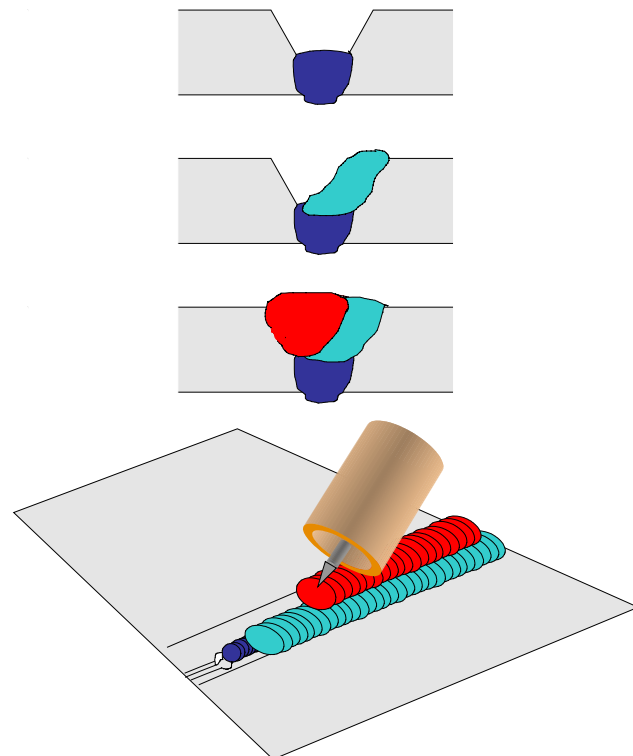
Víraskipti og endurstart eiga að hafa mjúk skil á rótarhlið og vera gallalaus, því verður að hefja nýju suðuna nægilega langt uppi á þeirri gömlu til þess að endi hennar nái að bráðna.

Þegar botnstrengurinn er tilbúinn, á að skoða árangurinn og hreinsa með vírbursta áður en haldið er áfram með að fylla í raufina.

Þegar strengur nr. 2 er soðinn, verður að sjá til þess að hann þeki ekki of stóran hluta botnstrengsins. U.þ.b. 2/3 hlutar er hæfilegt. Annars er hætt við því að þröngt verði um þriðja strenginn.

Við suðu þriðja strengsins verður að gæta þess að suðan nái köntum raufarinnar og að ekki myndist kantsár.

Hreinsið suðuna með vírburstanum og skoðið árangurinn.



## T 4.1 Verkleg æfing

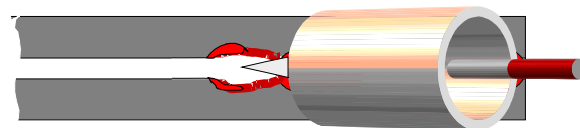
Tímamörk 12 klst.

## 3. Stúfsuða í V-rauf (WPS T4P-3-A)

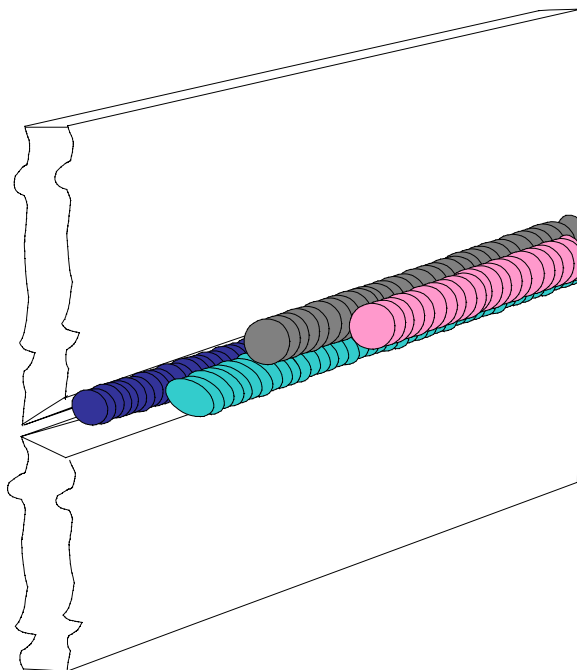
**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 5 x 200 x 300 mm  
(eða eins stór og  
bakgasbúnaður leyfir)  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
**Hlífðargas: AGA MISON**  
(eða sambærilegt)

Staða: PC



Rangur halli suðubyssunnar og of mikill suðuhraði geta valdið því að raufarkantar bráðna of mikið.



## Framkvæmið:

Undirbúið á sama hátt og í síðustu æfingu. Festið í stöðustillinn og sjóðið. Gætið að halla suðubyssunnar og -vírsins.

Færsluhraðinn hefur mikla þýðingu. Flýttu þér ekki um of. Of mikill færsluhraði ásamt röngum halla suðubyssunnar getur orðið til þess að kantar raufarinnar bráðna og allt í einu er suðubilið orðið mun stærra en það átti að vera!

Fylgið leiðbeiningum suðuferilslýsingarinnar og reynið að forðast kantsár við efri brún suðunnar.

## T 4.1 Verkleg æfing

Tímamörk 12 klst.

## 4. Stúfsuða í V-rauf (WPS T4P-4-A)

Allt eins og í síðustu æfingu

Staða: PF

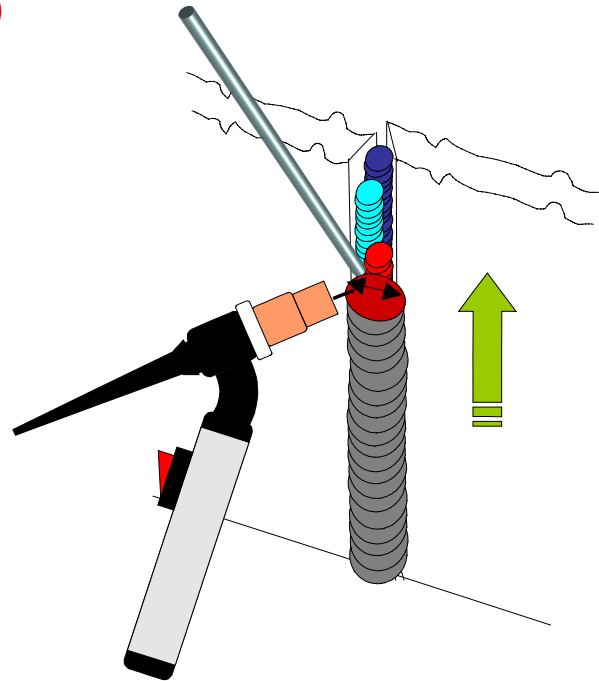


## Framkvæmið:

Þessa æfingu á að sjóða í stöðu PF. Undirbúningur eins og í síðustu æfingum.

Fordist kantsár. Beinið suðubyssunni örlítið niður á við þegar síðasti strengurinn er soðinn.

Skoðaðu árangurinn og sýndu kennaranum.



## T 4.1 Verkleg æfing


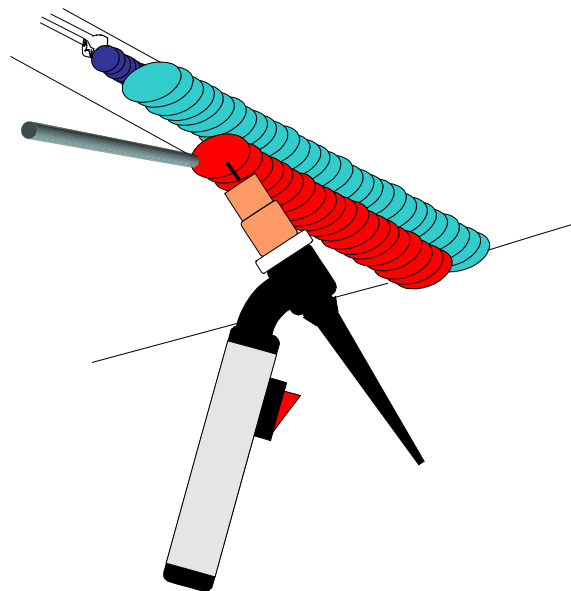
Tímamörk 12 klst.

## 5. Stúfsuða í V-rauf (WPS T4P-5-A)

**GRUNNEFNI:**  
Ryðfrí plata 5 x 200 x 300 mm  
(eða eins stór og  
bakgasbúnaður leyfir)  
**RAFSKAUT:**  
Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**  
AVESTA SKR SI Ø1,6  
(eða sambærilegt)  
Hlífðargas: AGA MISON  
(eða sambærilegt)

Staða: PE

## Framkvæmið:

Undirbúið eins og í fyrri æfingum.

Festið vinnslustykkið í stöðu PE. Munið að sitja eins þægilega og kostur er þar sem þessi æfing er líkamlega erfið.

Gætið þess að halda suðuvírnum vel uppi í suðubílinu þegar botnstrengurinn er soðinn.

Við suðu uppundir getur það komið fyrir að suðan „sígi“, þ.e. að rótin verði íhvolf. Þess vegna verður að mata suðuefninu ákveðið í bráðina, ýta vel á eftir því. En þó ekki um of, því þá getur vírinn farið upp í gegnum rótarkúfina – „gegnumstunga“.

Hættan á þessu minnkar nokkuð ef vírnum er haldið eins samhliða efninu og unnt er.

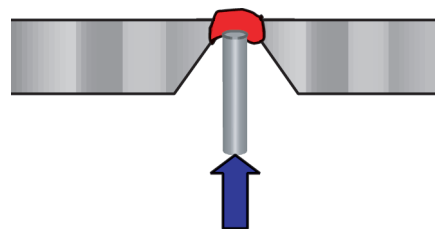
Gætið að halla suðubyssunnar við suðu hinna strengjanna. Það er mikil hættan á því að orkuna þrjóti við suðu uppundir – sem getur leitt til þess að suðubyssan sigi niður á við.

Sjóðið með lítilsháttar pendúlhreyfingum. Munið að ekkert fæst ókeypis í þessari suðustöðu.

Matið inn suðuefninu með litlum, jöfnum hreyfingum.

Burstið af suðunni og látið kennarann meta árangurinn.

Réttur halli suðubyssunnar er jafnvel enn mikilvægari við suðu uppundir en í öðrum suðustöðum.



Það getur þurft að ýta dálítið á eftir suðuefninu við mötunina...



...annars er hættan á að suðan verði íhvolf.

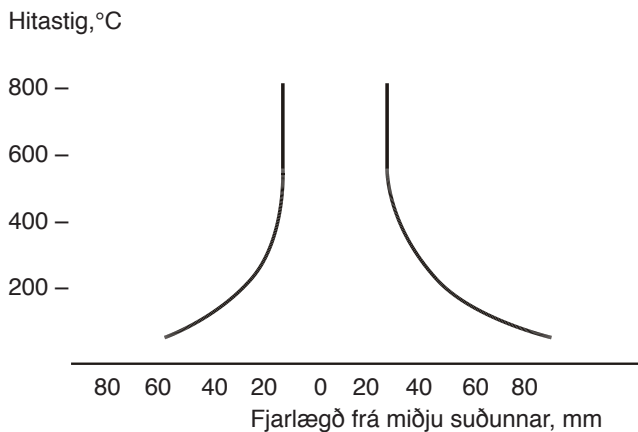
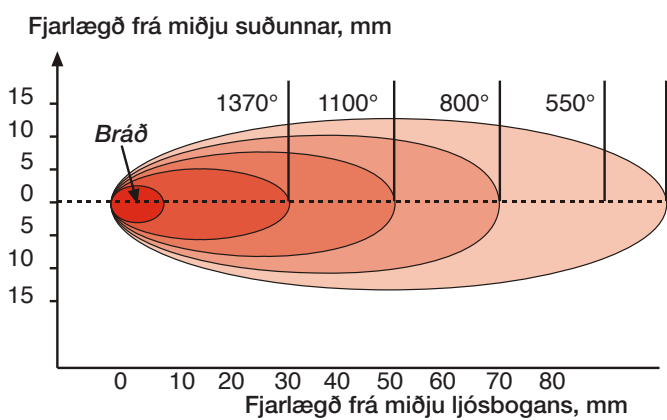
# T4.2.1 Samdráttur, spenna og formbreytingar (E4.2.1, G4.2.1, M4.2.1)

## 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 suðu-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.

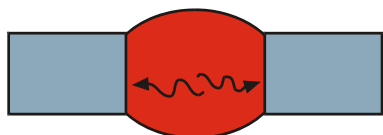
## Tilkoma eftirspennu

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.

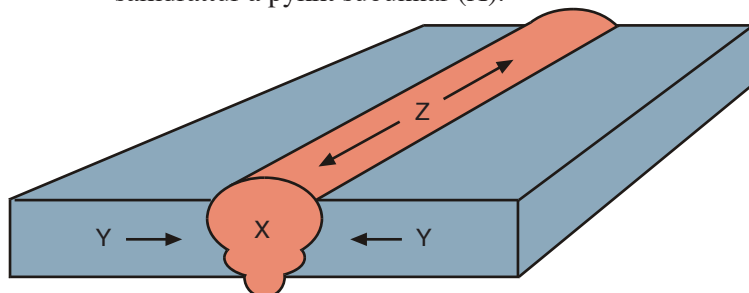
Þessi þensla hindrast af kaldara efninu lengra frá suðupollinum. Efnið kemur þess vegna til með að þjappast. Þegar suðan síðan kólnar, hafa hinir ólíku hlutar efnisins mismunandi þörf fyrir samdrátt, sem leiðir af sér eftirspennu.

Það efni sem nær að bráðna við suðuna, og efnið næst suðupollinum, hefur mesta þörf fyrir þenslu.

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 efni í kring.

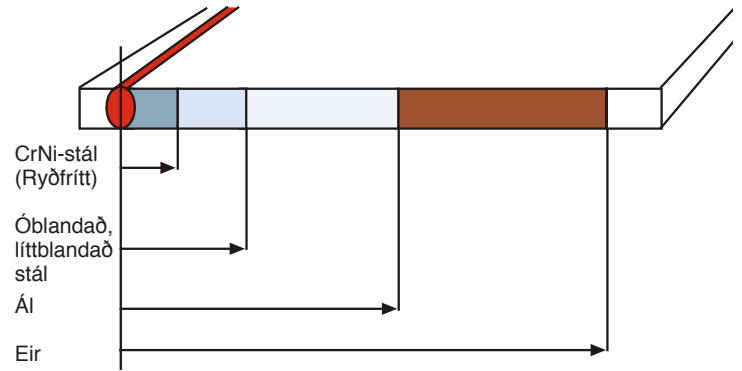


Samdráttur verður í allar áttir.

## 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 smíðamála.

## 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 rétttri 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 stálverkjum.

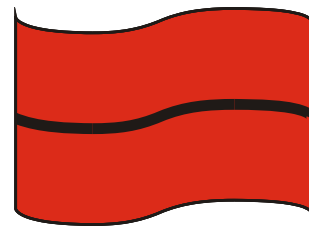
## Áhrif eftirspennu

Samdrátturinn sem verður við suðu hefur oft í för með sér að vinnslustykkið „dregur sig“.

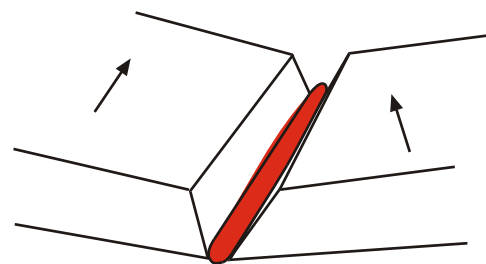
Vinnslustykki úr þunnu efni formbreytist vegna þess að suðan dregst saman á lengdina, styttist. Hluturinn verður ójafn, það koma bylgjur í hann. Samdrátturinn þvert á suðuna hefur lítil eða engin áhrif, vegna þess hve lítil suðan er (mikill suðuhraði) og vegna lítills rúmmáls efnisins.

Hornsamdráttur verður í stúfsuðuskeytum þegar fyrsti strengurinn er soðinn. Hann virkar síðan eins og lóm 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.



Punnt efni formbreytist vegna samdráttar í lengdarátt suðunnar og verður bylgjótt.



Hornsamdráttur.



## Afglódun

Þær hitameðferðaraðferðir sem mest eru notaðar við suðu eru forhitun og afglódun.

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)

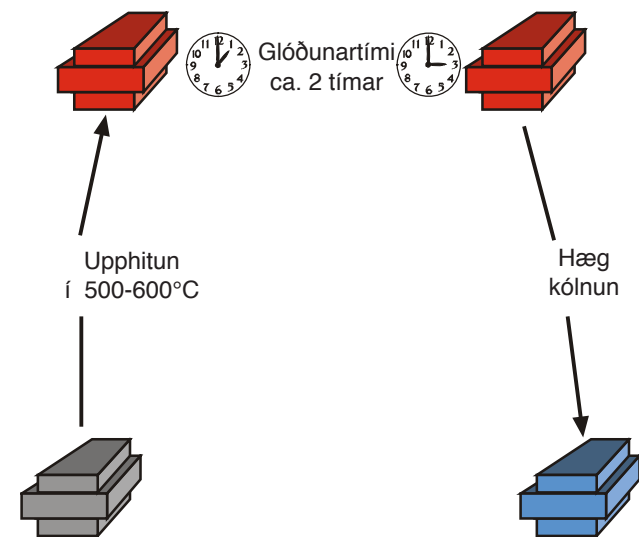
Til þess að ná æskilegum vinnsluhita getur þurft að forhita. Forhitun hefur ýmsa kosti, jafnvel þar sem aukins vinnsluhita er ekki krafist, eins og t.d. að:

- 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.

## Afglódun

Afglódun 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.

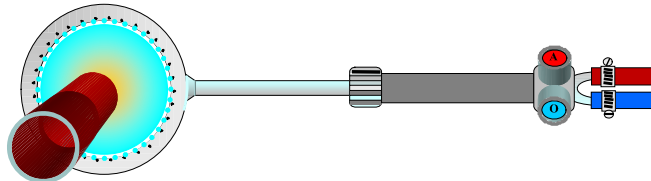


Hitastig við afglódun.

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.

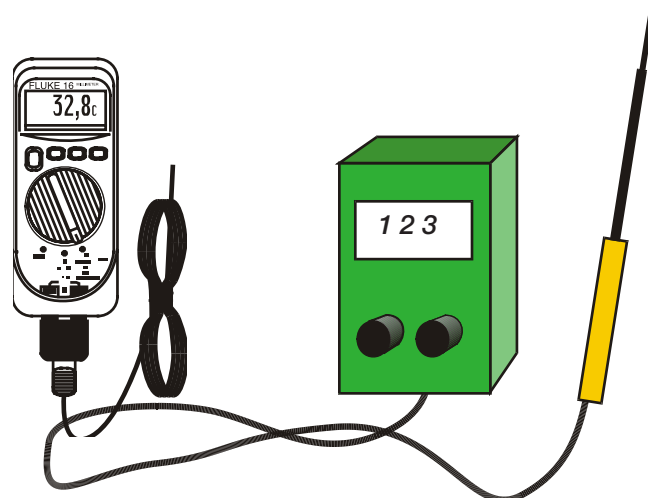


Hringbrennari.

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 afglódun, er rétt að nota stafræn (digital) mælitæki sem sjálfkrafa fylgjast með og skrá hitastig, upphitunartíma, glóðunartíma og kólnunartíma.



Stafræn og rafeinda-hitamælitæki.

HEIMILDIR:

Lernia

## T4.2.2 Stjórnun formbreytinga (E5.2.2, M4.2.2, 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 suðumannsins 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 „hlutleysilínu“ plötunnar, geta suðurnar ekki jafnað út samdrátt hvor annarrar, heldur verður formbreyting

#### Hvernig verður formbreyting ?

Í dæmunum á undan voru kynntar nokkrar staðreyndir, en fyrir suðumanninn er mikilvægast að skilja ástæðurnar fyrir því að spennur og formbreytingar verða í efninu.



Suðuvinna í Arendal skipasmíðastöðinni.

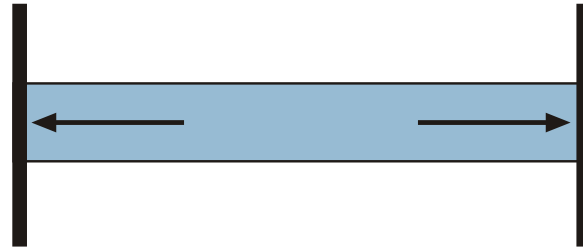
Þegar sjóða á saman tvö vinnslustykki, þýðir það meðal annars að tveir hlutar verða að einum. Við suðuna myndast mjög hár hiti sem hefur í för með sér þenslu. Ef allt vinnslustykkið þenst út samtímis og jafn mikið, gerist ekki mikið. Vinnslustykkið heldur að mestu lögun sinni eftir kólnun og afleiðingin verður í versta falli minni háttar formbreyting (skekkja, 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. Upphitada 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.

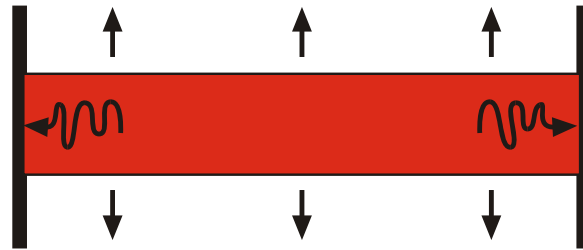
Þensla og samdráttur koma berlega í ljós þegar soðinn er rótstrengur í V-fúgu. Það líður ekki á löngu áður en suðubilið hefur minnkað eða horfið algerlega.

### Hvernig er komið í veg fyrir samdrátt?

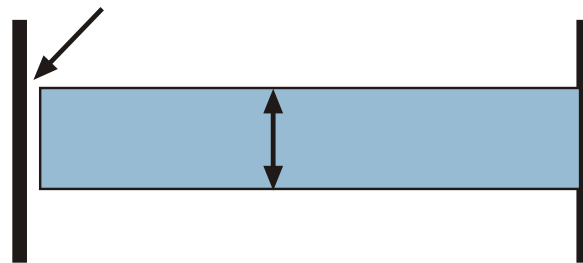
Hjá samdrætti verður ekki komist við suðu. Samdráttur er hluti af eðli efnisins. Það sem hægt er að gera er að minnka áhrif samdráttarins.



*Innspent 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!*

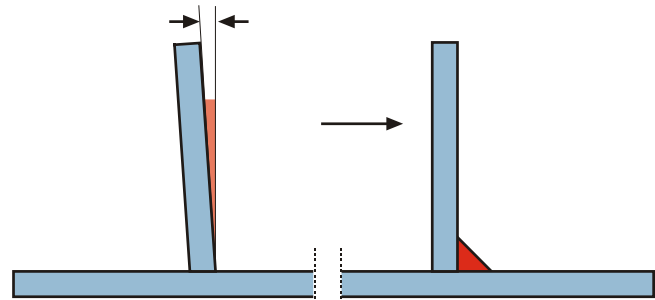


*Suða á ryðfríu röri.*

## 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.



Með forbeygingu er hægt að fá rétt horn 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 spenntir 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.

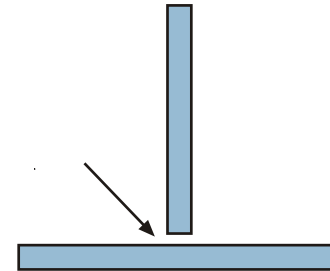
Pinnastærðin skiptir hér verulegu máli (Ø5 mm pinni þarf hærri suðustraum en Ø3,2 mm).

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.

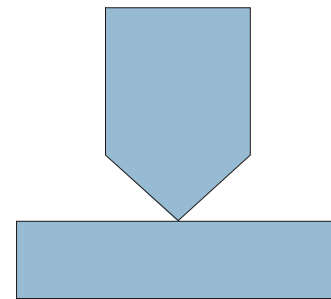
Við suðu í kverk frá báðum hliðum getur seinni suðan dregið til baka samdráttinn frá fyrri suðunni, en ekki að fullu. Einhverrar forbeygingar/yfirstillingar er líka þörf hér (Sjá mynd).

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“.

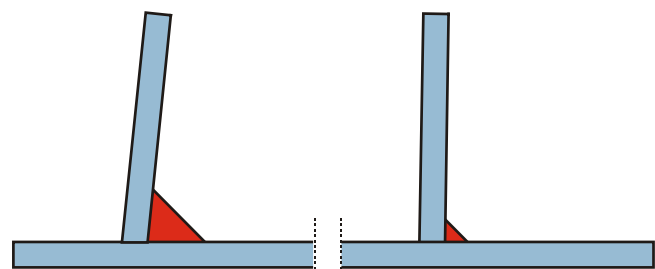
Suða umhverfis formað stangaefni á líka til að vera vandasöm. Þar getur yfirstillt uppstilling ásamt góðri suðuáætlun líka verið til hjálpar.



Meiri hætta er á formbreytingum ef soðið er í suðubil...

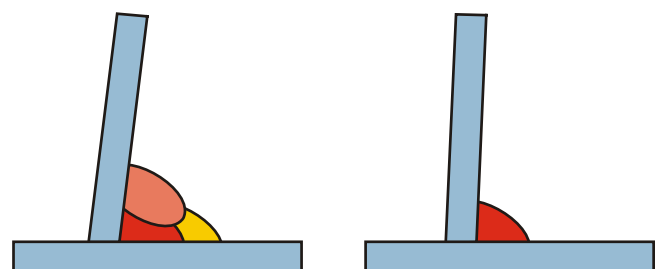


... en ef soðið er í fasaðar fúgur.



Stórar suður valda meiri formbreytingum...

Litlar suður valda minni...



Margir strengir valda meiri formbreytingum en einn.

## Formbreytingar í stúfsuðum

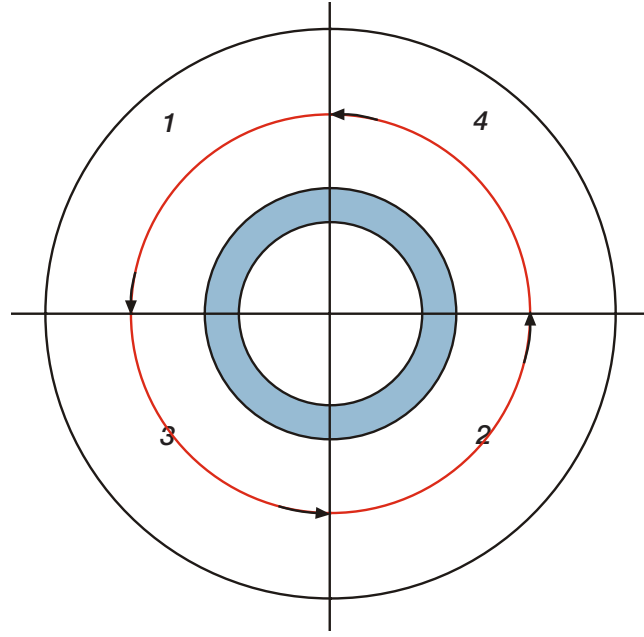
Áhrif hitamagns, suðustærðar og lögunar ásamt strengjafjölda

**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.)



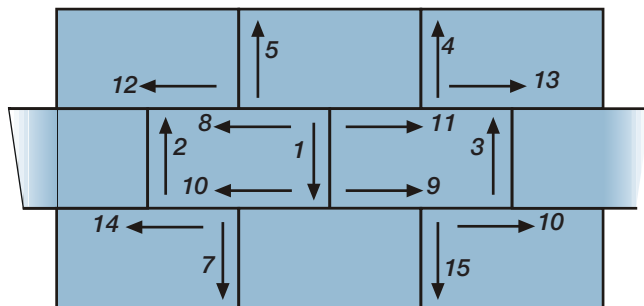
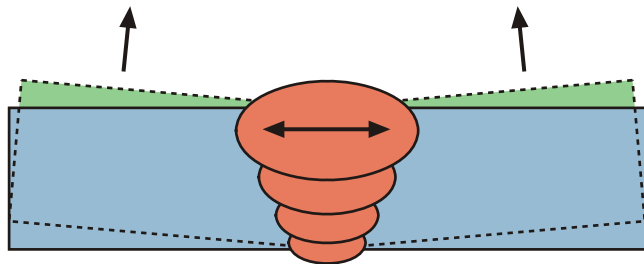
Suðuröð, rör á flangs.

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 bakskrefssuðu (sjá kafla E3.2.3).



Við stærri plötuvirki er suðuröðin mjög mikilvæg svo komist verði hjá myndun eiginspennu í efninu.

## Formbreytingaráhrif dæmigerð soðin stálvirki og fyrirbyggjandi aðgerðir

### Formbreytingar stúfsuða

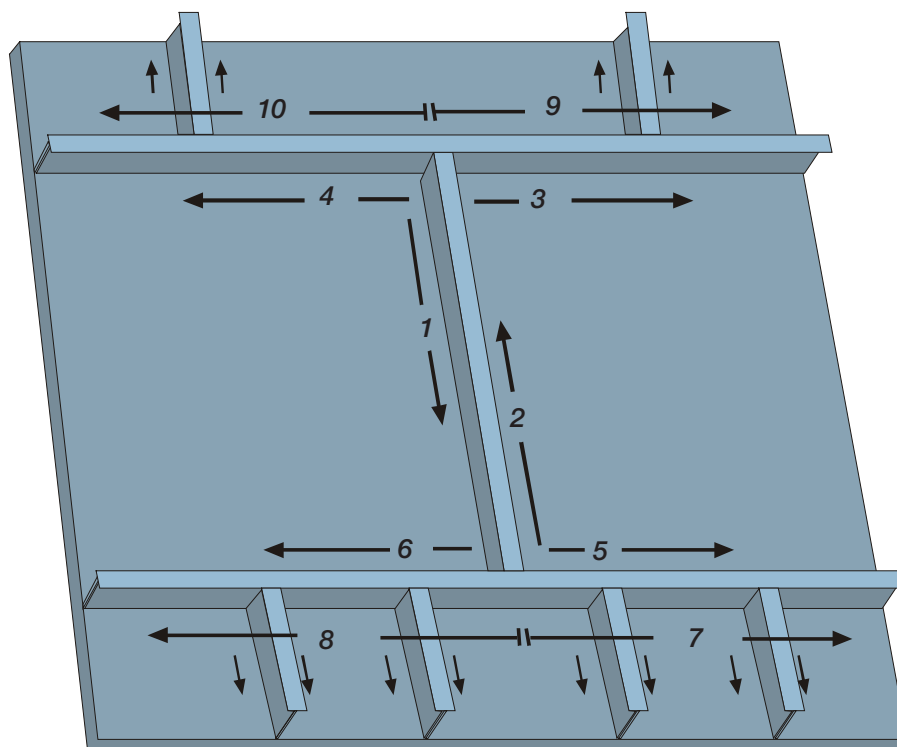
Formbreytingar plötuefnis eru háðar efnisþykktinni. Þunnar plötur beyglast og skælast eftir að lítið magn hita er sett í efnið, og getur þurft mikla vinnu við réttingar eftir suðuna (skipsskrokkar / yfirbyggingar, tankar og geymar, bílayfirbyggingar ofl.)

Í grófara efni verða formbreytingarnar ekki eins miklar, en á móti kemur að eftirspennurnar verða meiri. Hér skipta suðuáætlanir og suðuferli miklu máli (kjarnaofnar, olíuborðar 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.



Röravinna við Svenska Maskinverken.

### 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, talíur 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.



Suðuvinna í Arendal skipasmíðastöðinni.

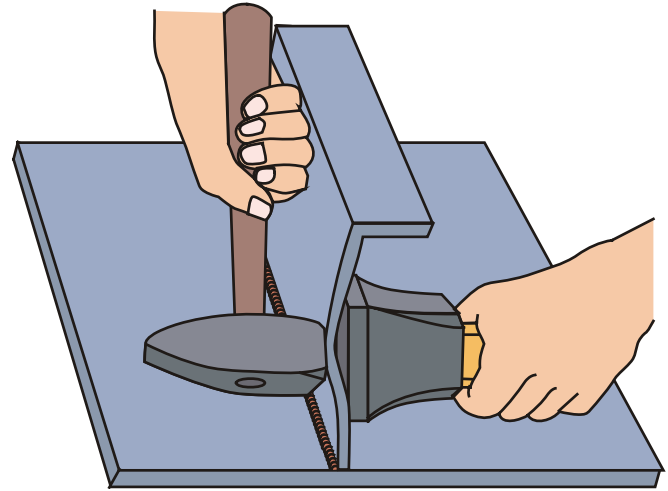
## Rétting

### 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 teygir 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.

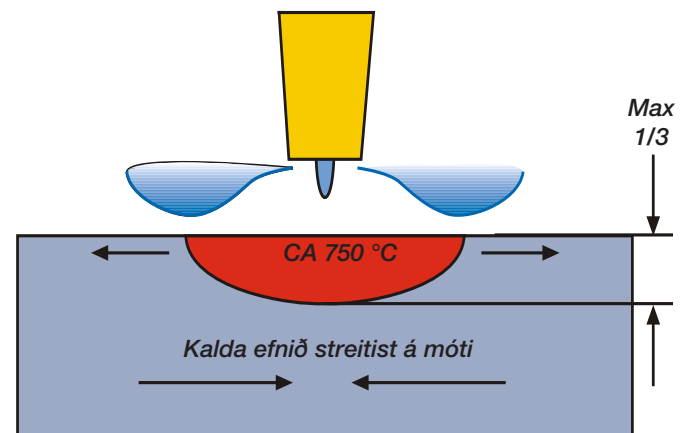
### Hitarétting

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.

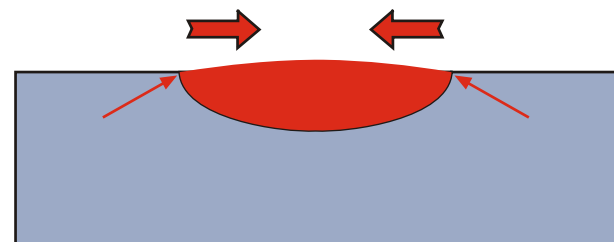
Hitaréttingu er hægt að framkvæma með hitaloga og með yfirborðs- eða gegnumhitun.

#### Yfirborðshitun

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.).



Yfirborðshitun felur í sér hitun efnisins að max. 1/3 hluta þykktar. Heita efnið vill víkka út - hið kalda streitist á móti.

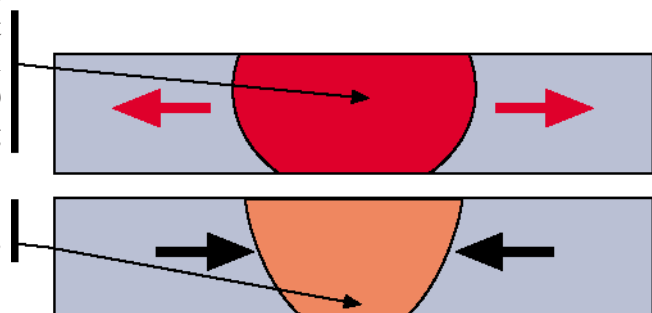


Eftir kólnun hefur efnið sem hitað var upp, pressast saman.

#### Gegnumhitun

Ef hitunin tekur lengri tíma, nær hitinn í gegnum efnið sem verður gegnheitt. Með þessari aðferð pressast efnið saman í gegnum alla efnisþykkina. 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 útgáfurnar 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!

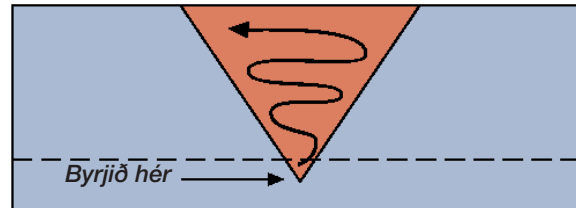
Hitabelti geta verið gegnumgangandi eða yfirborðslæg og eru notuð við plötuvinnu. Gegnhitun er notuð til þess að stytta efnið og með yfirborðshitun er reynt að rétta minni kúlur og beyglur sem myndast í efninu við suðu.

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.

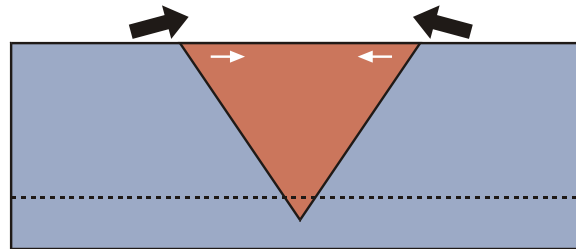
Dragkraftarnir verka hornrétt á hitabeltið, nokkru meir þeim megin sem hitað er.

Rétting með hitapunktum er oftast notuð sem viðauki við slagverkfæri. Ákveðinn punktur er hitaður upp – efnið víkkar út – og kúlan sem sprettur upp er hömruð niður. Hið upphitaða efni þvingast sem sagt til þess að dragast saman. Punkturinn á að vera eins lítill og hægt er. Ef hann er of stór misheppnast öll réttingin.

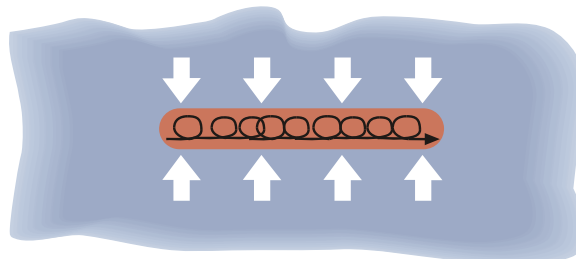
Hitapunktur eru notaðir við réttingu á þunnplötum, ásamt þunnveggja rörum og stangaefni.



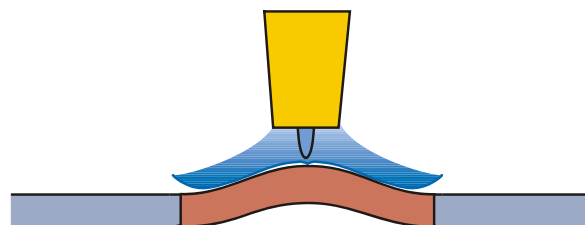
Byrjið innst inni og hitið út á við eins og örin sýnir.



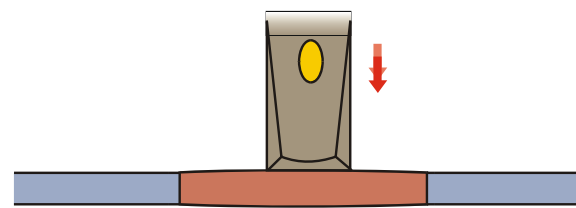
Breiðari hluti fleygsins dregst meira saman.



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:

*Safnrithitaréttung* – Öresundsvarvet í Landskrona. SAQ-Kontroll AB, Curt Johansson.

*Eigin reynsla* – Jan Jönsson, Bengt Westin

## T4.2.3 Suðugallar (E4.2.2, G3.2.5, M4.2.3)

### Upprifjun: Um lögun suðufúgunnar

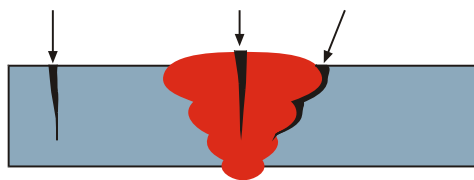
Sjá kafla M 3.2.3

### 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 óhreinindi 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 UCS er < 10 er sprunguhættan lítil  
Ef UCS 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 sig verið ástæða fyrir suðugöllum.

### Yfirlit yfir ákveðna galla og orsakir þeirra

Suðugöllum er lýst í þeirri röð sem þeir koma fyrir í ÍST EN ISO 5817 - *Ljósbogasuða á stáli - „Leiðbeiningar um flokkun suðugæða“*. Ásamt ÍST EN ISO 6520 *„Málmsuða og skyld ferli - Flokkun rúmfræðilegra ójafna í málmkenndum efnum“*. ÍST EN 25817 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 göllunum 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

Sprungu er samhengisrof sem á staðbundinn hátt rýfur heildina. Sprungur myndast vegna upphitunar, kælingar eða álags.

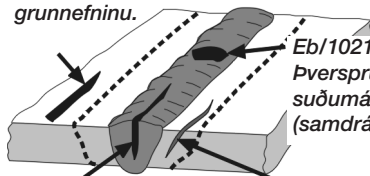
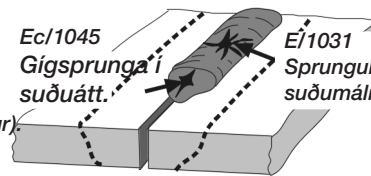
Sprungur eru mjög alvarlegir suðugallar sem ófrá-víkjanlega valda falleinkunn fyrir suðana, hvort sem um suðupróf eða framleiðslu er að ræða.

### Flokkur 1: Sprungur

IIV-lykill	IST-ISO 6520	Gerð galla	Lýsing suðugallans	Sennileg orsök gallans	Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann
Ea	101	1011 1012 1013 1014	Sprungur í suðuáttina í suðumálminum. Sprungur í suðuáttina á mörkum suðumálms. Sprungur í suðuáttina á hitaáverkuðu svæði. 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. 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. MAG-Rörþráður: Sama MAG-Gegnheill: Hafið vara á hlutfalli hæðar og breiddar suðunnar.  Almennt: Of hár suðustrumur eða of lítill suðuhraði eykur á líkurnar á þessum sprungugerðum.
Eb	102	1021 1023 1024	Þversprungur í suðumálminum. Þversprungur á hitaáverkuðu svæði. Þversprungur í grunnnefninu.	Þversprungur eru oftast kaldsprungur. Þær verða vegna of lágs orkuflæðis, samhliða samdráttar-spennu í suðuskeytunum.	Almennt: Aukið orkuflæðið og minnkið samdráttarspennuna í suðuskeytunum með því að sjóða í réttari suðuröð.
E	103	1031  1033  1034	Útgeislandi eða greinaðar sprungur ásamt sprunguklösum í suðumálminum.  Sama, á hitaáverkuðu svæði.  Sama, í grunnnefninu.	Sprungur sem verða vegna hersluáhrika 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 1046 1047	Gígsprungu í suðuátt . Gígsprungu þvert á suðu. Stjörnulaga gígsprungu.	Gígsprungur geta myndast vegna rangt endaðrar suðu samhliða röngu suðuefni.	MMA/MAG/MIG: Endið suðuna með réttari hreyfingu. Notið passandi suðuefni. TIG: Notið „slope-down“ stillingu til að fá rétta ending suðunnar.

Ea/1014

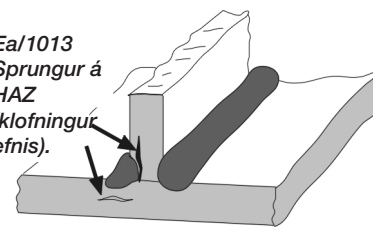
Sprungu í suðuátt í grunnnefninu.

Eb/1021  
Þversprungur í suðumálminum.  
(samdráttarsprungur)Ec/1045  
Gígsprungu í suðuátt.  
E/1031  
Sprunguklasi í suðumálmi.

Ea/1013

Sprungur á HAZ

(klofningur efnis).



Ea/1011

Sprungu í suðuátt í suðumálminum (hitasprungu).

Ea/1013

Sprungu í suðuátt á hitaáverkuðu svæði.

Dæmi um sprungur.

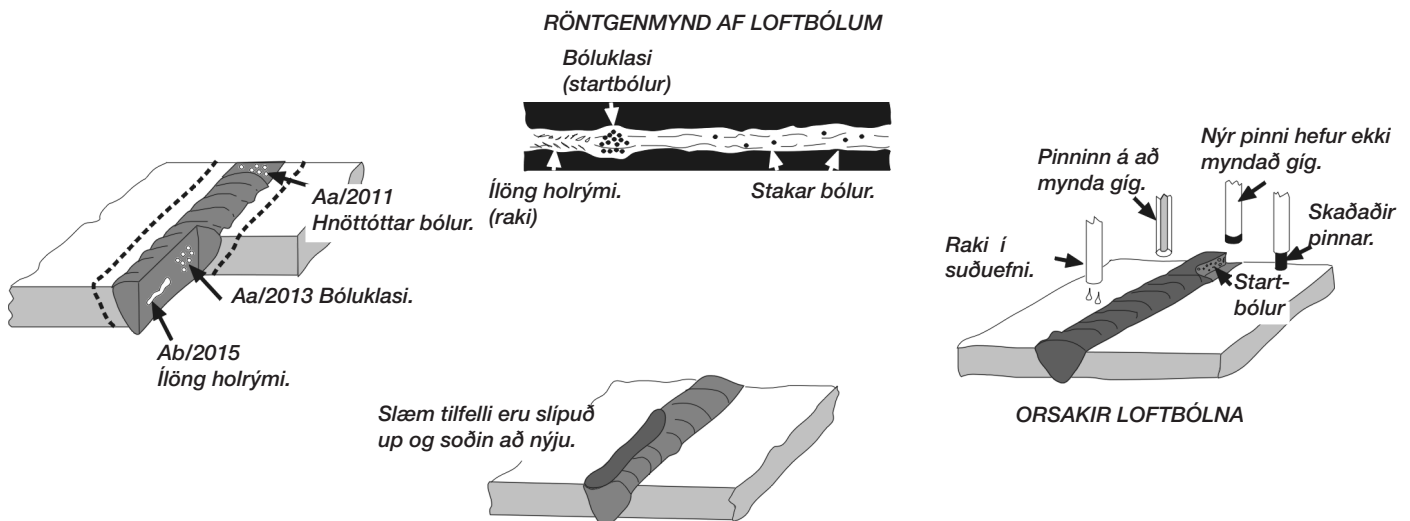
## Holrými

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.

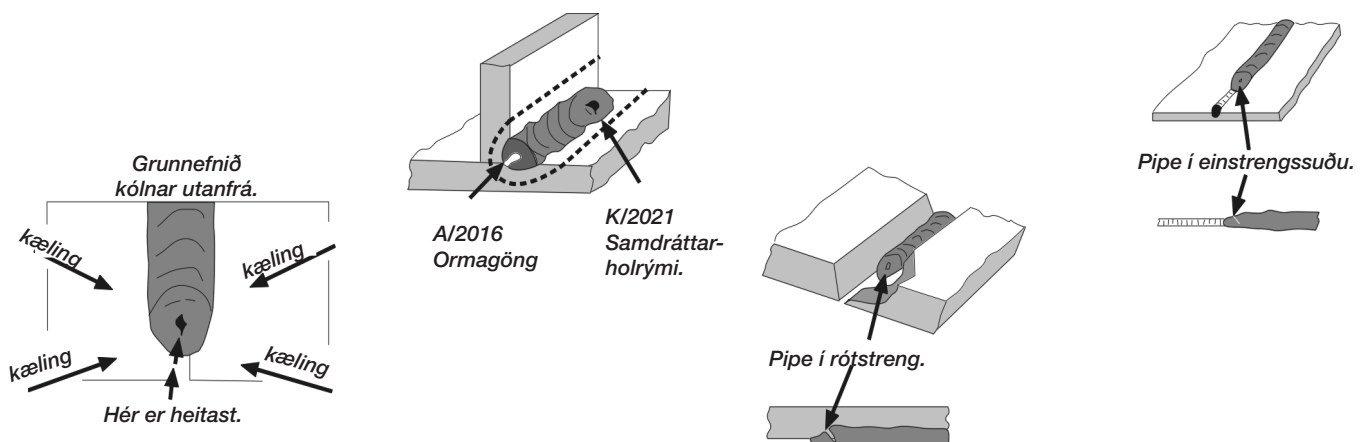
Samdráttarholrými verður vegna þess að efnið nær ekki að dragast saman eins og þörf krefur. Það verður efnisskortur í lok suðunnar (suðugígur).

### Inniluktar agnir í fösti formi

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 Ab	201	2011 2015	Loftbólur, ilöng 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 bakið að startpunktinum, þannig er komið í veg fyrir startbólur. MAG/TIG: Gætið að gasflæði.
K	202	2021	Samdráttarholrými (endagigar/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.

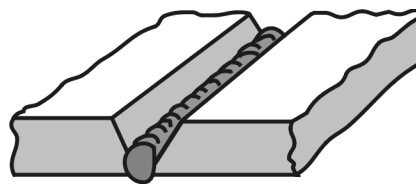


Dæmi um samdráttarholrými.

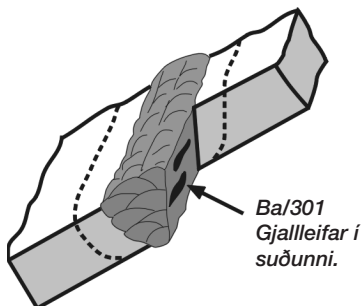
Inniluktar agnir í föstu formi geta verið framandi efni eins og gjall, oxíðir, wolfram o.s.frv. Þær eru flokkaðar sem „framandi efni innilukt í bræddum málminum“.

## Ónóg samsuða eða ófullnægjandi gegnumsuða

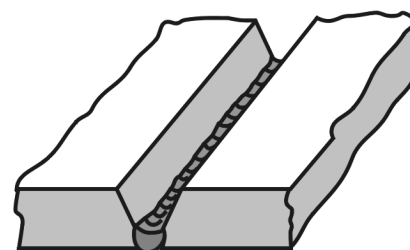
Flokkur 3: Inniluktar agnir					
IIV-lykill	IST-ISO 6520	Gerð galla	Lýsing á suðugallanum	Sennileg orsök gallans	Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann
Ba	301	301	Gjalleifar í suðu er gjall sem verður eftir í bráðinni þegar hún storknar. Það geta verið einstaka gjallagnir eða.....	Kæruleysi við gjallhreinsun. Gjalleifar ásamt röngum strengjastærðum við fjölstrengjasuðu. Of lítil suðuhraði og/eða of lágar stillibreytur.	Almennt: Gjall á í öllum tilfellum að fjarlægja vandlega. Forðist 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 ratarstuðningi úr eir.	



Kúptar suður (sérstaklega í V-fúgu) bjóða heim hættunni á gjalleifum.



Ba/301  
Gjalleifar í  
suðunni.

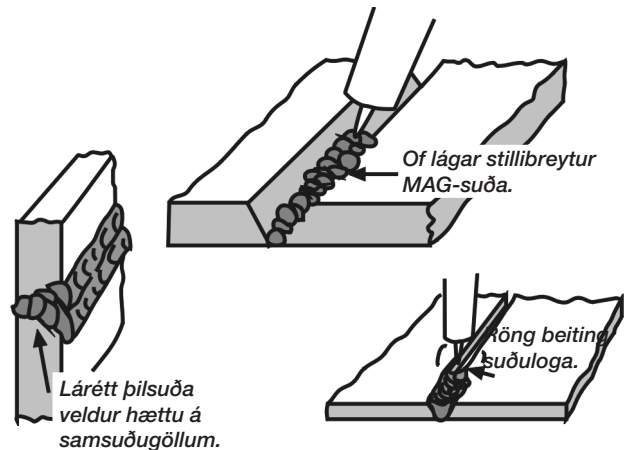
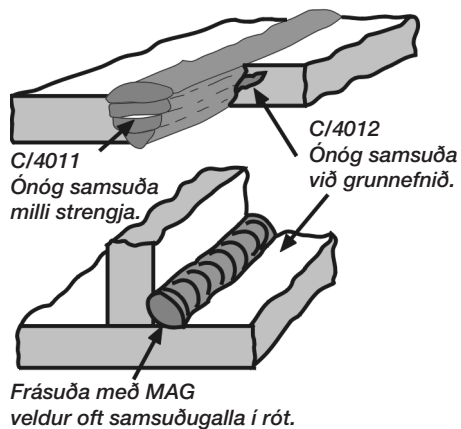


Íhvolfar suður gera slípun og aðra vinnslu suðunar óþarfa.

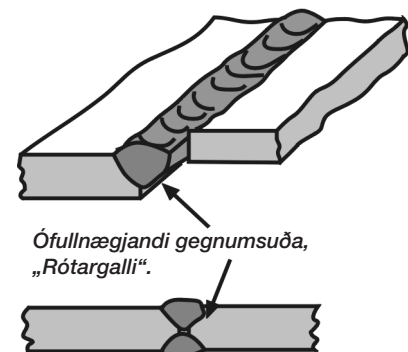
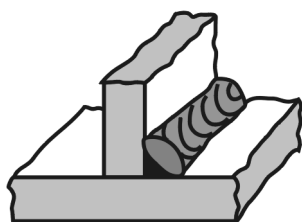
Dæmi um inniluktar agnir í föstu formi.

Ónóg samsuða 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					
IIV-lykill	ÍST-ISO 6520	Gerð galla	Lýsing á suðugallanum	Sennileg orsök gallans	Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann
C	401	4011 4012	Ónóg samsuða við grunnefnið. 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 (láréttri þilsuðu). 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 suðubil, of stórir kantar). 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.



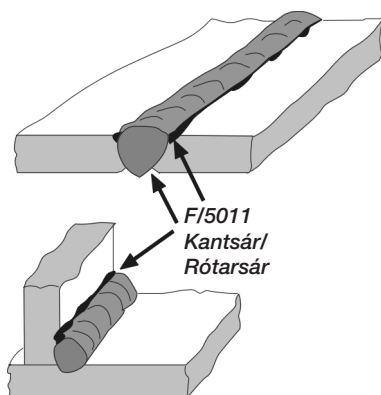
Dæmi um ófullnægjandi gegnumsuðu.

## 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 lögur er t.d. of stór eða of lítil kúfur á suðunni, kantsár

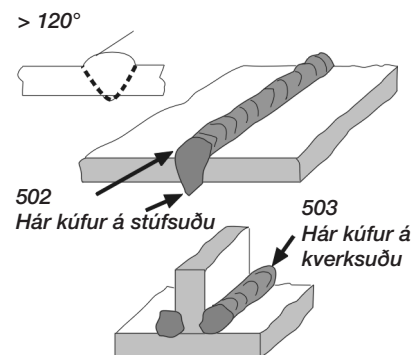
eða fallin suða, of mikil gegnumsuða o.fl. Það getur líka verið of stórt eða of lítið bil milli hluta sem tengja á saman.

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	502 503		Of há kúpa við stúfsuðu.  Of há kúpa við kverksuðu.	Lögur 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).  Suðan runnin út fyrir fúguna, of mikil gegnumsuða eða sokkin suða.	Rangur færsluhraði sem veldur rangri stærð suðunnar. Rangur halli suðupinna/-byssu.  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.  Almennt: Sjóðið með réttum stillibreytum – ekki of háum. Vandíð fúguundirbúningur 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.  Suðan fyllir ekki í fúgu, ójöfn suðubreidd, óreglulegt yfirborð suðu.  Íhvolft röt.	Rangur undirbúningur skeyta.  Rangur suðuhraði/strengja-stærð. Kæruleysi/kunnáttuleysi við framkvæmd suðunnar.  Rangar stillibreytur. Rangur undirbúningur fúgu. Rangur halli suðupinna/-byssu. Of langur ljósbogi.	Almennt: Gætið þess að hlutar vinnslustykkisins passi saman.  Almennt: Fylgist með fúguköntunum svo að suðan fylli í fúguna án þess að flæða útfyrir.  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.  MMA: Ef suðuferilslýsingin og pinninn leyfa; prófið að sjóða á jafnstraumi, mínuspól.

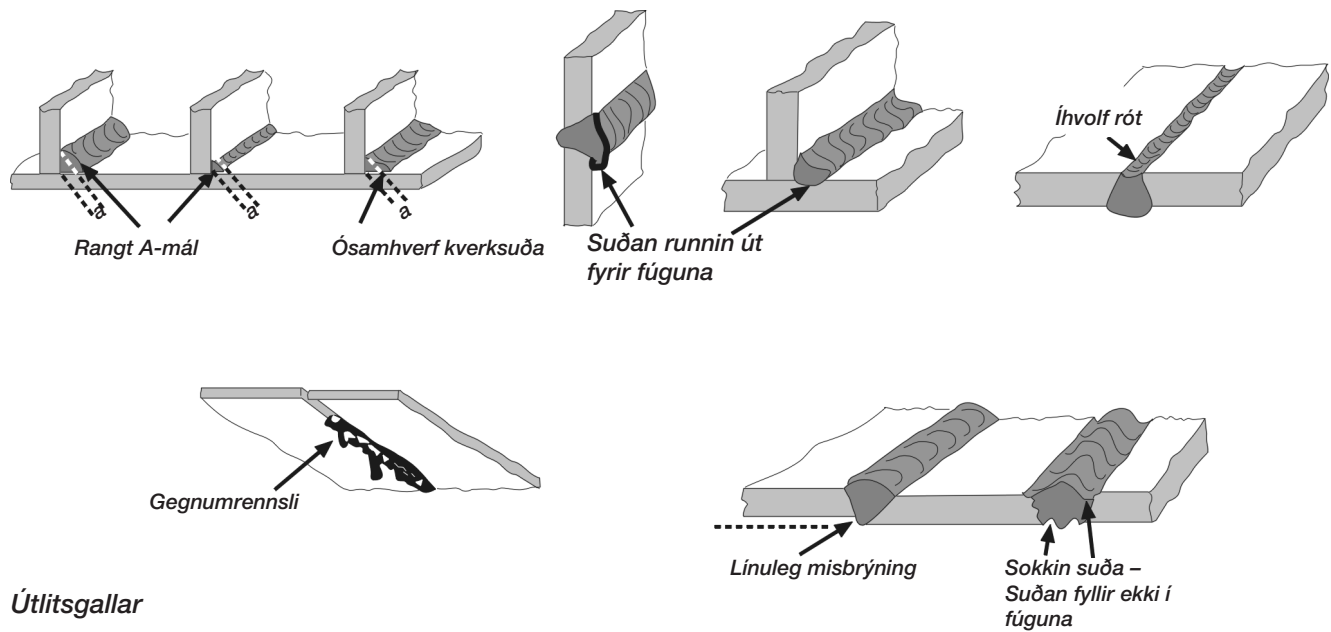


Skörp kantsár skapa misbrest og eru talin með alvarlegri suðugöllum.

Mjúk, grunn og stutt kantsár er aftur á móti hægt að una við.



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	IST-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. 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 óvarkárni við slípun.	Almennt: Sýnið varkárni við slípun svo að forðast megi sár.
	605		Meitiláverkar.	Staðbundnir skaðar vegna óvarkárni 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 suðuferilslýsingar!

HEIMILDIR:

Svenska Standard SS-ISO 5817 – Svenska Standard SS ISO 6520 – Standardiseringskommissionen.

Marten Huisman – Filarc



## T4.2.4 Búnaður til TIG-suðu – Uppbygging og viðhald

### Riðstraumsspennir (transari), vafningar, kjarni, hitastigs- hækkun og -stjórnun, verndun raflagna

(Sjá T1.2.3)

### For- og eftirrásir, verndun raflagna

(Sjá T1.2.3, bls. 1)

### Stilling suðustraums, mælar

(Sjá T1.2.3, bls. 2)

### Jafnstraumssuðan

(Sjá T1.2.3, bls. 2)

### Búnaður til að kveikja ljós- bogann

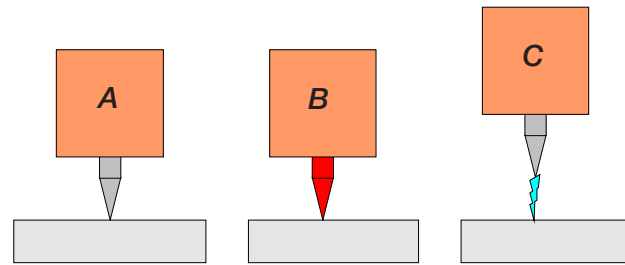
Við suðu með einföldustu gerðum TIG-suðuvéla er ljósboginn kveiktur með s.k. „snertikveikingu“, þ.e.a.s. rafskautinu er strokið varlega eftir vinnustykkinu og við það kviknar ljósboginn. Hættan við þessa kveikjaðferð er sú að það er töluverð hættan á að wolframagnir verði inniluktur í suðunni. Einnig skemmist rafskautið við hverja slíka kveikingu sem leiðir til þess að ljósboginn verður óstöðugur.

Algengasta aðferðin við að kveikja ljósbogann við TIG-suðu er með hátíðnispennum (HF), yfir loftbilið á milli rafskauts og vinnslustykkis, sjá mynd.

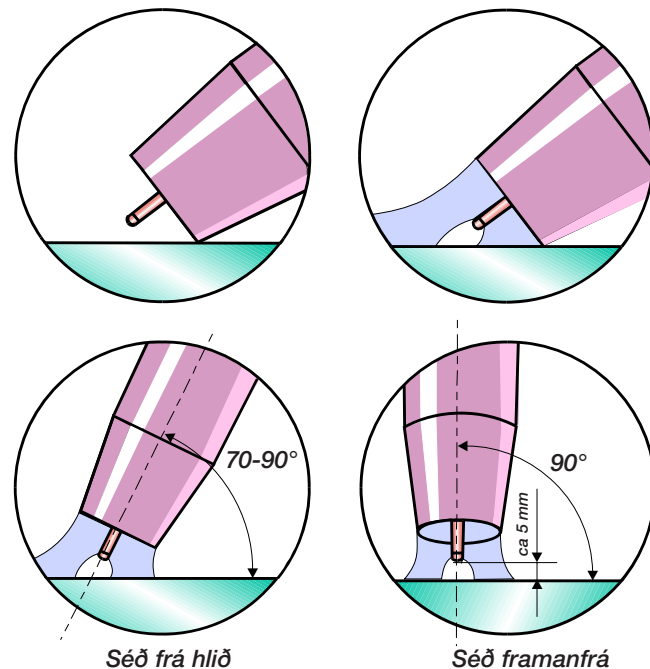
Tíðnin er ca. 3-4 MHz og spennan er ca. 2000V. Þetta framkallar neista sem jónar gasið og ljósbogi getur myndast.

Gallinn við þessa aðferð er að hátíðnigjafinn getur valdið truflunum á síma- og útvarpsendingum og skaðað viðkvæman rafeindabúnað eins og tölvukerfi og NC-stýringar véla.

Til er ein gerð kveikibúnaðar í viðbót, „Lift Arc“, þar sem rafskautið er lagt að vinnslustykkinu, þrýst á kveikihappinn og þegar rafskautinu er lyft frá vinnslustykkinu kviknar ljósboginn.



Kveiking með „lift-arc“. Setjið enda rafskautsins að grunnnefninu (A), þrýstið á rofann (B), lyftið, og ljósbogi myndast (C).



Kveiking með hátíðnibúnaði (HF).

**Suðustillibreytur** á straumgjafanum eru straumgerð (AC eða DC), straumstyrkur, pólun (plús eða mínuspóll í rafskautið), HF-gjafi (stöðugt eða aðeins við kveikingu), HF-kveiking eða Lift-Arc, hlutföll í köntuðum riðstraumi, „slope up“, „slope down“, straumpúlsun (há - og lágstraumur) og tímastillingar fyrir þetta, eins for- og eftirstreymi hlífðargass ásamt gasflæði.

Eins og sjá má eru stillibreyturnar margar, allt eftir því hve háþrúð suðuvélin er.

Þær stillibreytur sem háðar eru suðumanninum eru ljósbogalengd, halli suðubyssunnar, færsluhraði og mötun suðuþráðarins.

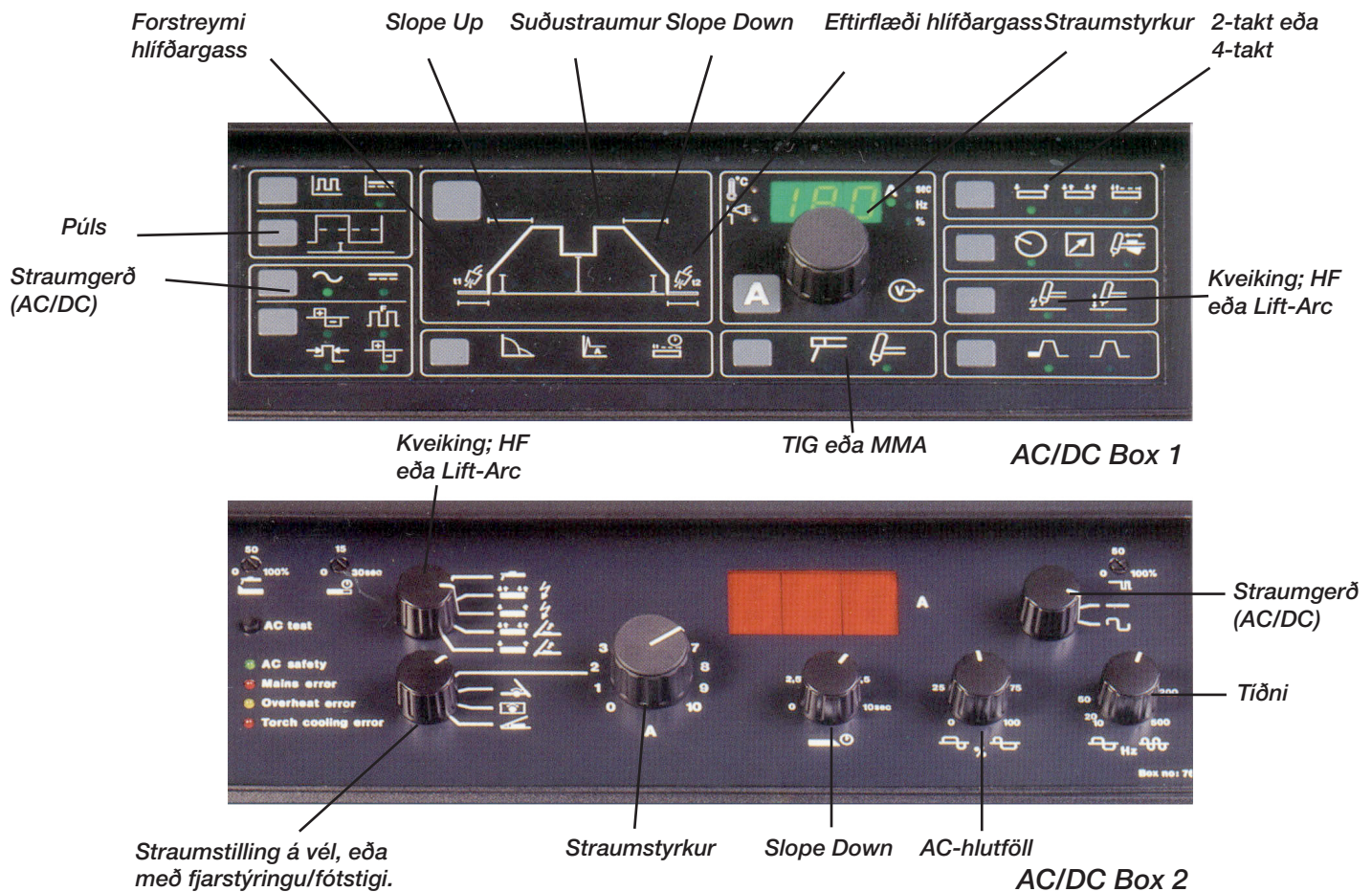
Straumstyrkurinn er stilltur þannig að fá megi góða gegnumsuðu með sem mestan suðuhraða án þess að hætta verði á suðugöllum. Grunnildi fyrir stál eru ca. 30 A/mm efnisþykktar, og ca. 40 A/mm efnisþykktar fyrir ál.

Ljósbogaspennan ræðst af ljósbogalengd, gasgerð og lögun rafskauts, og er því aðeins hægt að hafa óbein áhrif á hana.

Stöðug notkun hátíðnispennu er við suðu með riðstraumi, til að auðvelda kveikingu ljósbogans við hverja sveiflu „yfir núllið“. HF er aðeins notað við kveikingu þegar soðið er með jafnstraumi og slokknar síðan sjálfkrafa. Þegar ljósboginn er kveiktur þarf ekki hátíðnispennu til að viðhalda honum.

For- og eftirstreymi hlífðargass eru stillingar á suðuvélinni sem eru til að tryggja gæði suðunnar. Forstreymið sér til þess að gasið sé til staðar þegar ljósboginn kviknar og hlífir einnig rafskautinu fyrir oxun í andrúmsloftinu.

Eftirstreymið er til þess að gasið flæði um stund eftir að slökkt er á ljósboganum og hlífi þannig heitri suðunni og rafskautinu fyrir súrefninu í loftinu, fyrst og fremst til að hindra oxun. For- og eftirflæði er stillt í sekúndum.



Stillimöguleikarnir geta verið margir eða fáir, allt eftir framleiðanda vélar og notkunarviði.

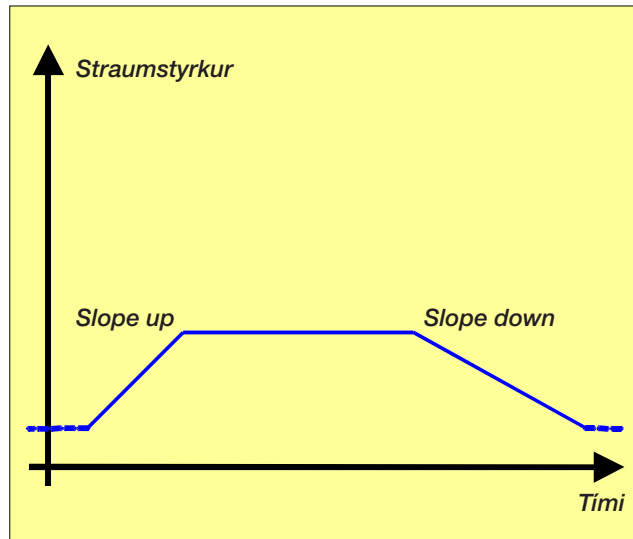
## Slope up og slope down stillingar

Flestar TIG-suðuvélar hafa í dag svokallaðar slope-stillingar; slope-up og slope-down.

Oftast þegar ljósbogi er kveiktur þá kviknar hann samstundis, þ.e.a.s. af fullum krafti. Við TIG-suðu getur það valdið of snöggri hitun rafskautsins og hættu á að wolframagnir frá skautinu lendi í suðunni.

Með slope-up eykst straumurinn smám saman þannig að rafskautið hitnar hægt og hættan á að fá wolfram í suðuna minnkar.

Slope-down stillingin kemur í veg fyrir myndun samdráttarholrýma í endagíg suðunnar. Slope-virknin er stillt þannig að straumurinn minnkar hægt, sem hefur þau áhrif að suðan kólnar einnig hægt.



Slope up - slope down, hlutföll straums og tíma.

## Púls-stilling

Sumar suðuvélar eru einnig með þeim möguleika að láta strauminn púlsa, þ.e.a.s. láta hann sveiflast á milli ákveðins grunnstraums og hærri púlssstraums. Efnið bráðnar þegar suðustraumurinn er hár – og storknar þegar grunnstraumurinn er á.

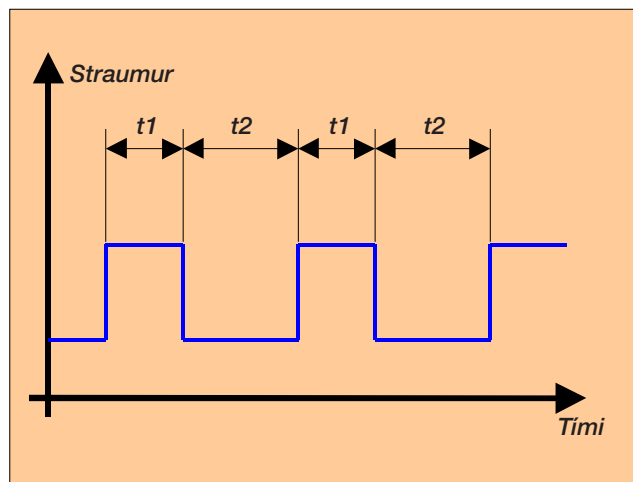
Púlsun hefur ýmsa kosti við TIG-suðu. Meðal annars betra vald á gegnumsuðunni í þunnu efni, minni hitadreifingu – sem er kostur við suðu í ryðfrítt stál – ásamt minni formbreytingum.

### Kostir við púlsun:

- Auðveldar suðu í stór suðubil
- Auðveldar suðu í þunnt efni
- Bætir stjórn á hitaflæði
- Auðveldar suðu í stellingum
- Gefur kost á betri stjórn á lögun suðunnar
- Storknunarferlið verður betra fyrir efnið

### Gallar við púlsun:

- Hægvirkt aðferð
- Búnaður dýr í innkaupum
- Þreytandi fyrir augun
- Erfitt að stilla tíma/straumhlutföll



Grunnþættir púlssunar.

## Búnaður til jarðtengingar, suðukapall, TIG- suðubysa

Suðukaplarinn fyrir TIG-suðu eru mismunandi. Jarðkapallinn er sömu gerðar og notaður er við pinnasuðu. Við jafnstraumssuðu með TIG er hann tengdur við plúspólinn.

Þær slöngur og kaplar sem tengja saman suðuvél og suðubysu eru saman kallaðar suðukapall.

TIG-suðubysur eru til í tveimur útgáfum hvað varðar kælingu, sú sjálfkælda (loftkælda) og sú vökvakælda.

**Sjálfkældar suðubysur** hafa enga sérstaka kælingu, heldur er það aðeins þeirra eigin efnismassi, sem ræður hitaþoli þeirra. Stærstu sjálfkældu byssurnar eru ætlaðar fyrir mest 150 A.

**Vökvakældar byssur** eru kældar með vökva sem dælt er frá sérstökum geymi. Þær þola allt að 500 A suðustrau.

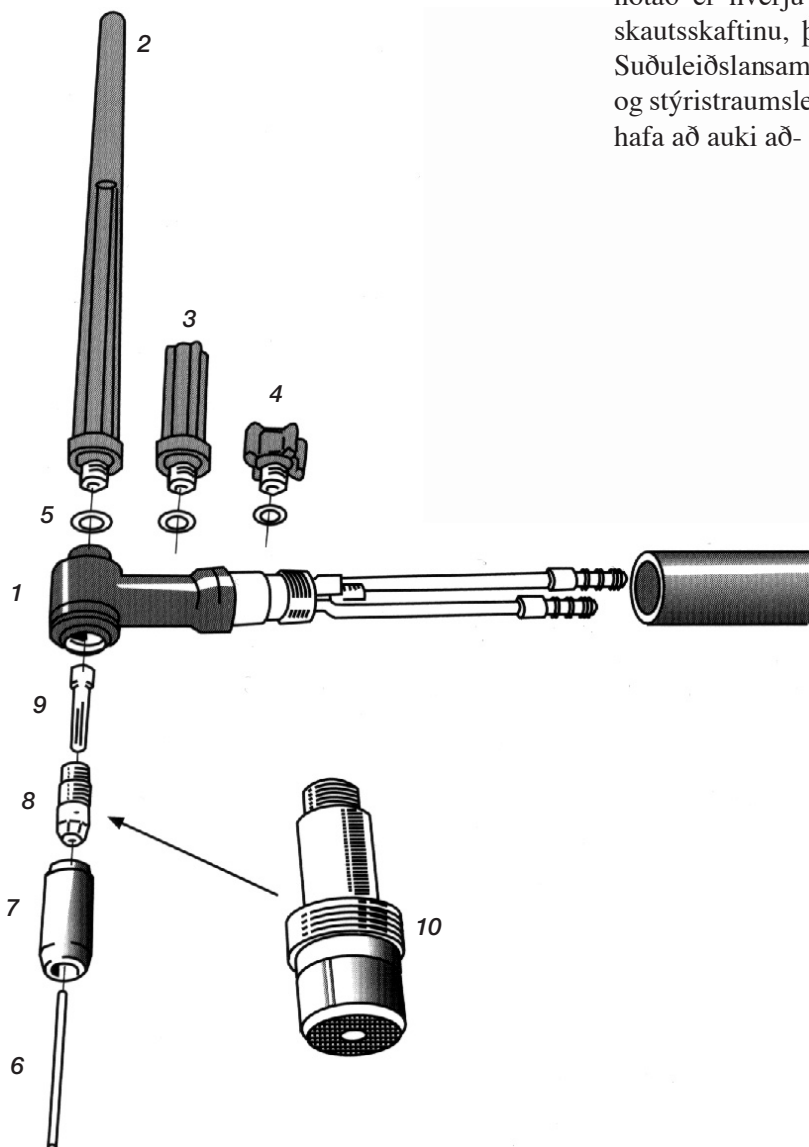
Suðubysur eru til af mörgum gerðum, til dæmis með ólíkum halla, sveigjanlegum hálsi og með stuttum eða löngum „hala“.

**Gashulsur** eru gerðar úr postulíni eða áloxíði. Innra þvermál gashulsunnar á að vera fjórfalt þvermál rafskautsins. Gashulsan á að vera heil og hrein. Það kemur í veg fyrir truflanir á gasflæðinu sem getur valdið loftbólum í suðunni.

**Gasdreifarinn** er búinn rásam (minnir á sturtuhaus), sem dreifir gasinu jafnt. Gasdreifarinn kemur í sumum tilfellum í staðinn fyrir rafskautshaldarann (spíssinn), og kemur sérstaklega að gagni þegar soðið er með meiri skautlengd en venjulega, t.d. í kverksuðu eða í mjög þröngar raufar.

Notkun gasdreifara getur minnkað gasnotkun um allt að 50%, og gasflæðið verður heldur ekki eins viðkvæmt fyrir hreyfingu á loftinu í kringum suðustaðinn.

**Rafskautsfestingin** heldur wolframrafskautinu föstu. Hún á að vera af réttri stærð fyrir það rafskaut sem notað er hverju sinni. Herðið ekki of fast með rafskautsskaftinu, því auðvelt er að skemma festinguna. Suðuleiðslansamanstendur afstraumleiðslu, gasslöngu, og stýristraumsleiðslu. Leiðslurvökvakældra suðubysa hafa að auki að- og frálagir kælivökvans.



*Mynd af vökvakældri TIG-suðubysu*

1. Byssuhöfuð.
2. Langt rafskautsskaft
3. Millilangt rafskautsskaft
4. Stutt rafskautsskaft
5. O-hringur
6. Wolframrafskaut
7. Gashulsa
8. Rafskautshaldari (spíss)
9. Rafskautsfesting
10. Gasdreifari (Gaslinsa)

## Viðhald búnaðarins; ástand leiðslna og tenginga, hreinleiki snertiflata og íhluta, gasflæði og eftirlit með því

Búnaðinum þarf að halda við og meðhöndla hann af varúð, hafa þarf það í huga að suðukapallinn samanstendur af mörgum lögnum. Suðukaplinum verður að hlífa við of miklum hita, hvössum brúnum og öðru sem gæti valdið honum skaða.

Suðubysan er sérstaklega viðkvæm. Margir suðumenn vilja gjarnan breyta halla byssuhaussins, en það getur haft í för með sér að gas- og vökvaleiðslur eða tengingar rofna. **Það hafa ekki allar suðubysur sveigjanlegan háls!**



Suðubysa með sveigjanlegum hálsi.

Hafa ber í huga að upp getur komið leki sem er svo lítill að suðumaðurinn verður ekki var við hann. Lekinn getur samt valdið suðugalla sem kemur kannski ekki í ljós fyrir en eftir að soðin hafa verið mörg suðuskeyti.

Eins og sjá má á myndinni á síðu hér á undan eru margir slithlutir sem þarf að fylgjast með reglulega.

Rétt gasflæði er einn mikilvægasti þátturinn við alla hlífðargassuðu. Það er ekki nóg að treysta flæðimælinum á þrýstijafnaranum á gashylkinu, heldur verður að mæla gasflæðið með mæli sem settur er yfir gashulsuna.

Mælið gasflæðið a.m.k. tvisvar á dag, t.d. í byrjun vinnudags og síðan nokkrum tímum síðar, t.d. um hádegisbil.



Flæðimælir á suðubysu.

## Kvörðun til að fylgjast með stilliskekkjum

(Sjá T4.2.3.)

### Eftirlit til að tryggja rétta virkni

Almennar reglur um viðhald og eftirlit með suðu-búnaði:

- Gerið engar aðgerðir á suðuvélinni nema að hafa lesið viðhaldsleiðbeiningar.
- Gerið engar aðgerðir á suðuvél sem er í ábyrgð.
- Hreyfið ekki við rafbúnaði nema að hafa til þess tilskilin réttindi.
- Gerið engar aðgerðir á vélinni nema straumur hafi verið rofinn. Sumar vélar geta haft spennu í stelli þótt slökkt sé á þeim. **Takið ávallt straumleiðsluna úr sambandi.**
- Alla hreinsun með þrýstilofti á að framkvæma með hreinu og þurru lofti – með minnkuðum þrýstingi!  
Notið blástursmunnstykki úr plasti.
- Notið ryksugu frekar en þrýstiloft!
- Notið ávallt rétt verkfæri.
- Notið aðeins kvörðuð mælitæki við eftirlit með suðuvélinni.
- Staðsetjið ávallt suðuvélina þannig að hún fái

nægjanlega kælingu. Heftið aldrei loftflæði að eða frá.

- Staðsetjið ekki suðuvélar þannig að þær verði fyrir neistaflugi frá slípivélum.
- Gætið þess að kæliviftan dragi ekki inn málmryk frá slípivélum. **Slökkvið á vélinni á meðan sópað er í kring.**
- Vélin á að standa stöðug og dálítið ofan gólfs. **Notið ekki vélina sem hillu eða bord.**
- Sjóðið aldrei með vél sem ekki er í fullkomnu lagi. **Gerið tafarlaust hlé á suðunni ef truflanir verða.**
- Gætið þess að slöngur, kaplar, suðuleiðslur o.þ.h. klemmist ekki eða skaðist af heitum hlutum. **Hengið alltaf upp slöngur og kapla.**
- Gashulsur úr postulíni eru viðkvæmar. **Leggið því aldrei suðubyssuna á gólfíð!**
- Fylgið ávallt fyrirmælum framleiðanda um meðferð á gasflöskum og fylgibúnaði þeirra.
- Munið að óhreinindi leiða alltaf til slits!

### Þjónusta – bilanaleit í TIG-suðubúnaði

Einkenni	Sennileg ástæða	Aðgerð
Suðuvélin fer ekki í gang	Stofnöryggi bilað	Skiptið um öryggi
Enginn suðustraumur. Kveikt á höfuðrofa og gaumljós lýsir.	Stofnöryggi bilað	Skiptið um öryggi
	Jarðkapall eða suðuleiðsla illa tengdar	Athugið tengingar
Enginn suðustraumur. Kveikt á höfuðrofa og gaumljós lýsir. HF og hlífðargas virkar	Jarðkapall ótengdur	Athugið tengingar
	Bilun í suðuleiðslu	Athugið suðuleiðsluna
	Bilun í stýristraumi	Athugið míkrofofa/segulrofa (kallið til viðgerðarmann ef skipta þarf um segulrofann)
Enginn suðustraumur. Kveikt á höfuðrofa og gaumljós lýsir. Ef vélin hefur aðvörunarljós fyrir bilanir – lýsir það?	Vélin þarf lengri tíma til að hitna	Slökkvið og kveikið á ný eftir ca. 15 sekúndur
	Yfirhitavörnin slær út	Látið vélina kólna og reynið aftur
	Lélegt kæli loftsfæði	Staðsetjið suðuvélina þannig að loftflæði sé óhindrað. (Athugið ryksiu ef slík er til staðar)
	Spennir alvarlega skítugur	Opnið vélina og blásið varlega með þrýstilofti eða ryksugið (rjúfið fyrst strauminn!

Einkenni	Sennileg ástæða	Aðgerð
Ljósboginn slokknar stundum. Kveikt á höfuðrofa og gaumljós lýsir.	Spennusveiflur dreifikerfis meiri en vélin þolir  Yfirálag á wolfram-rafskaut (AC-suða)	Veljið rétt spennusvið 380 V=342-418 V (Hafið samráð við rafvirkja)  Veljið rétta stærð rafskauts
Hátíðnispenna (HF) of veik	Ófullnægjandi eða ekkert flæði hlífðargass  Neistabil í HF-búnaði of lítið. Neistaskautin oxíderuð RJÚFIÐ STRAUMINN!	Gasslangan ótengd eða skemmd. Aukið gasflæðið eða skiptið um slöngu  Hreinsið skautin og stillið neistabilið samkvæmt leiðbeiningum framleiðandans.
Engin hátíðnispenna	Bilað öryggi fyrir HF  Neistaskaut í HF ónýt	Skiptið um öryggi samkvæmt leiðb. framl.  Endurnýjið HF-búnaðinn.
Suðubysan hitnar óeðlilega	Of lítið eða ekkert vatn á kælikerfinu  Kælivökvaslöngur rangt tengdar  Kælivökvaslöngur tepptar af óhreinindum  Hringrás kælivökvans teppt.	Fyllið á geymi kælikerfisins samkvæmt leiðbeiningum framleiðanda  Tengið samkvæmt leiðbeiningum  Hreinsið kælikerfið.  Opnið lok vökvageymisins og athugið tilbakflæði. (Ef hreinsa þarf kælikerfið – notið þá þrýstiloft með minnkuðum þrýstingi – hámark 2 bar.
Vökvakælibúnaður virkar ekki. (Kveikt á höfuðrofa og gaumljós lýsir)	Hitaskynjari rangt stilltur  Þrýstivari stíflaður  Dælumótor bilaður  Dælan óvirk bætið við vökvann ef þörf er á.	Stillið skynjarann (fáið til þess viðgerðarmann)  Hreinsið þrýstivara  Skiptið um mótör (fáið til þess viðgerðarmann)  Skiptið um dælu. Athugið kælivökva, skiptið um.
Ekkert hlífðargas	Gasslangan ótengd eða biluð  Gasslangan klemmd  Segulloki bilaður  Bilun í stýriraum	Tengið / skiptið um gasslöngu  Losið slönguna og athugið að hún sé óskemmd  Skiptið um lokann (fáið til þess viðgerðarmann)  Fáið viðgerðarmann til að laga bilunina
Ekkert eftirflæði hlífðargass. Wolframrafskautið mislitt eftir suðu	Tími eftirflæðis of lítill  Bilun í stýribúnaði	Lengið tímann  Fáið viðgerðarmann til að laga bilunina
Ekki hægt að stilla suðustraum	Bilun í stýribúnaði	Fáið viðgerðarmann til að laga bilunina

Einkenni	Sennileg ástæða	Aðgerð
Ljósboginn kviknar illa	Of stuttur tími forflæðis	Lengið tímenn (mikilvægt ef suðuleiðslan er löng)
	HF of veik	Aukið gasflæðið
	Óhreint Wolframrafskaut eða skemmdur endi rafskauts (við DC-suðu)	Slípið enda rafskautsins
	Wolframrafskautið hefur rangt slípaðan enda eða er óhreint	Slípið rafskautið
	Álagið á wolframrafskautið er of lítið (kemur helst fram við AC-suðu)	Veljið rétta stærð rafskauts (minni).
	Óhrein gashulsa (HF-neisti hleypur frá rafskauti í gashulsu og áfram í vinnslustykkið)	Skíptið um gashulsu
	Skemmdir á einangruðum hlutum suðubýssunnar (t.d. handfangi)	Skíptið um skaddaða hluta eða alla suðuleiðsluna
Gashulsan er of lítil fyrir rafskautið (4 x þvermál rafskautsins)	Setjið í stærri gashulsu	

## Slípun wolframrafskautsins

Sjá T1.2.2.



## VIÐHALDSÁÆTLUN TIG

Vélar- tegund	Gerð	Framl.- ár	Vélar- nr	Skr. nr	Deild	Athugasemdir
Tíðni						Frankvæmt af:
Dagl.	Vikul.	Mán.	Hálfsárs	Viðhaldsaðgerð TIG	Skýringar	
			S	1. Hreinsun suðuvélar	(Skal gerast með þurru og hreinu lofti – með minnkuðum þrýstingi. Notið gjarnan ryksugu við hreinsunina).	
		S		2. Skoðun suðukapla/tenginga	(Togið í kaplana við tengingarnar. Þannig má finna hvort tengingar séu lausar og leiði þar með illa).	
		S		3. Hreinsun ryksíu	(Þvoíð síuna í vatni, e.t.v. má nota fituleysandi efni, t.d. uppþvottalög. <b>Notið aldrei eldfim leysiefni!</b> Gangið einnig úr skugga um að sían sé óskemmd. Þar sem rykugt er þarf að gera þetta oftar).	
S				4. Kveikja og slökkva á vélinni	(Til að koma í veg fyrir óþarfa slit á vélinni á að slökkva á henni í lok hvers vinnudags).	
			R	5. Prófun rafeindabúnaðar	(Skoðið leiðbeiningahandbók framleiðandans. Flestar nútíma suðuvélar eru viðhaldsfriar).	
	S			6. Athuga hvort skaðar séu á vélinni	(Suðuvélar sem fluttar eru á milli vinnustaða geta orðið fyrir hnjaski. Notið alltaf lyftilykkjur vélarinnar ef lyfta þarf vélinni).	
S				7. Þrifa suðuvinnustaðinn	(Slökkvið á suðuvélinni svo að hún dragi ekki til sín málmryk við þrífing)	
	S			8. Þrifa verkstæðið	(Við þríf í lok vinnudags er mikilvægt að byrja á því að slökkva á öllum vélum og rúlla saman slöngum og köplum. Þannig verður betur þrifið og betur farið með búnaðinn).	
		S		9. Eftirlit með gasslöngum og tengingum	(Notið lekaleitarúða við tengingarnar. Athugið hvort sprungur séu á slöngum. Slöngur sem eru í heitu og þurru umhverfi þurfa sérstakt eftirlit).	
S				10. Eftirlit með kælivökvamagni	(Það er mikilvægt að alltaf sé nægjanlegt magn kælivökva á kerfinu til að forðast skemmdir á suðuleiðslu og vökvadælu).	
			S	11. Eftirlit með kælivökvadælu	(Athugið einnig kæsilagnir í suðuleiðslu. Skoðið leiðbeiningahandbók).	
		S		12. Eftirlit með suðubyssu og suðuleiðslu		
		S		13. Eftirlit með neistabili í hátíðnibúnaði		
		S		14. Endurnýjun kælivökva *	(Rétt er að skipta um kælivökva einu sinni á ári. Notið forblandaðan vökva - ekki bara vatni!)	
S = Suðumaður      R = Rafvirki eða viðgerðarmaður      * 1 sinni á ári						

## HEIMILDIR:

Suðupróf – Lernia, Adrian Bailey, Jan Jönsson  
Migatronic

## M4.2.5 Yfirlit yfir málmsuðuaðferðir

### Upprifjun: Ljósboginn sem hitagjafi

(sjá T1.2.2)

### Upprifjun: Suðubúnaður

(sjá T1.2.3)

### Upprifjun: Suðupráður

(sjá T2.2.1)

## Grunnbættir pinnasuðu

Pinnasuða - MMA (Manual Metal Arc) hefur lengi verið ein mest notaða suðuaðferðin. Hún byggir á því að rafstraumi er hleypt á milli suðuvírs sem bráðnar niður í sífellu og vinnslustykkisins. Straumgjafinn sem er notaður er ýmist riðstraumstransari eða einhver gerð jafnstraumssuðuvéla.

Húðaður rafsuðuvír er í stöðluðum lengdum og gildleikum.

Þegar soðið er með húðuðum rafsuðuvír er suðunni hlíft með því gasi sem myndast þegar efni í hulunni brenna, þessi hlíf „tryggir“ loftbólulausa suðu.

## Búnaður til pinnasuðu

Suðubúnaðar til pinnasuðu telst, auk straumgjafans, suðutöngin og jarðklemman með tilheyrandi köplum.

Nauðsynlegir fylgihlutir eru síðan gjallhamarinn, vírburstinn, slípirokkur og jafnvel fjarstýring til straumstillingar.

Eitt af því sem skilur á milli MMA og MIG/MAG-suðu, eru eiginleikar straumgjafanna.

Fyrir MMA-suðu þarf straumgjafa með fallandi álagseinkenni, þ.e. snögg skipti úr kveiki- í ljósbogaspennum. Þetta er til þess að straumgjafinn geti jafnað fljótt út þann mun sem verður á ljósbogaspennum við breytingar á ljósbogalengdinni, og hafi jafnframt góða kveikieiginleika.

Þessir eiginleikar eiga að vera til gagns og hjálpar suðumanninum. Pinnasuðan krefst einnig talsverðrar hæfni suðumannsins.

Vegna þess hve ólíkir eiginleikar MMA véla og MIG/MAG véla þurfa að vera, er ekki hægt að nota sama *afriðilsstraumgjafann* fyrir báðar suðuaðferð-irnar. Hins vegar er hægt að nota sama *tíðnibreyti-straumgjafann*. Þar er nefnilega hægt að breyta eiginleikum eftir óskum.

## Suðupinnar

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 þvermálsstærðunum 1,6 til 7 mm. Suðupinnar sem ekki innihalda járnduft í kápunni skila 80 til 95% af þyngd bráðins kjarnavírs sem málm í suðuna, talað er um að vírinn hafi 80 til 95% nýtni. Með auknu járndufti í kápunni, aukast skilin. Þegar suðumálmurinn frá pinnanum fer yfir 130% af þyngd bráðins kjarnavírs, flokkast hann sem *háafkastapinni*.

## Hulugerðir

Hula suðupinnans þjónar meðal annars því hlutverki að auðvelda jónun ljósbogans, mynda gas, færa afoxunarefni og íblöndunarefni í suðuna, mynda verndandi gjall sem þekur suðuna og hjálpar til við að forma hana ásamt því að auka nýtni pinnans. Algengustu hulugerðirnar eru eftirfarandi:

### Rútlpinnar

Rútlpinnar sem innihalda mikið af steinefninu rútl,  $TiO_2$ , eru auðveldir í kveikingu og notkun. Þeir henta því vel til notkunar þar sem þarf stöðugt 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 yfirgangurinn 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 óblönduð stál.

### Rútl háafkastapinnar

Háafkastapinnar eru auðsoðnir, mynda gjall sem auðvelt er að hreinsa, fallega strengi og henta sérstaklega vel til lárétrar 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 rútlpinnum 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 suðuhræða 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 rútl- eða súra pinna. Basískt gjall hefur lægri bræðslumörk en gjall eftir rútl- 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.

### Zirkon- og rútlbasískir pinnar

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

- Zirkonbasískir pinnar eru fljótsóðnir og fyrst og fremst notaðir í lárétrri stöðu.
- Rútlbasískir pinnar sameina góða suðueiginleika rútlpinnanna með háum gæðum suðumálsins hjá basískum pinnum.

### Ryðfrír pinnar

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

Hulan getur verið rútl (algengast), basísk, rútl-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.

### 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 nikkell, nikkellhutfallið er frá 60% til 100%.
- Álpinnar, til suðu í ál og álblöndur, bæði steipt og valsad 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.
- Cellulósapinnar, fyrst og fremst til suðu lóðrétt fallandi á röralögnum (pipeline). Hár straumur samfara sverum pinnum og góðri innbrennslu gefa mikinn suðuhræða.

## Flokkun rafsuðupinna

Húðaðir rafsuðupinnar fyrir ljósbogasúðu eru m.a. flokkaðir samkvæmt Evrópustaðli EN og alþjóðlegum, ISO. Í Evrópu nota EU- og EFTA löndin sam-eiginlega 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 ISO 6947** um suðustöður

**ÍST EN 287-1** um hæfnispróf suðumanna

**ÍST EN ISO 5817** um flokkun suðugalla

**ÍST EN 22553** 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 °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.

## 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 sérstakt samþykki frá t.d. De Norske Veritas eða Lloyds Reg. of Shipping.

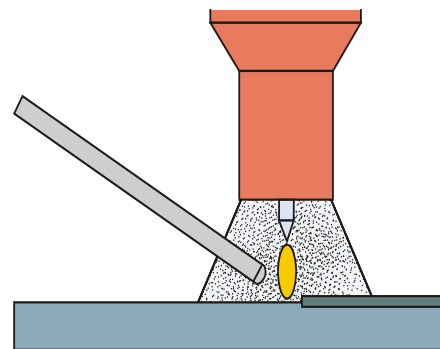
## Grunnatriði TIG-suðu

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 jafnstraumi. Ál og álblöndur verður hinsvegar að sjóða á riðstraumi vegna þess hve torbrædd oxíðhúðin á álinu er. Riðstraumurinn brýtur upp oxíðhúðina þannig að komist verði að hreinum málmnum. Það er hægt að sjóða ál á jafnstraumi plúspól (+), en þá er hætta á að wolfram-rafskautið 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 búnaðurinn er einfaldur og kröfurnar litlar. Oftast er notuð hátíðnikveiking til þess að kveikja ljósbogann, en þar sem hátíðnitraumur truflar m.a. útvarpsbylgjur hafa aðrar gerðir kveikibúnaðar litið 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.



TIG-suða er gerð í hlíf af streymi óvirks gass. Suðuefninu er bætt í handvirkt.

## Búnaður til TIG-suðu

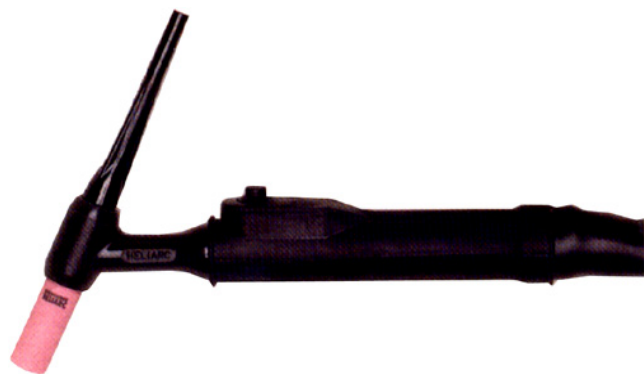
Straumgjafinn fyrir TIG-suðu getur verið afriðill, inverter, transari eða straumgjafi sem hefur bæði rið- og jafnstraum, þar sem hægt er að stilla á þann straum sem hentar hverju sinni. Á eldri búnaði var straumgjafinn sér og kveikibúnaðurinn sér, en á nýrri vélum er allt sambyggt í sömu einingu.

Fyrir utan straumgjafa og kveikibúnað, er stýribún-aður 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 zirkonium, lanthani og ceriumi.

Suðubyssan samanstendur af suðuhandfangi, festingu fyrir rafskautið og gasdreifara. Fremst er gashulsa (postulínshulsa) og aftast er rafskautsskaft sem rúmar og hlífir rafskautinu.



TIG-suðubysa.

## Örugg vinna við hlífðargas-suðu; geymsla og meðhöndlun 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 meðhöndlun þeirra.



Suðustraumgjafi fyrir TIG-suðu.

**Beinið aldrei hita  
að gashylkjum eða búnaði!**

## 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 gaslögum að handfangi og brennara.

Loganum má skipta í kjarnaloga og ytri loga. Heitastur er loginn rétt framan við kjarnalogann.

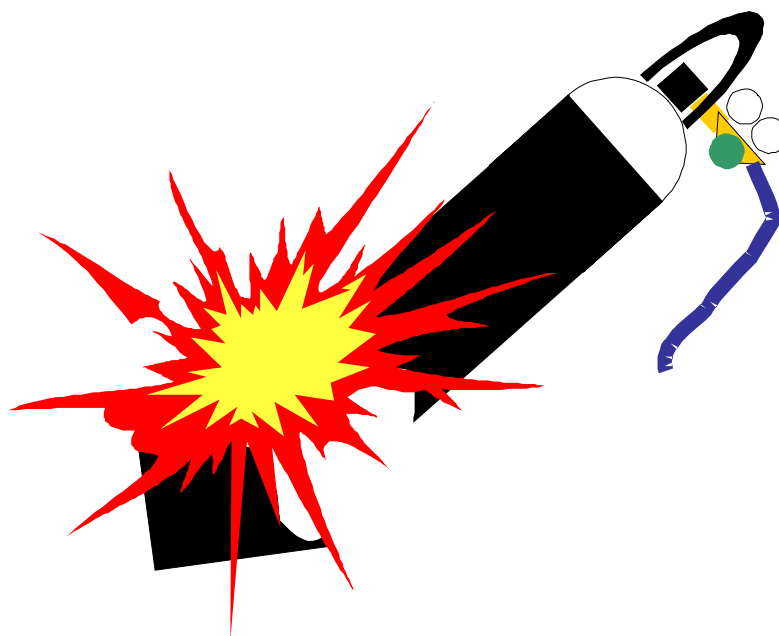
## Örugg vinna við logsuðu

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 sjálfsögðu öryggistækja. Á suðuhandfanginu eiga einnig að vera einstreymislokar.

Innan seilingar frá gastækjunum á einnig að vera hlífðarhanski sem nota skal við að loka gashylkjunum



*Gashylki geta sprungið ef meðferð þeirra er röng.*

### HEIMILDIR:

„Suðuhandbækur“ – ESAB, AGA, Kemppi

„Frumsemið efni“ – Bengt Westin

## T4.2.6 Örugg vinna á byggingarsvæðum (E5.2.3, M4.2.6, G5.2.3)

**Vinnuaðstæður: sérstök vandamál við vinnu utanhúss, vinna í mikilli hæð, vinna í erfiðu landslagi, miklum hita, kulda eða vindi**

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.

Oft fer meginhluti suðuvinnunnar fram á verkstaðinu, en endanlega samsetningu verður að framkvæma á byggingarstað. Suðuvinna 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 útivinnu.



*Dæmi um yfirbyggðan vinnustað.*

Pinnasuða og sjálfverndandi rörþráður (Innershield)



*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.

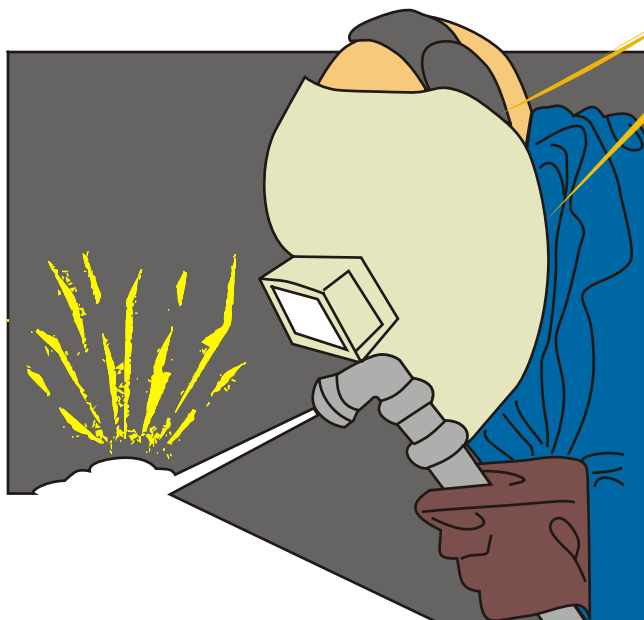
### Hitastig

Það ætti að forðast suðuvinnu þegar hitinn er undir frostmarki, þar sem mikil hætta 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 vedri. Suðuspraut og útfjólublá geislun gera hlífðarföt og annan hlífðarbúnað nauðsynlegan í hvaða vedri 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



Sólskin inn í suðuskerminn er óþægilegt. Munið að nota ALLTAF hlífðarbúnað við suðu.

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

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 hætta 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.



Geymið suðuefnið í hitaboxi eða 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.

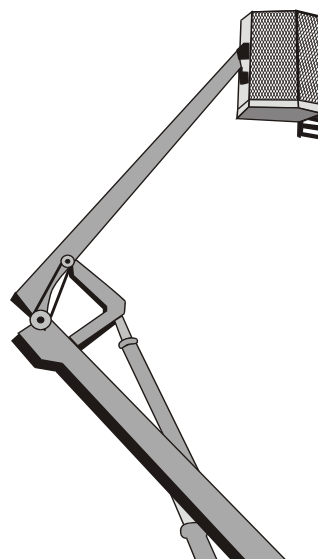
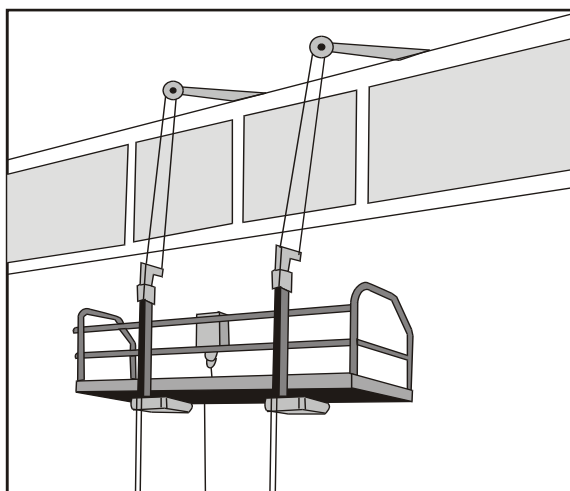
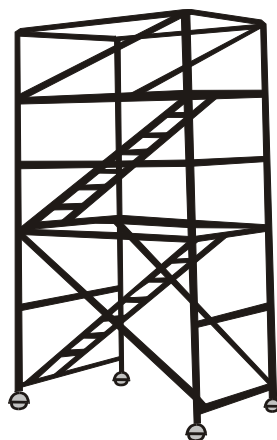
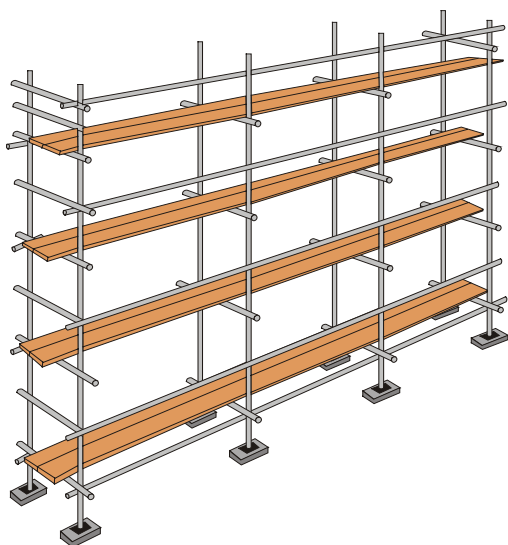
Þegar unnið er í færanlegum vinnukörfum eiga stuðningsfæturnir að vera á stöðugum grunni.

Gætið þess að festa stiga og tröppur vandlega.

**Örugg vinna í mikilli hæð**

Það má aldrei hunsa öryggið þegar unnið er í mikilli hæð. Slyss 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 suðurásarinnar 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.

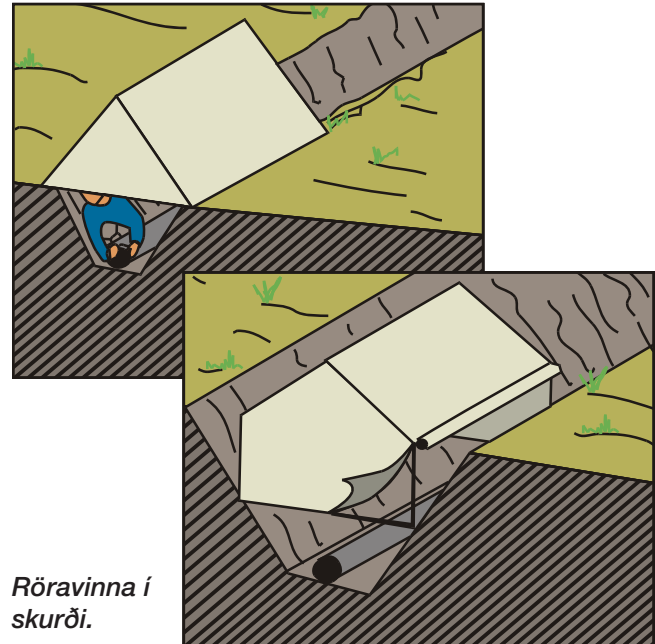
Til dæmis getur suðustraumurinn gert jarðtengingu húsarafmagns óvirka, eyðilagt rafstýrða loka, skaðað lyftuvíra o.s.frv. Varist sérstaklega að jarðtengja í járnabindingu.

### Að hlífa vinnufélögum við hættum suðuvinnunnar

Vinna á byggingarstöðum er sérstaklega áhættusöm. Tímappressa, margir iðnaðarmenn á litlu svæði, slæmt



*Aðdráttarafli 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!**

veður o.s.frv. eykur áhættuna. Það er þess vegna afar mikilvægt að verkfæri og annað sé staðsett þannig að fallhættan verði sem minnst. 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 gasslóngur. 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



**TIG**  
**Áfangi T 5**  
**T 5.1 verklegar æfingar**  
**T 5.2 bóklegt nám**



## T 5.1 Kynning

Tímamörk 2 klst.

### Áfangi EWF-T5 rörasuða

Í áfanga T 5 er bætt við verklega kunnáttu með því að æfa suðu á rörum, í stöðunum PA, PC, PF og H-LO45. Í töflu T 5.1 í leiðbeiningum EWF er að finna þær æfingar sem sjóða á í þessum áfanga.

Í lok áfangans eru þrjú suðupróf í rör, í stöðunum PC, PF og H-LO45, ásamt einu skriflegu prófi.

Prófstykkinn fyrir EWF-próftökuna er einnig hægt að nota til skírteinisútgáfu samkvæmt ÍST EN 287.

Þessum áfanga tilheyra einnig fimm bóklegir kaflar:

**T 5.2.1 Framleiðsla stálröra**

**T 5.2.2 Suðuskeyti röra**

**T 5.2.3 Yfirlit yfir suðuaðferðir – II**

**T 5.2.4 Gerð suðuferla**

**T 5.2.5 Skoðun og prófun**

### Framleiðsla stálröra

Rör eru alvanalegt byggingarefni sem notað er á öllum hugsanlegum sviðum. Algengust eru sívöl rör, en til eru líka ferköntuð rör, bæði með jafnlangar hliðar og mislangar.

Nokkur dæmi um notkun röra, sem smíðaefnis, eru t.d. reiðhjól, vinnupallar, kappakstursbílar o.fl. o.fl. Sem leiðslur fyrir gas- og lofttegundir, eins og t.d. súrefni, acetylen, gufu o.fl. Fljótandi efni, eins og t.d. olía og vatn. Ásamt föstum efnum, eins og t.d. tréspónum, sorpi, sandi, korni o.fl.

TIG-suða hentar vel við nær alla rörasuðu.

### Stúfsuðuskeyti röra

Sérstaka tækni þarf við rörasuðu og meðferð röra. Það á sérstaklega við um undirbúning suðuskeyta og skipulag suðunnar.

Rörenda á að skera hornrétt, skeytin þarf e.t.v. að fasa og enda röranna þarf að festa áður en hafist er handa við sjálfa suðuna.

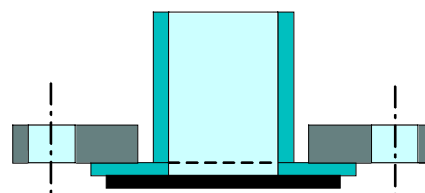
Rörin er hægt að saga, brenna eða skera með slípirokk eða þar til gerðri rörskurðarvél.

Ýmsar gerðir af röraþvingum eru notaðar til að festa enda röranna fyrir suðuna.

Í flestum röralögnum eru einnig einhver flangsateggi.

Þau geta verið af nokkrum mismunandi gerðum, allt eftir efni og notkunarsviði.

Lausir flangsar með tilbúnum krögum eru algengir í lögnum úr ryðfríu stáli (Sjá mynd).



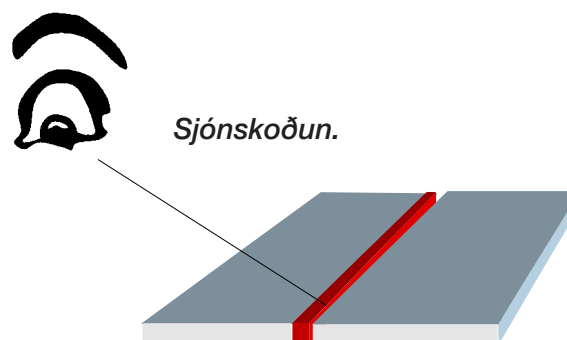
**Laus flangs með tilbúnum kraga**

Gerð suðuferla felur í sér að kannað er fyrirfram hvaða kröfur eru gerðar, hvaða suðuefni þarf að nota, og að suðuferlið er skipulagt samkvæmt þessu. Það skjal, eða skýrsla sem lýsir þessu ferli er kallað WPS eða Welding Procedure Specification eða suðuferilskýsing á íslensku og er leiðarvísir um það hvernig suðuvinnan á að fara fram, og þar eru leiðbeiningar um suðuaðferð, raufargerð, stillibreytur, hreinsun o.fl. Við gerð suðuferilskýsinga er stuðst við staðlinn ÍST-EN 288.

*Skoðun og prófun* koma við sögu þegar sérstakar kröfur eru gerðar til suðuvinnunnar. Um getur verið að ræða könnun á suðuhæfni, eftirlit með suðuvinnu, eða hæfnispróf suðumanns.

Prófanir á suðum geta verið bæði aflfræðilegar (destructive) eða skaðlausar (not destructive). Aflfræðilegar prófanir eru t.d. brot-, högg-, beygju- og hörkuprófanir sem gerðar eru á sérstökum prófunarstykkjum en ekki á fullunni vöru. (Fyrir kemur þó að teknar eru „stikkprufur“ úr framleiðslu til prófunar).

Skaðlausar prófanir eru t.d. hin sjálfsagða sjónskoðun sem hver suðumaður gerir á vinnu sinni, röntgenmyndataka, hátíðnihljóðprófun (sónar), prófun með sprunguleitarvökva o.fl. Þessum prófunaraðferðum eru fyrst og fremst beitt á fullunna vöru.




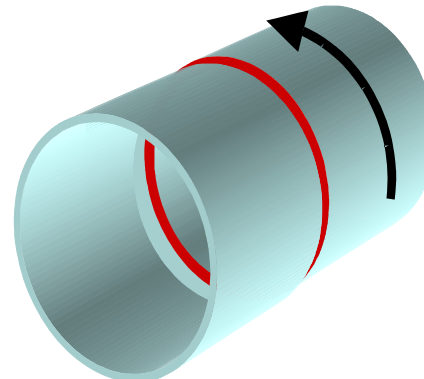
## T 5.1 Verkleg æfing

Tímamörk 17 klst.

## 2. Stúfsuða í l-rauf (WPS T5P-2-A, T5P-2-B)

Nú er komið að því að sjóða rör. Hér eru tvær suðuferilslýsingar fyrir hverja æfingu. Það sem skilur á milli er stærð rörsins sem er soðið. Hvor stærðin sem er valin, þá er fyrsta æfingin soðin í stöðu PA, þ.e.a.s. að það má snúa rörinu. Notið viðeigandi suðuferilslýsingar fyrir hverja æfingu fyrir sig.

<b>GRUNNEFNI:</b> Ryðfrí rör 2,0 x 51,0 x 150 mm Ryðfrí rör 2,0 x 114,0 x 150 mm <b>RAFSKAUT:</b> Wolfram-Torium (WT20) Ø 1.6 mm	
<b>SUÐUEFNI:</b> AVESTA SKR SI Ø2,0 (eða sambærilegt) <b>Hlífdargas: AGA MISON</b> (eða sambærilegt)	<b>Staða: PA</b> 



Fyrsta suðuæfing í þessum áfanga er suða í stöðunni PA (má snúa röri).

## Framkvæmið:

Lesið í gegnum suðuferilslýsinguna til að sjá hvernig framkvæma skal æfinguna.

Nákvæmni og vandvirkni eru nauðsynlegir þættir frá byrjun. Efnislítill rör er erfitt að skera ef ekki eru fyrir hendi sérstakar rörskurðarvélar. Ef saga á rörin í boga eða bandsög, er hægt að setja passandi sívalninginn inn í rörið til styrktar eða nota sívalar klemmur sem passa rörstærðinni. Hvorttveggja kemur í veg fyrir að rörið leggist saman.

Spyrjið kennarann ráða ef vandamál kemur upp.

Eftir undirbúning raufarinnar eiga endar rörsins að vera lausir við gráður, óhreinindi og skurðar/kælivökva. Umfram allt eiga endarnir að vera hornrétt skornir og samhliða hvor öðrum.

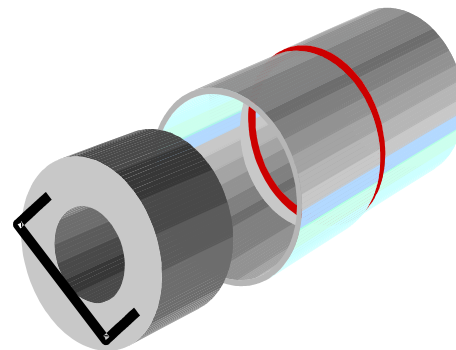
Gætið að misbrýningu kantanna við punktunina. 2 mm efni þolir ekki marga tíunduhluta í misbrýningu!

Notið helst einhvers konar röraþvingu og leitið gjarnan aðstoðar félaga.

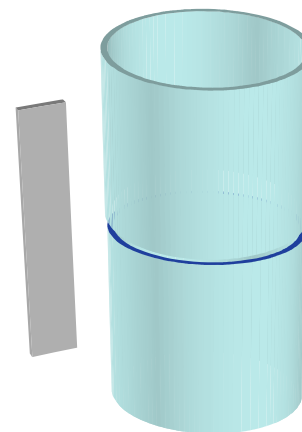
## Bakgas

Bakgas til að hlífa rótinni verður að nota í gegnum allt ferlið; frá punktun til loka suðunnar! Bilið á milli punktanna á að vera u.þ.b. ¼ af þvermáli rörsins.

Takið fram bakgasbúnaðinn. Gætið að því hvar gasinu er hleypt inn í rörið. (NH (Naton 10) er léttara en loft og á að flæða inn í efri hluta rörsins. Argon er þyngra en loft og á að flæða inn í neðri hluta rörsins).



Notið einhver hjálpartæki við sögunina svo að rörið verði ekki sporöskjulagað.



Varist misbrýningu!

Gasflæðið á að vera 5 lítrar/mín með 2 mínútna skolun áður en suðan (punktunin) hefst og 3 mínútna skolun eftir að suðunni er lokið.

Yfirleitt þarf ekki að þétta I-rauf með límbandi, en það kemur þó fyrir. Spyrðu kennarann.

Hefjið suðuna kl. 3 og sjóðið upp í átt að kl. 12. Snúðið rörinu og haldið áfram. Rör hefur þú sennilega soðið áður, en þá í kverksuðu. Það ferli er ekki svo ólíkt þessu, og þú hefur væntanlega ekki gleymt hvernig á að fylgja útlínu rörsins með suðubyssunni og vírnum.

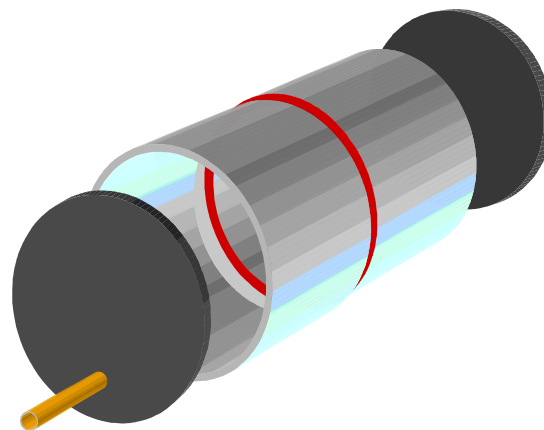
Munið að bakgasið á að flæða allan tímann meðan á suðunni stendur og að auki í svolitla stund eftir að suðunni er lokið.

Þegar suðan er tilbúin skaltu hreinsa hana með vírburstanum og sýna kennaranum.

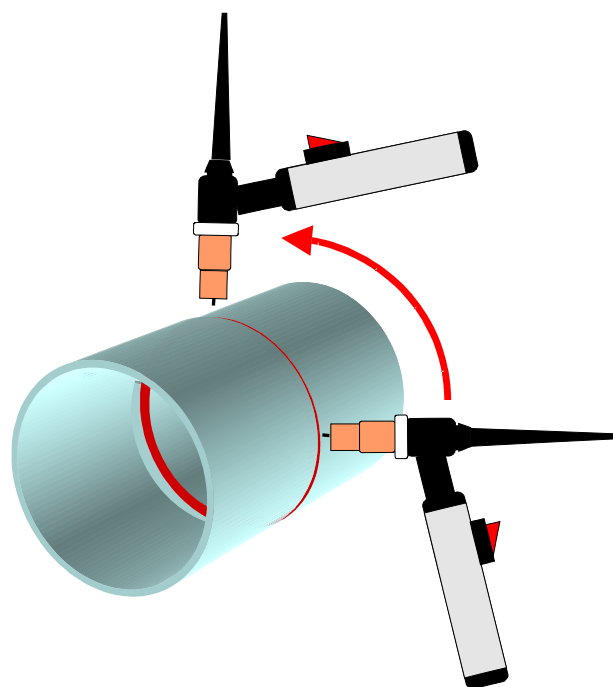
Hér er komið til sögunnar nýtt atriði sem þarf að læra, en það er samsuða við byrjunina þegar hringnum lýkur.

Sjóðið í átt að byrjun suðunnar með jöfnum hraða. Haldið áfram inn á hana u.þ.b. 5 mm. Lyftið suðu-efninu frá og rjúfið strauminn án þess að breyting verði á færsluhraðanum. Haldið áfram í ca. 15 mm og aukið þá hraðann og lyftið um leið frá suðunni. Samsuðan á þá að líta út eins og sýnt er á myndinni neðst á síðunni.

Ef niðurtröppunartímastilling (slope-down) er á suðuvélinni er hægt að auðvelda þetta með rétttri tímalengd hennar.



Setjið þéttingarnar fyrir rôtgasið í rörið. Gætið að því að staðsetja rétt stútana fyrir inn- og útlæði og að „útblástursopið“ sé hæfilega stórt til þess að halda hæfilegum þrýstingi í rörinu, án þess að það blási út um fúguna.



„Gamla“ suðan.

„Nýja“ suðan



## T 5.1 Verkleg æfing

Tímamörk 17 klst.

## 3a-3b. Stúfsuða í I-rauf (WPS T5P-3-A, T-3-B)

**GRUNNEFNI:**

Ryðfrí rör 2,0 x 51,0 x 150 mm

Ryðfrí rör 2,0 x 114,0 x 150 mm

**RAFSKAUT:**

Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

**SUÐUEFNI:**

AVESTA SKR SI Ø2,0

(eða sambærilegt)

Hlífðargas: AGA MISON

(eða sambærilegt)

Staða: PC

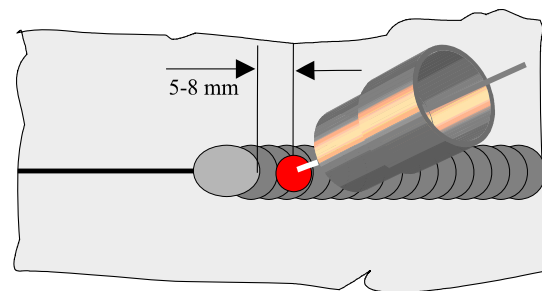
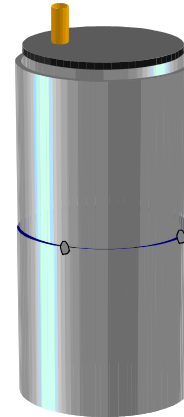
**Framkvæmið:**

Þetta er sama æfing og sú síðasta nema í stöðu PC. Einnig hér eru tvær suðuferilslýsingar tilheyrandi hvorri æfingu, fyrir tvö mismunandi þvermál rörs. Í þessari æfingu, eins og í hinni síðustu, er leyft að snúa rörinu.

Undirbúið á sama hátt og áður, hvað varðar skurð, hreinsun og punktun.

Sjóðið í stöðu PC. Gætið að halla suðubyssunnar og suðuvírsins til að minnka líkurnar á kantsárum.

Endurstartið á réttan hátt eins og sýnt er á myndinni til hægri.



*Kveikið ljósbogann örlítið aftan við suðupólinn til að tryggja rétta sambræðslu „gömlu“ og „nýju“ suðunnar.*

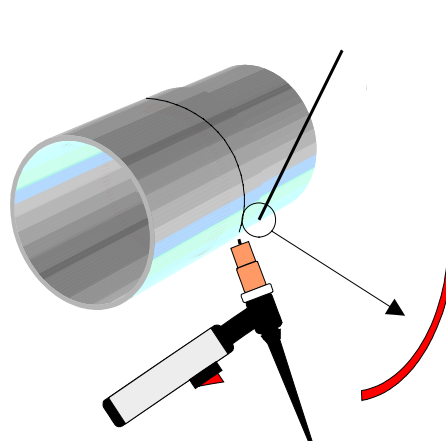
## T 5.1 Verkleg æfing

Tímamörk 17 klst.

## 4a-4b. Stúfsuða í I-fúgu (WPS T5P-4-A, T-4-B)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og gas eins og í síðustu æfingu.

Staða: PF



## Framkvæmið:

Sama æfing og áður, nema í stöðu PF.

ATH! Í þessari æfingu má ekki snúa rörinu.

Nú orðið kannst þú allt um undirbúninginn. Suða í stöðu PF er nokkuð erfið, þar sem neðri hluti rörsins þarf meiri hita en sá efri.

Það er ekki þar með sagt að breyta þurfi suðustraumnum þegar kemur upp fyrir miðju rörsins, það getur nægt að auka færsluhraðann.

*Það getur auðveldað suðuna að neðanverðu ef suðuvírinn er beygður dálítið.*

## T 5.1 Verklegr æfing

Tímamörk 17 klst.

## 5a-5b. Stúfsuða í I-rauf (WPS T5P-5-A, T-5-B)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og gas eins og í síðustu æfingu.

Staða: H-L 045



## Framkvæmið:

Síðustu æfinguna í efnisþunn rör á að sjóða í stöðu H-L 045, þ.e.a.s. að rörið á að halla um 45°. Flestum finnst reyndar þessi æfing nokkuð auðveldari en sú síðasta.

Skerið rörið, festið í stöðustilli, opnið fyrir bakgasið og sjóðið.

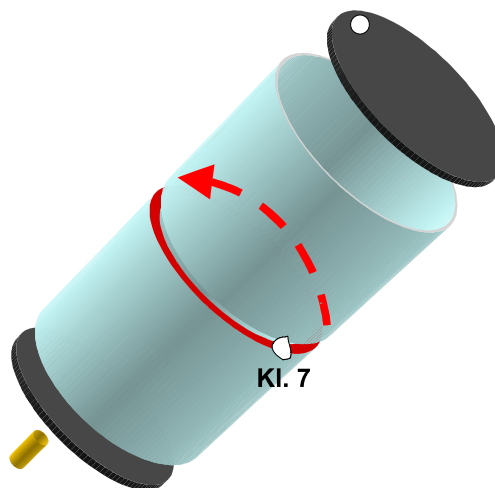
Hefjið suðuna kl. 7 og sjóðið yfir kl. 6 og upp í átt að kl. 12.

Í þessari stöðu reynist flestum önnur hliðin erfiðari en hin – allt eftir því hvort viðkomandi er réttthentur eða örvhentur.

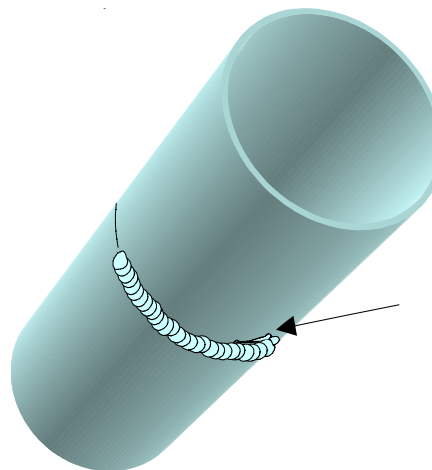
Ef tími vinnst til, er hægt að æfa sig í að sjóða með „hinni“ hendinni. Það er ekki bara í þessari stöðu sem sú kunnátta getur komið sér vel!

Varistkantsár, sérstaklega á svæðinu á milli kl. 7 og kl. 5.

Burstið suðuna og sýnið kennaranum.



**Hefjið suðuna kl. 7. Gleymið ekki bakgasinu! Ef argon er notað til að hlífa rótinni á að hleypa því á að neðanverðu.**



**Hætta á kantsárum.**

## T5.2.1 Framleiðsla stálröra (E6.2.1, M5.2.1, G5.2.1)

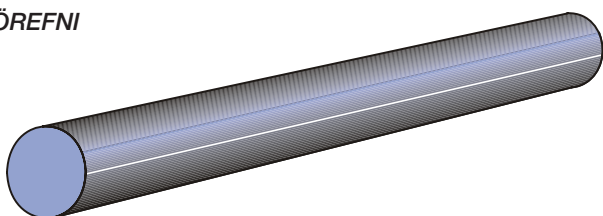
### Upprifjun:

### Framleiðsla stáls o.s.frv.

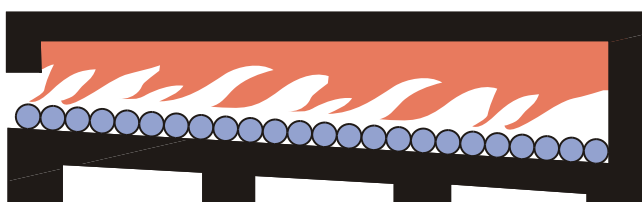
(Sjá M3.2.2)

Rör eru algengt smíðaeefni sem er notað til fjölmargra 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



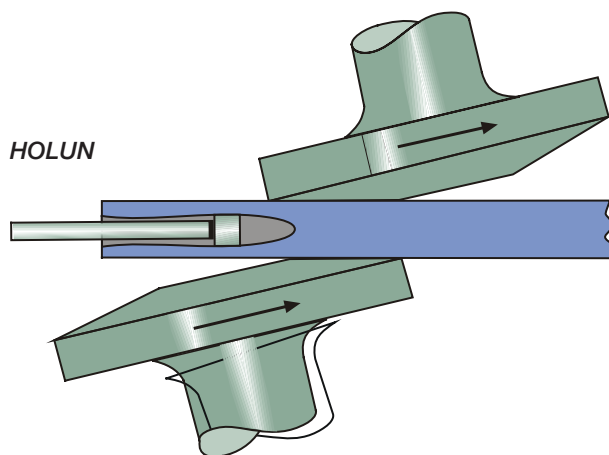
#### UPPHITUN



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

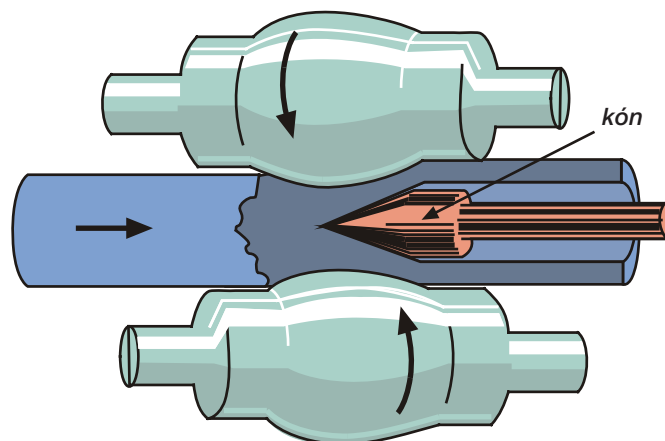
Rör eru framleidd á þrjá ólíka vegu:

1. Rörsteypa er framleiðsluáferð þar sem fljótandi stáli er hellað í rörmót. Afurðin verður „steypujárnsrör“.
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.

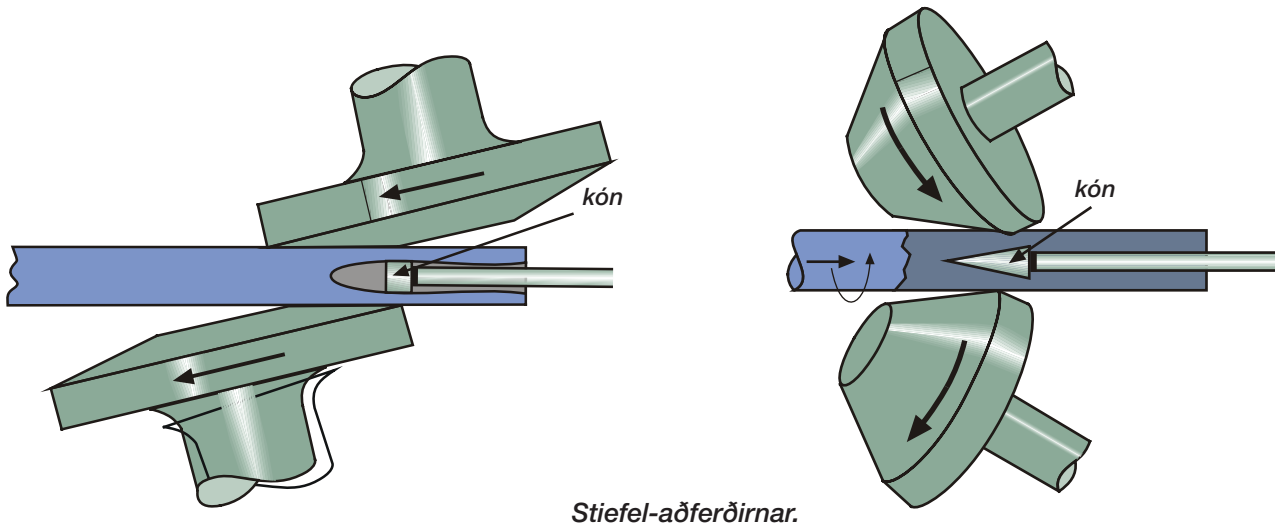
**Mannesmann-** og báðar **Stiefelaðferðirnar** virka á svipaðan hátt. Heit gegnheil stálstöngin er látin hnoðast með því að snúast á milli valsa, sem báðir snúast í sömu átt.



Mannesmannaðferðin.

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. Hita-mismunur innst og yst í efninu hjálpar líka til hol-myndunarinnar.

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.



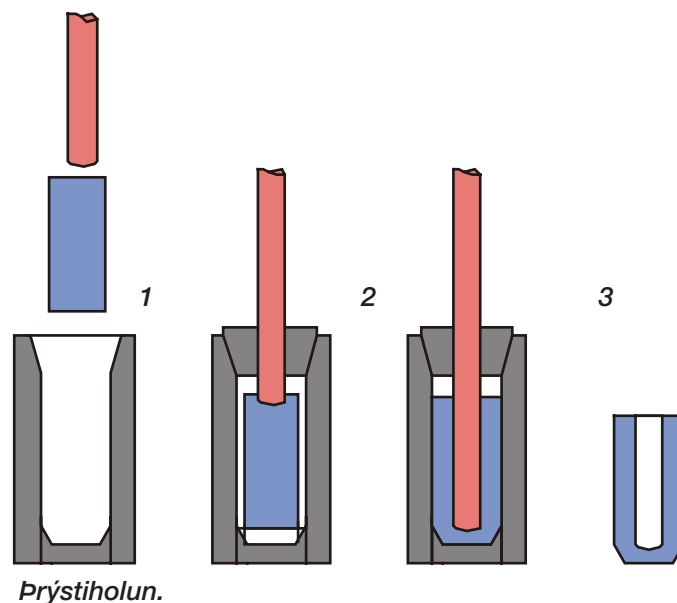
## Þrýstiholun

Ein aðferð er þrýstiholun sem kölluð er Erhardtsaðferð 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.

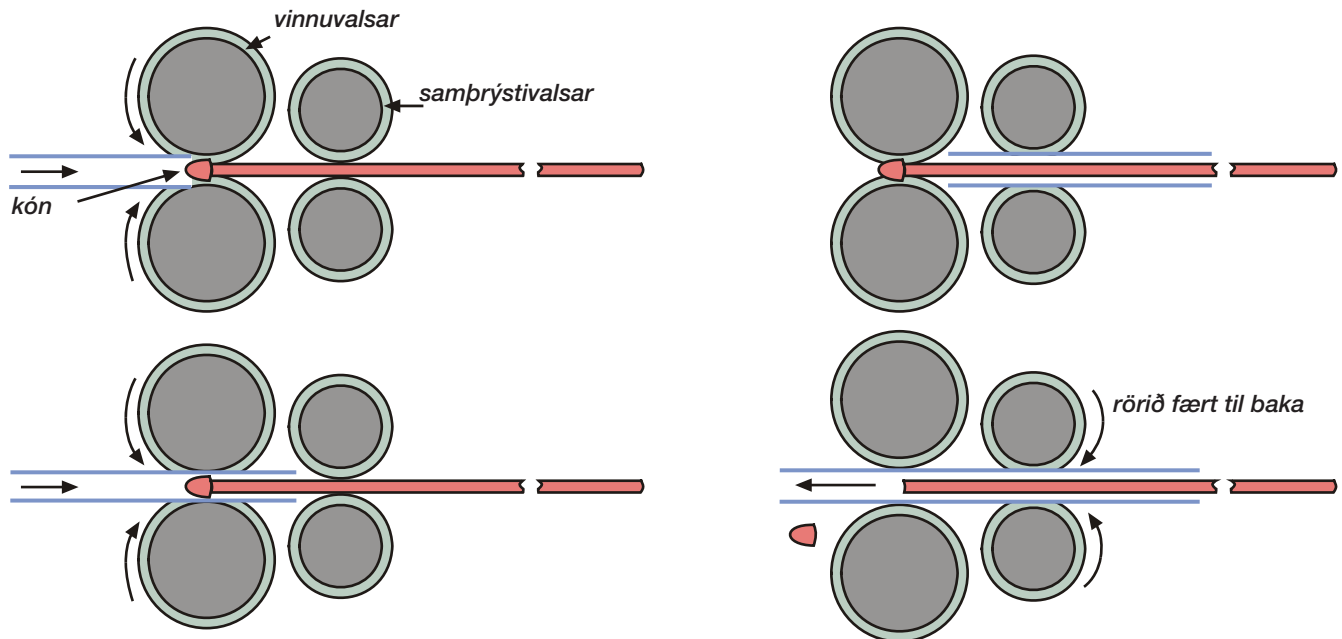
## Heitvinnsla röra

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

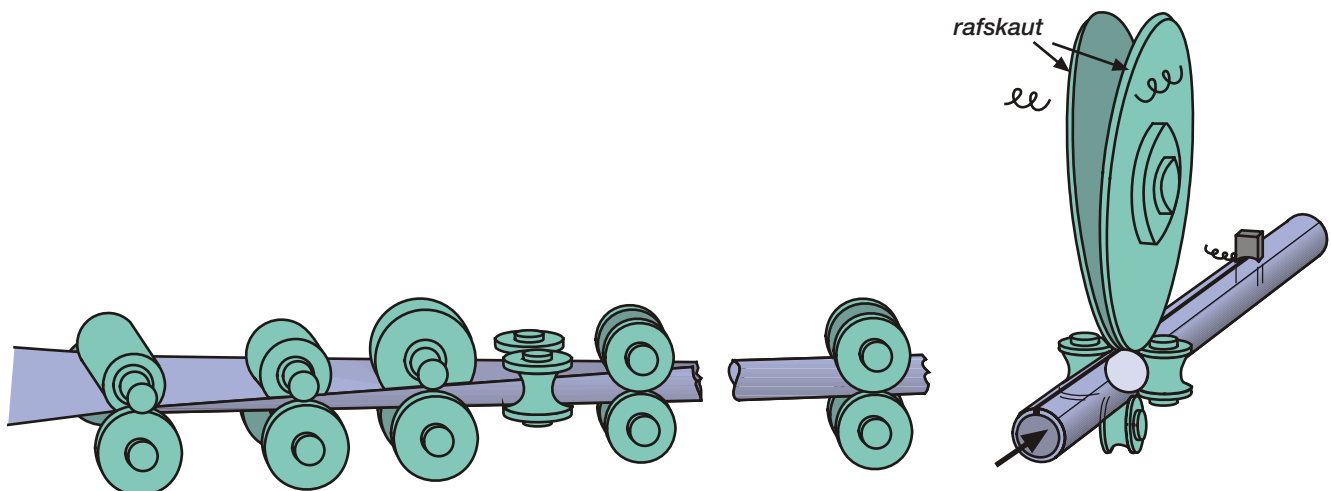
Með þriðju aðferðinni eru gerð rör með samskeytum. Til framleiðslunnar eru notaðir stálrenningar, sem valsast í rör. Samskeytin eru síðan yfirleitt soðin.



Völsun yfir staut.

Með suðu er hægt að framleiða rör sem eru mjög grönn. Rör með stóru þvermáli og lítilli efnisþykkt er líka heppilegt að sjóða saman. Þá er notað spíralsuða. Þegar gæðakröfur eru miklar eru helst notað heildregin

rör. Soðin rör eru notað t.d. í gufuhitátúpur og víðar þar sem álag er mikið. Önnur notkunarsvið eru vatns-, gas-, olíu- og hitaveitulagnir.



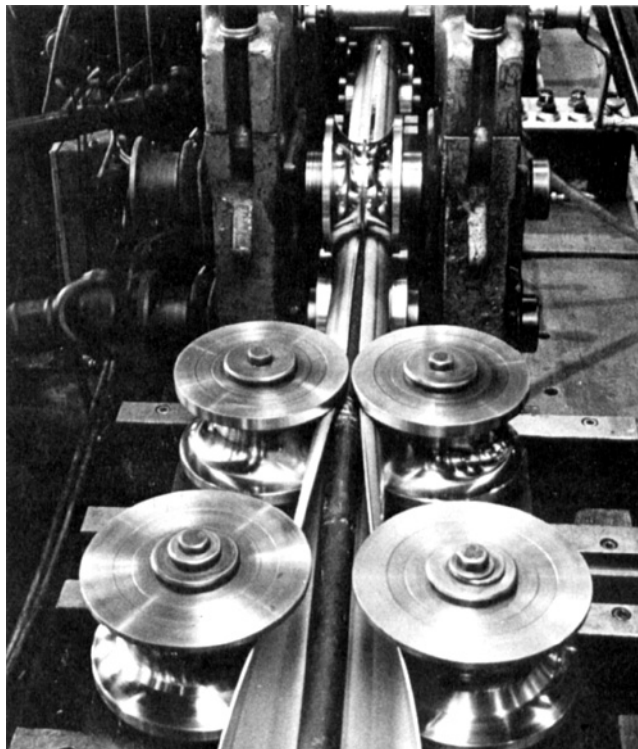
Röraframleiðsla með völsun og suðu.

### Rör með beinni suðu

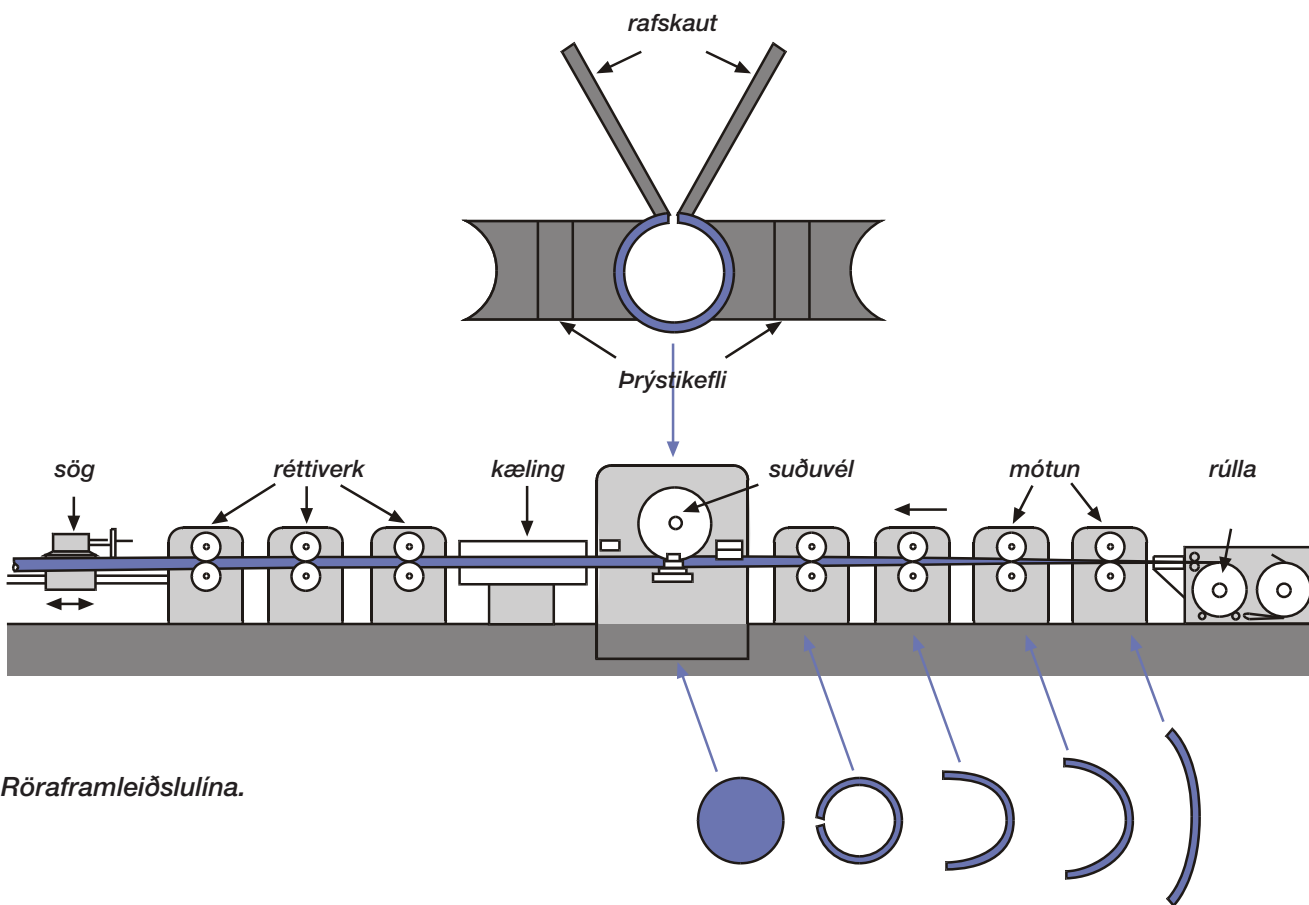
Hráefnið til framleiðslunnar er oftast kaldvalsaðir stálrenningar. Í grófari rör er hugsanlega notað heitvalsað efni. Eftir sýruþvott er efnið klippt í rétta breidd. Það er síðan mótað í völsunarsamstæðu þannig að rör myndast. Aðeins þröng rauf verður opin á milli kantanna. Samsuðan er framkvæmd þannig að rafstraumi með lágrí 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 utarmál rörsins stillt af og það rétt.

Að síðustu er rörið sagað með „fljúgandi sög“. Nafnið er þannig tilkomið að sögin færir sig 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.

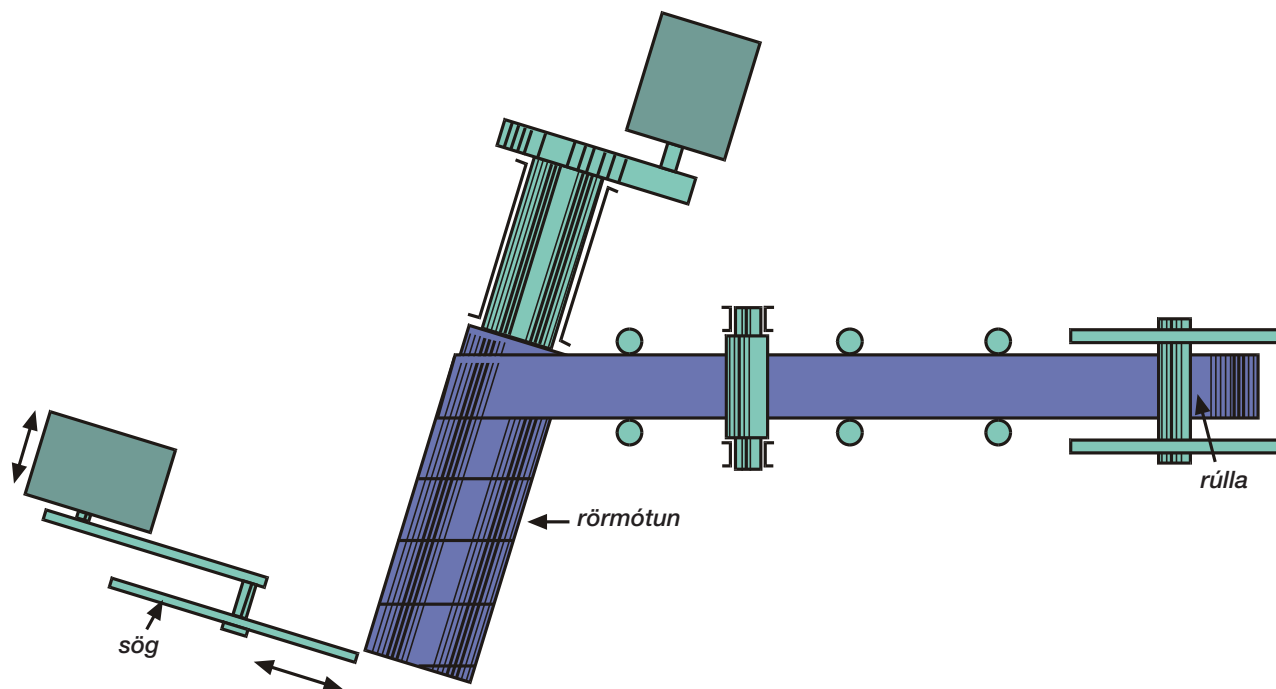


Röraframleiðslulína.

## 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 kalldráttur röra.



Spíralsuða.

Læst „spíró“ rör eru í dag sjáanleg í flestum loftræstikerfum

## Stærðarúrval 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

- Kalddegin 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 olíuhreinsunarstöðva, 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.

- Beygjuradífusinn getur verið nánast hver sem er. Með hæfilegri efnisþykkt er hægt að gera beygjur með radfús sem er jafn tvöföldu utanmáli rörsins.

- Yfirborðsáferð 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 reynt 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.

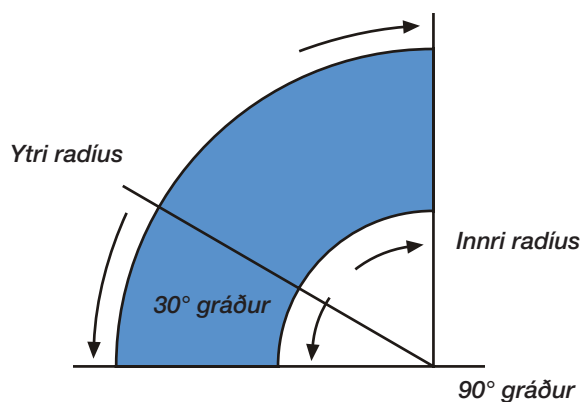
Aðferðin hentar sérstaklega vel fyrir rör með óvenjulegri efnisþykkt eða radíus, t.d. olíuflæðileiðslur og ýmsar lagnir í efnaiðnaði.



Spanbeygð rör úr 15Mo3 efni, stærð Ø 610 x 36

## 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

1. 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.
2. Mælið bilið á milli röranna sem eru fyrir, sjá mynd 2. fyrir neðan.
3. Lesið reiknistuðul fyrir umræddan gráðufjölda úr töflunni, sjá næstu síðu, margfaldið með honum málið sem mælt var í lið 2.

### Dæmi:

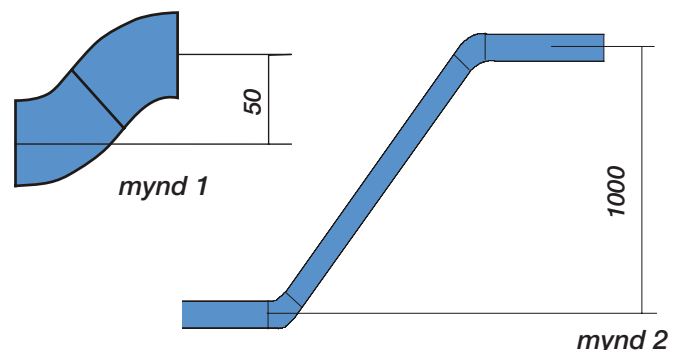
1. Færslumál c/c 50 mm

2. c/c 1000 mm

3.  $45^\circ \Rightarrow$  reiknistuðull = 1,41

Millirörslend:

$$1,41 \times (1000 - 50) = 1339 \text{ mm.}$$



## TAFLA YFIR REIKNISTUÐLA

Horn (gráður)	Marg- feldi	Horn (gráður)	Marg- feldi
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

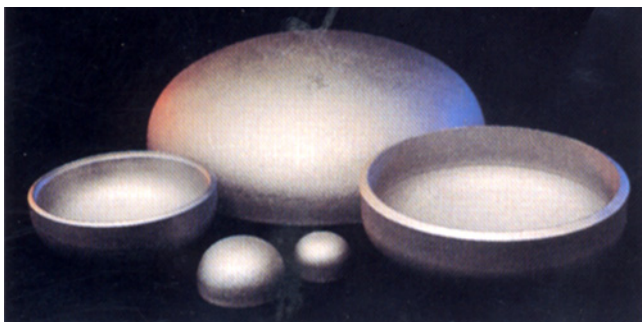
Lagnaefni er í dag nær undantekningarlaust keypt tilbúið. Það á við um beygjur, minnkanir, T-stykki, söðla með grein og kúpta botna. Kostirnir við að nota tilbúna hluti eru ótvíræðir; styttri samsetningartími, aukin gæði og lægri kostnaður.



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

## T5.2.2 Suðuskeyti röra (ásamt rótargasi)

### 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 séu sem best, er að endar röranna séu skornir vinkilrétt, að raufin sé fösuð (ef þörf er á því) og að rörendarnir séu vel festir áður en byrjað er að sjóða.

### Skurður

Rör er hægt að saga, skera með gasi, plasma eða með skurðarskífu í slípirokk. (Sjá kafla E2.2.3.)

### Fösun

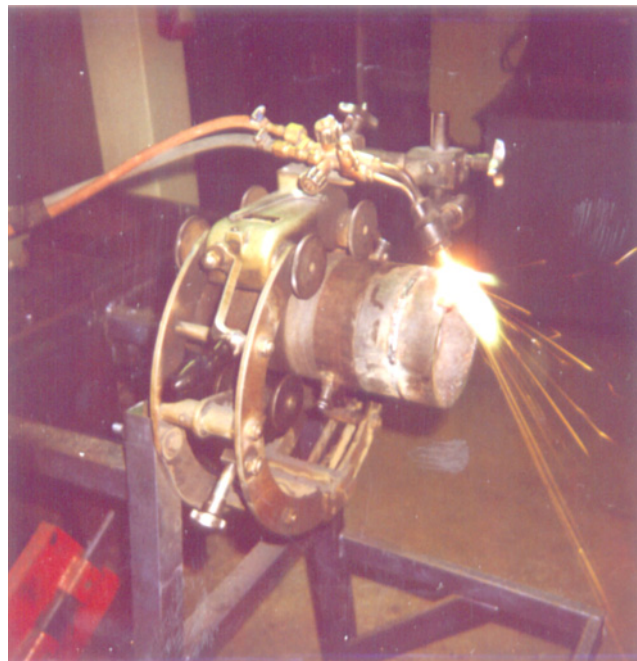
Rör er hægt að fasa í rennibekk, með slípirokk eða með rörskurðarvél sem bæði sagar og fasar rörið í einni aðgerð. Slíkar vélar eru til fyrir flest minni rör.

Rörskurðarvél fyrir gas getur í mörgum tilfellum hentað vel fyrir rör úr óblönduðu og lágbönduðu stáli. Slík vél getur skorið og fasað í einu. Gallinn er sá að vélin tekur allnokkuð pláss og dreifir frá sér skurðarsprauti.

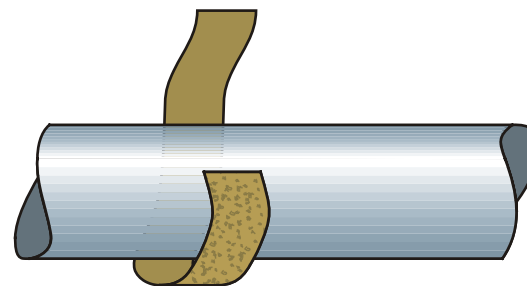
Að skera „fríhendis“ á best við þegar taka þarf göt fyrir greinar eða lúgur fyrir lúgusuðu, einnig ef skera þarf til rör eða beygjur.

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.

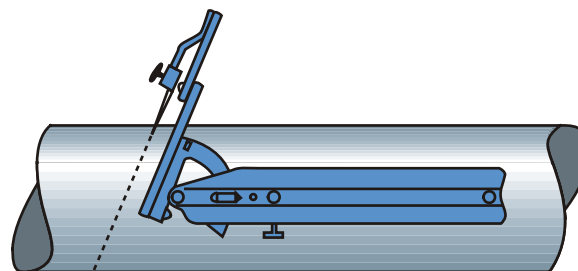
Contour Marker er hægt að nota til merkingar bæði í 90° og í önnur horn. Að auki er hægt að nota tækið við að merkja fyrir greinum o.þ.h.



Rörskurðarvél.



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-bitu 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 skurðarskífu. 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.

## Rörasuðuklemmur

Mest eru notaðar rörasuðuklemmur af einhverju tagi við roravinnu. Það eru til 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.

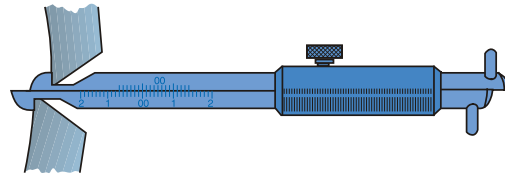
Fyrir ryðfrítt efni eru til sérstakar klemmur sem einnig eru úr ryðfríu stáli.

Jafnvel eru til sérstök festiverkfæri fyrir beygjur, trektar og flangsa. Það sem ræður valinu er m.a. suðuaðferð, rorastærð, þyngd og gæðakröfur sem settar eru.

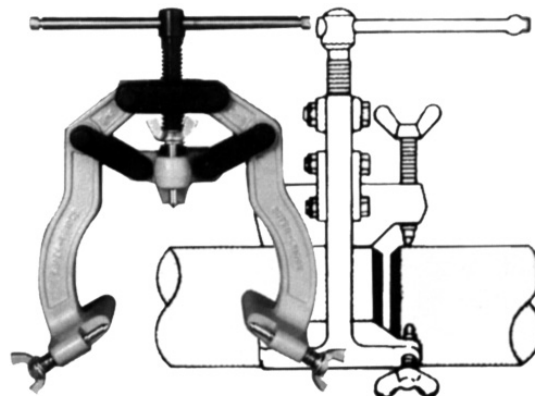
## Framleiðsla á rorum og beygjum

Lengdarskeyti á rorum eru soðin í sjálfvirkum vélum (sjá kafla E6.2.1). Það á líka við um trektar og beygjur, sem með nokkrum undantekningum, eru framleiddar alsjálfvirkt.

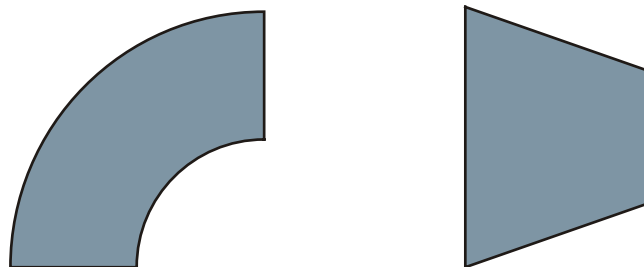
Hvað varðar beygjur með 90° horni (sjá mynd t.h.) má ekki nota þær í lagnir fyrir olíu, gas, vatn o.s.frv.



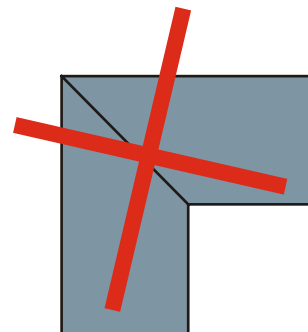
Mælitæki til að mæla misbrýningu röra.



Röraklemma af gerðinni Hajo Super Bridge.



Beygjur og kónar eru framleiddar alsjálfvirkt.



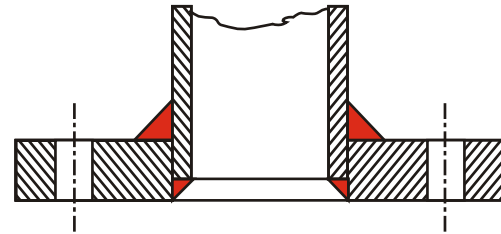
Slíkar beygjur má ekki nota fyrir t.d. olíu.

## Skeyti milli rörs og flangs

Í flestum röralögnum koma fyrir flangsatengi. Þau geta verið af ýmsum gerðum, allt eftir efni og notkunar sviði. Hér verða kynntar nokkrar gerðir.

### Suðuflangsar án stúts

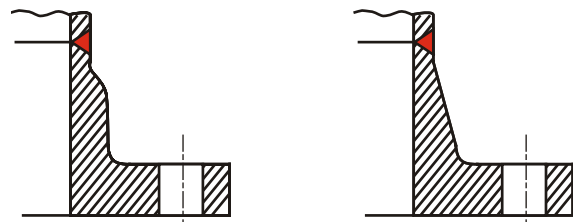
Þetta skeyti felur í sér lausan flangs sem er soðinn beint á rörið, að innan- og utanverðu, eða þar sem kröfur eru litlar, bara að utanverðu.



Laus flangs soðinn á rör.

### Suðuflangsar með stút

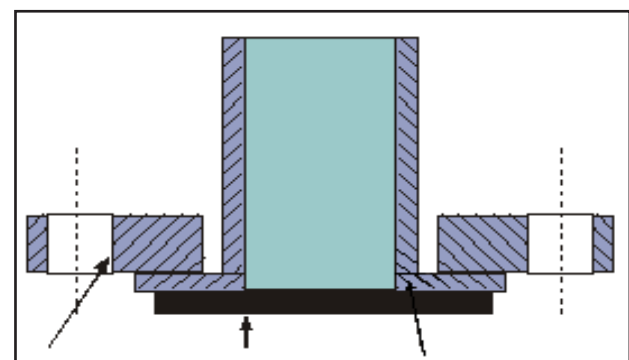
Stútar á flöngsum geta verið misjafnir að lögun. Þeir geta t.d. verið jafnþykkir eða kónískir.



Flangs með jafnþykkum stút t.v. og með kónískum

### 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.



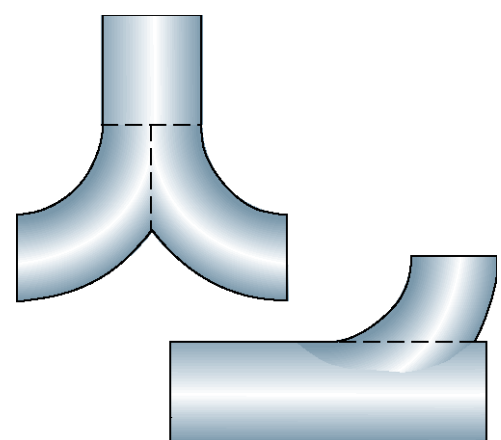
Laus flangs Þakning Kragi

## Röragreiningar

Í röralagnavinnu kemur fyrir að gera þarf greiningar. Algengast er að það sé gert úr rörbeygjum, 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.



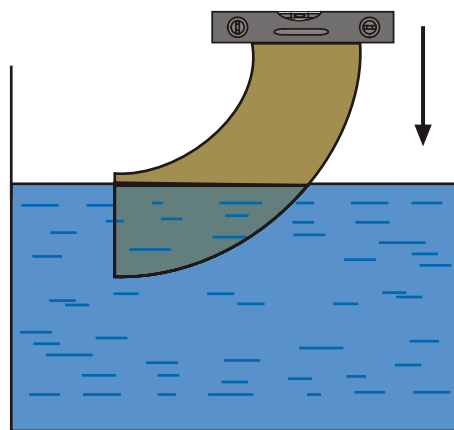
Ólíkar gerðir röragreininga.

## Gerð greinar úr beygju

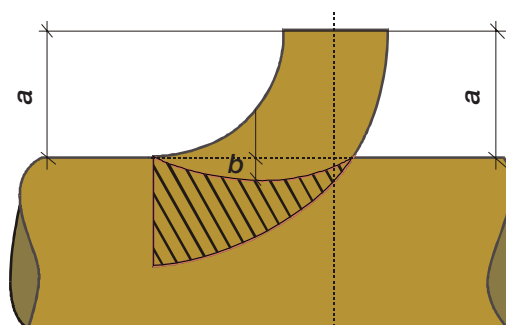
Á stofnrör sem er  $\varnothing 114,3$  mm á að setja mjúka greiningu sem er  $\varnothing 60,3$  mm.

Ef ekki fást tilbúnar greiningar er hægt að gera þær á eftirfarandi hátt:

1. Sökkvið 60,3-beygjuni niður í vatnskar þar til vatnið nær efri innankanti hennar. Hafið beygjuna stillta af með hallamáli.
2. Lyftið upp beygjuni 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.

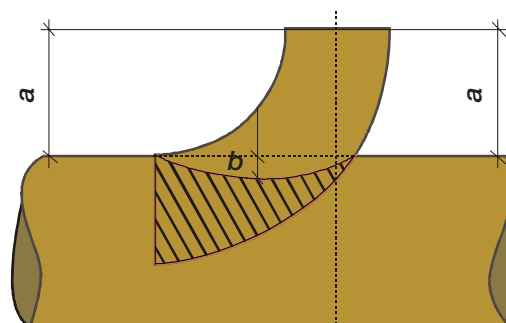
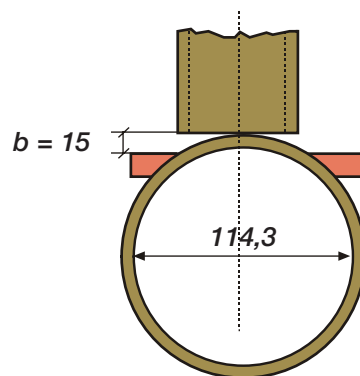


Merking eftir vatnsyfirborði.



### 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.



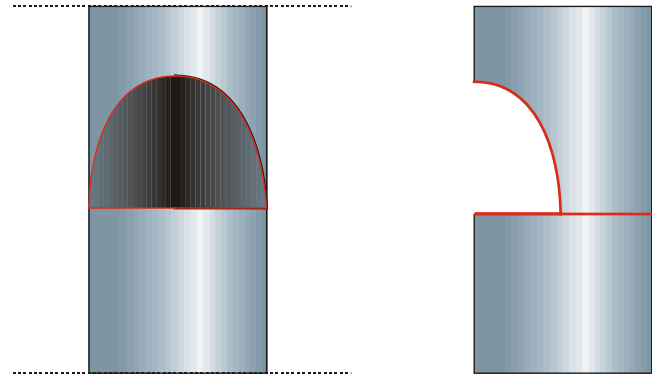
## Lúgusuða

Á illaðgengilegum 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 fer fram að innanverðu. Þegar lokið er við suðuna á innanverðu 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 að sjóða á „bakhlið“ rörsins. Það þarf hinsvegar mikla færni/þjálfun af hálfu suðumannsins til að sjóða eftir spegli!



Um það bil þannig á suðulúga að líta út.

## Punktun (almennt)

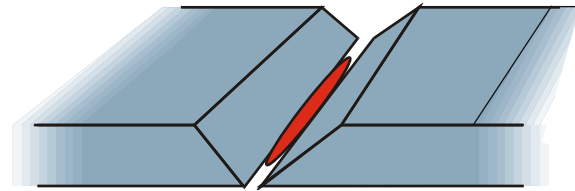
Þegar á að punkta beygjur, greiningar, trektar o.s.frv. er valið á milli tveggja aðferða – og ræðst valið af efnisþykktinni.

Í þunnt efni – gerið 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.

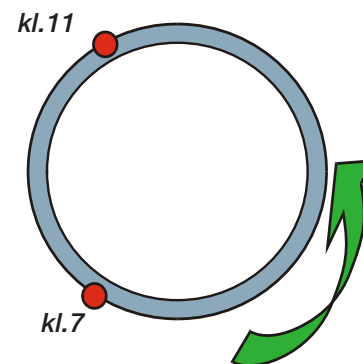


Í þykkara efni geta punktarnir orðið hluti suðunnar.

## Skipuleggið suðuna

Skipuleggið framkvæmd suðunnar þannig að hlé á framkvæmd suðunnar 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

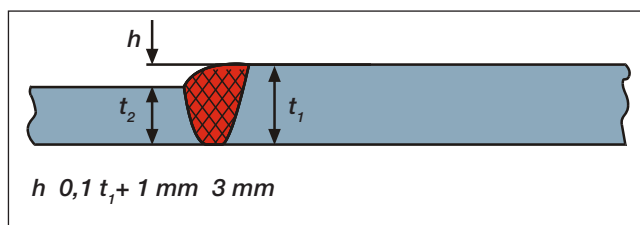
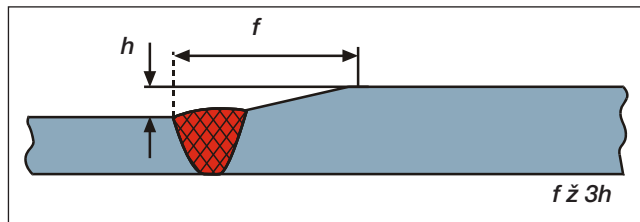
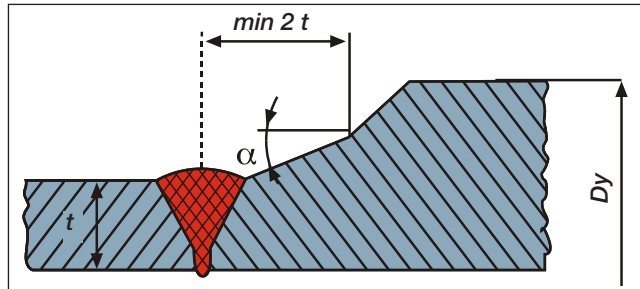
Þegar rör eða annað sem á að sjóða saman í þrýstilögnum (rör, geymar o.fl.), hefur ólíka efnisþykkt, þá á að þynna hið þykkara niður í sömu þykkt og hitt sem þynnra er.

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  $10\% + 1 \text{ mm}$  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 behållare – konstruktion, tillverkning och kontroll*.

Kragar geta byrjað sem hluti stofnsins (uppbygging) eða sem suðutengi.

Uppbyggingin byrjar þannig að stærð gatsins er reiknuð út. Gatið er merkt og skorið.

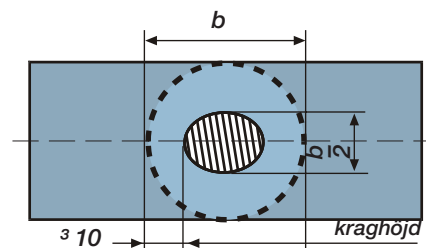
Ef efnið er ó- eða lágblandað stál er hægt að skera gatið með gasi, en í ryðfrítt efni verður að skera með plasma. Helst vélrænt innanfrá.

Skurðargjallið verður að hreinsa burt áður en byrjað er að beygja upp.

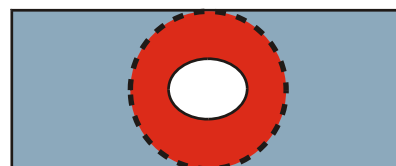
Sjálf uppbyggingin fer þannig fram að ca. 10 mm breitt svæði kringum gatið (breiddin fer eftir því hve hár kraginn á að verða) er hitað vel rautt og beygt u.þ.b. 45° með skiptilykli eða álíka verkfæri. *Forðist að marka í efnið!*

Efnið er síðan hitað aftur og restin af kraganum hömruð út.

Að lokum er hæð kragans jöfnuð með þjöl eða slípirokk.



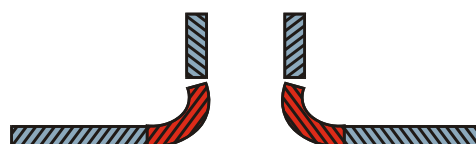
Byrjað er á því að reikna út hve mikið efni þarf í kragann. Síðan er merkt og gatið skorið.



Efnið sem á að beygja upp er hitað.



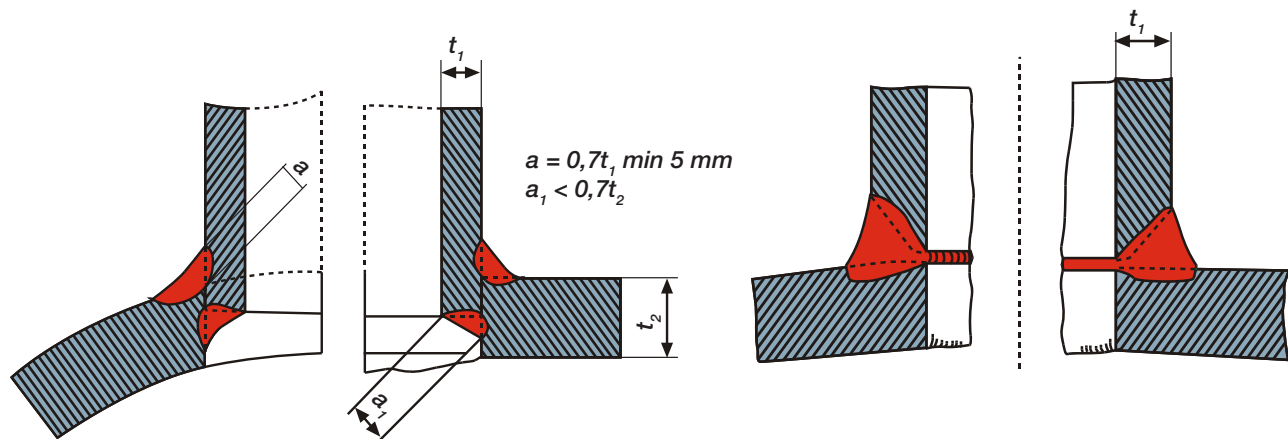
Kantarnir eru beygðir upp.



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. gerð raufarinnar á að henta sem best og stærð og lögun suðunnar á einnig að samræmast ofangreindu markmiði, sjá myndirnar.

(Sjá einnig um greiningar og flangsa)



Dæmi um suðu stúta á geyma.

## Nauðsyn þess að nota hlífðargas á rótarhliðinni

Tvær ástæður eru fyrir því að hlífa ber rótarhliðinni með gasi við TIGsuðu:

1. Full ástæða er til að hlífa heitum eða bráðnum málminum frá áhrifum andrúmsloftsins, t.d. súrefnis.
2. Jafnari og sléttari rótarstrengur fæst og hættan á göllum í rót minnkar.

Hlífðargas fyrir rótarhlið (bakgas) er yfirleitt notað við TIGsuðu viðkvæmra málma eins og ryðfrís stáls og títans. Jafnvel við suðu á svörtu stáli getur það borgað sig að nota bakgas fyrir rótarhlið þegar gæðakröfur eru miklar, þar sem það getur komið í veg fyrir þörfina á dýrri eftirvinnslu. Það getur líka verið skynsamlegt að nota bakgas fyrir rótarhlið þar sem plássins vegna er erfitt að framkvæma eftirvinnslu. T.d. þar sem kröfur eru miklar um löggun rótarinnar.

Þær gastegundir sem notaðar eru sem bakgas eru:

Argon – en af því eru til tvær gerðir: (99.995%) og (99.95%). Þyngra en andrúmsloft.

NATON 10 (Formiergas) nitur með 10% vetni. Léttara en andrúmsloft.

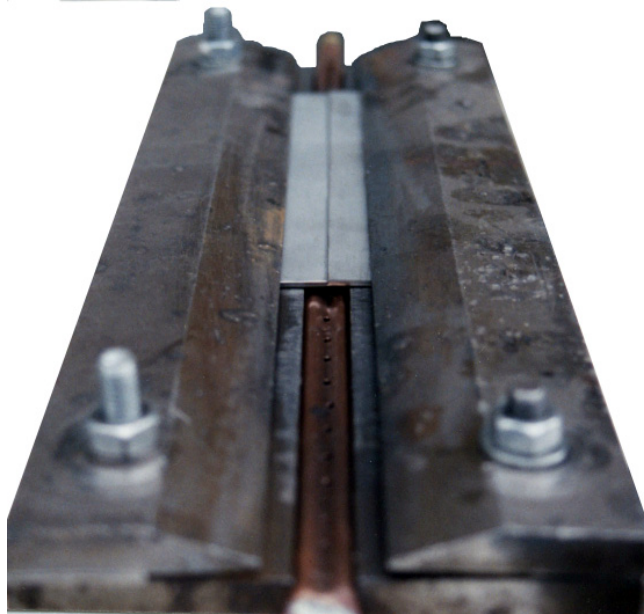
### Skolun fyrir suðu

Súrefnismagnið við bakhlið suðunnar verður að minnka, t.d. fyrir ryðfrítt efni niður í 25 ppm (parts per million).

Til eru mismunandi aðferðir til þess að fá nægjanlega gashlíf á rótarhlið suðu í plötuefni og í rör, eins og fjallað er um á næstu síðum.

### Bakgas fyrir plötuefni

Hægt er að koma við hlífðargasi við suðu í plötuefni á mismunandi hátt. Einfaldast er að láta gasið streyma í gegnum spor í bakleggspötunni eða í gegnum mörg lítil göt, sjá mynd.



Algeng gerð festiklemmu til plötusuðuæfinga, með spori fyrir hlífðargas.

## Bakgas fyrir rör

Við suðu röralagna er hægt að skola stóra hluta lagnarinnar í einu lagi með hlífðargasi. Það er hins vegar bæði seinleg og kostnaðarsöm aðferð.

Best er að skilja frá lítinn hluta rörsins við suðuskeytin og skola hann.

Í töflunni hér fyrir neðan eru dæmi um það hvernig reikna má út skolunartíma röra fyrir suðu.

Þvermál rörsins mm	Þverskurðarflatamál mm <sup>2</sup> /1000
25	0,50
50	1,90
80	5,00
100	7,85
125	12,25
150	17,70
175	24,00
200	31,50
225	40,00
275	60,00
350	97,00

Skolunartími fyrir suðu = rúmtak x fjöldi loftskipta / gasflæði

Dæmi:

Sjóða á ryðfrítt rör Ø125 mm. Fjarlægð á milli þéttiskífa = 4 m

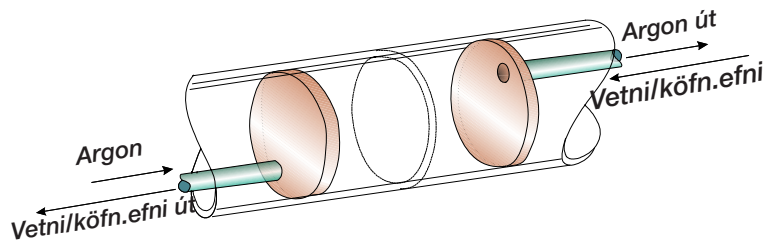
(ATH! mm<sup>2</sup>/1000 x lengd í m = rúmtak í l)

Fjöldi loftskipta = 8

Gasflæði við skolun = 15 l/mín

Ef þetta er sett inn í ofanefnda jöfnu verður það:

$$12,25 \times 4 \times 8 / 15 = 26 \text{ mín}$$



**Bakgas fyrir rör. ATH! Gætið þess að hlífðargasinu sé dælt inn á réttan hátt, þ.e. að þyngra gasi sé dælt inn neðan frá og léttara ofan frá.**

Til þess að fá súrefnismagnnið niður í < 25 ppm (svo hitaáverkaða svæðið fái viðunandi tæringarmótstöðu), þá þarf yfirleitt 10 loftskipti, þ.e. að skipta þarf út loftinu í rörinu 10 sinnum. Loftskiptafjöldinn er mismunandi, frá 3 til 10, allt eftir efni, hlífðargasi og gæðakröfum.

Gasflæðið ætti að vera takmarkað við 5 l/mín þegar verið er að skola rými sem eru minna en 3 lítrar.

ATH! Vissar rannsóknir benda til þess að rör sem eru styttri en einn metri þurfi fleiri loftskipti. Einnig eru til mælitæki til þess að mæla súrefnisinnihaldið í rorum og geymum.

### Skolun meðan á suðu stendur

Meðan á suðu stendur er gasflæðið stillt eftir töflunni hér fyrir neðan.

Þvermál í mm	Staða l/mín	Gasflæði tæmingarops	Stærð rörs
25	Allar	2	1 st Ø 2 mm
50	Allar	3	1 st Ø 4 mm
80	Allar	4	1 st Ø 4 mm
100	Allar	5	1 st Ø 4 mm
125	Allar	6	1 st Ø 4 mm
150	Allar	7	2 st Ø 4 mm
250	Allar	8	2 st Ø 4 mm
300	Allar	9	2 st Ø 4 mm
350	Allar	10	2 st Ø 4 mm

Taflan miðar við innra þvermál röra og gefur upp hæfilega gasskolun í lítrum á mínútu ásamt fjölda og þvermáli útflæðigata. Hafa ber í huga að hér er aðeins um leiðbeinandi gildi að ræða. Ef aðstæður eru þannig að ekki er hægt að loka af hluta rörsins við suðuna, verður í staðinn að hafa frítt gasflæði í gegnum rörið. Skolunarmagnnið verður þá að aukast tvisvar til fjórum sinnum frá því sem gefið er upp í töflunni.

Í þeim tilfellum þar sem gasinu er hleypt inn í lögnina lengra en 6 metra frá suðuskeytinum, verður að auka magnið af skolunargasi 2-3svar sinnum, og einnig að tvöfalda útflæðigötin.

### Skolun eftir suðu

Eftir suðuna er yfirleitt skrúfað fyrir gasskolun rörsins. Það hlífðargas sem eftir er í því, á að nægja til að vernda suðurótina fyrir áhrifum súrefnis meðan hún kólnar.

Á röralögnum þar sem hreinlætiskröfur eru miklar eiga suðuskeytin að kólna niður í u.þ.b. 200°C með fullnægjandi flæði bakgass. Þó má minnka flæðið niður í helming þess sem það er meðan á suðunni stendur.

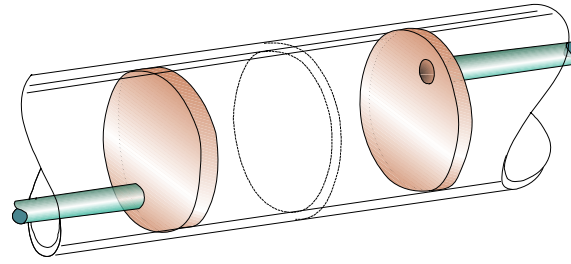
**Hjálpartæki við bakgasskolun**

Til eru ýmis hjálpartæki til þess að minnka gasnotkunina við bakgasskolun. Allt frá teipuðum pappaskífum til uppstilliverkfæra með innbyggðum rásum til bakgasskolunar.

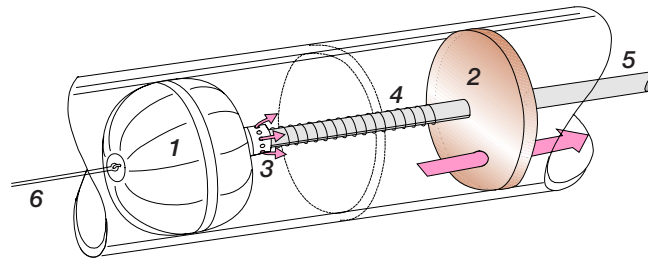
Mikilvægast er að gasinu sé dælt inn á réttan hátt.

Argoni, sem er þyngra en loft, er dælt inn í lágsta punkt rörsins og útlæðið er haft á hæsta punkti svo gasið geti þrýst öllu lofti út sem er í rörinu.

NATON 10 (vetnis-köfnunarefnisblanda – yfirleitt 10/90) er dælt inn í hæsta hluta rörsins og afloftun er höfð neðst. Formiargasið brennir upp því súrefni sem eftir er í rörinu.



Gaflar sem settir eru sitt hvoru megin við suðuskeytin með inntaki og afloftun fyrir gasið. Búnaðurinn er fjarlægður með stálþræði eða álíka



1. Blaðra.
2. Þéttiskífa.
3. Loki.
4. Sveigjanlegt rör fyrir hlífðargasið.
5. Tenging fyrir gasslöngu.
6. Útdráttarvír.

**ATH!**  
Þegar unnið er í þrengslum getur gasið frá suðubyssu og rótarhlíf valdið súrefnisskortri og öndunarerfiðleikum!

Sérbúnaður með blöðru og þéttiskífu. Bláðran er fyllt með hlífðargasi og þegar hún hefur þanist út og lokað rörinu opnast lokinn og gasið streymir inn. Vír festur í blöðruna gerir það kleift að ná búnaðinum út

## HEIMILDIR:

Suða SAQ, eigið efni: Jan Jönsson, Bengt Westin. Suðupróf – Lernia AB, AGA Gas AB, Adrian Bailey

## T5.2.3 Yfirlit yfir suðuaðferðir (E6.2.3, M5.2.3)

### Grunnpættir plasmasuðu (PAW = Plasma arc welding)

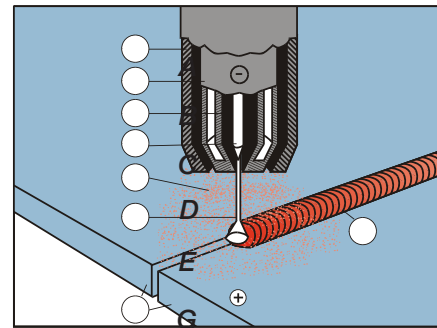
Plasmi er fjórða mögulega efnisástandið, hin eru fast, fljótandi og gaskennt. Þegar gas fer yfir í plasmaástand í suðuljósoga, fæst, samanborið við TIG-suðu, meiri hiti og betri orkupéttleiki, ásamt því að ljósboginn verður stöðugri. Þetta gefur möguleika á suðu í þynnra efni og í þykku efni er aðferðin hagkvæm þegar um framleiðslusuðu er að ræða.

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.

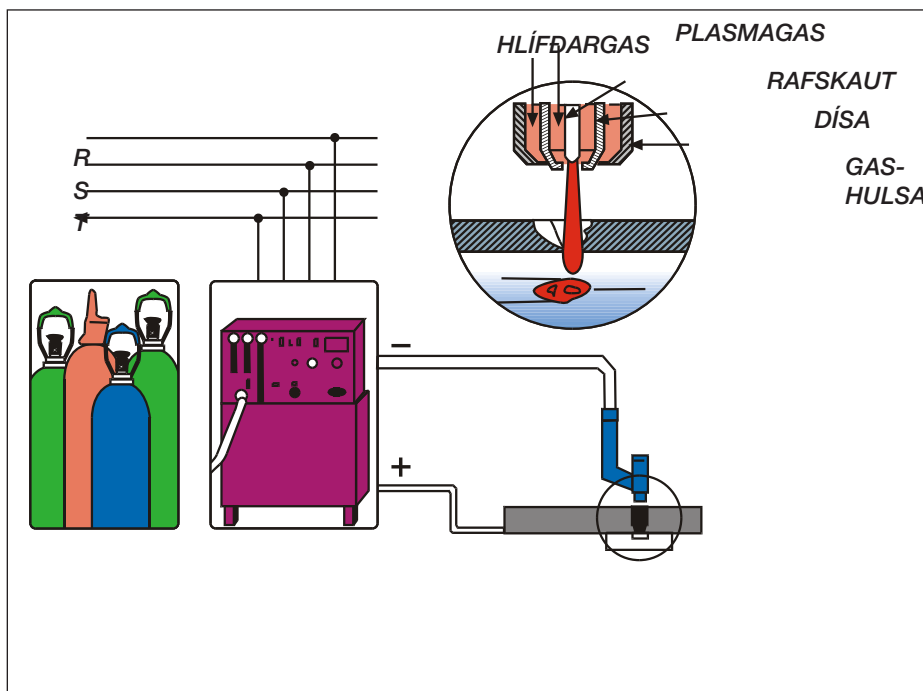
### Grunnpættir plasmasuðu

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

Einfölduð mynd af plasmasuðu.

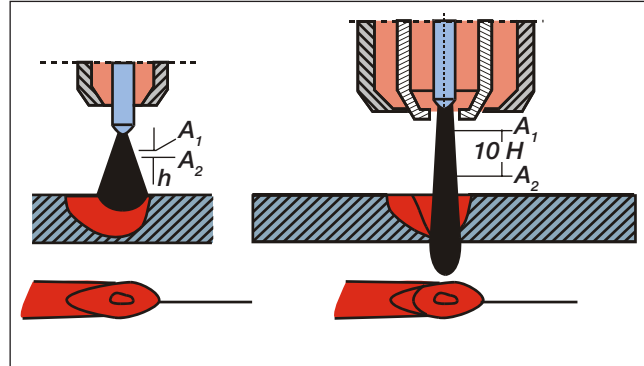


- A Gashulsa
- B Vatnskæld dísá
- C Plasmagas
- D Wolframrafskaut
- E Hlífðargas
- F Tilbúin suða
- G Plasmageisli
- H Grunnefni

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. skráargatstækni, „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.

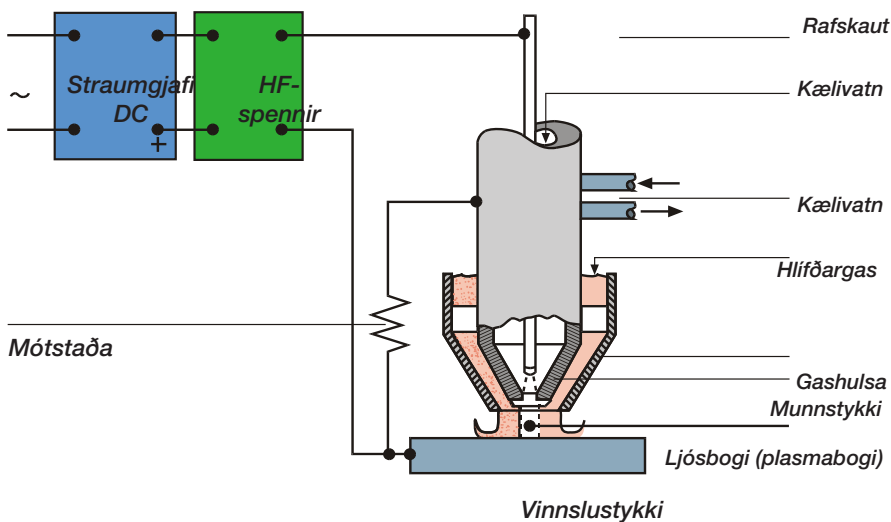
- Straumstyrkurinn skal vera hæfilegur til þess að fá örugga gegnumsuðu og mesta suðuhraða sem skilar fullnægjandi suðugæðum.
- Bogaspennan ræðst af ljósbogalengd, gasgerð, gasþrýstingi og rafskautsgerð. Aðeins óbein áhrif eru því möguleg.
- Rafskautsgerðir sem mest eru notaðar eru hreint wolfram eða 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 vatnskælibúnaði fyrir brennarann (dísuna).



Plasmasuða með yfurfærðum ljósboga.



Búnaður til mikró- og meðalplasmasuðu, straumsvið 0,5-100 A.

## Örugg vinna við plasmasuðu

Sömu öryggisreglur gilda við plasmasuðu og við TIG-suðu.

## Notkun rörþráðar við hálfsjálfvirka 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).

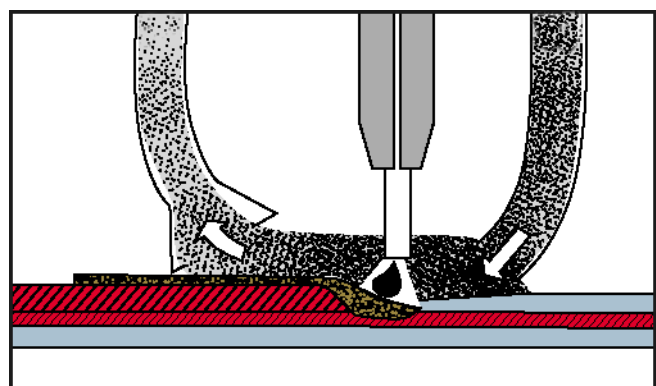
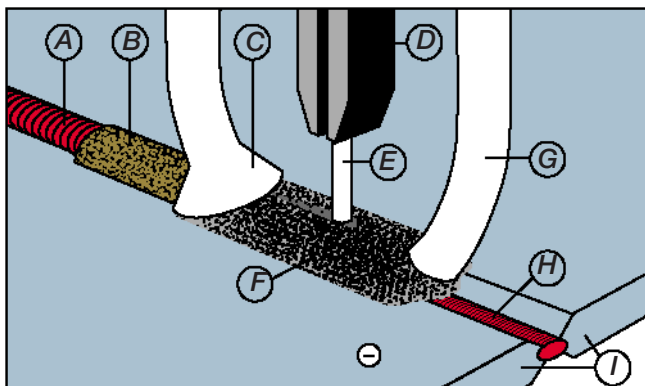
Hlutverk duftsins er bæði að hlífa suðunni frá súr-efni og köfnunarefni andrúmsloftsins og að færa íblöndunarefni í suðumálminn til þess að suðan uppfylli settar kröfur um álagsþolseiginleika.

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

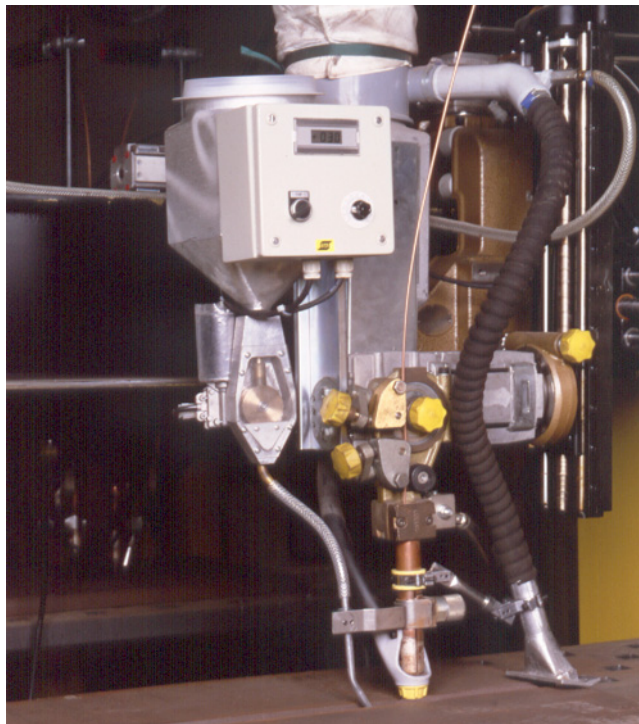


## Framleiðni-suðuhraði

Mesta mögulega suðuefnismagn (suðuafköst) er u.þ.b. 25 kg/klst, að jafnaði 8-12 kg/klst. Mesti strengjhraði 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 suðupráðinn, suðuleiðslu og jarðleiðslu ásamt búnaði til mótunar og endurupptöku dufts.



## Notkunar svið - efni

Óblandað, lítt blandað og ryðfrítt smíðastál og þrýstikútaskál.

## Notkunar svið - 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

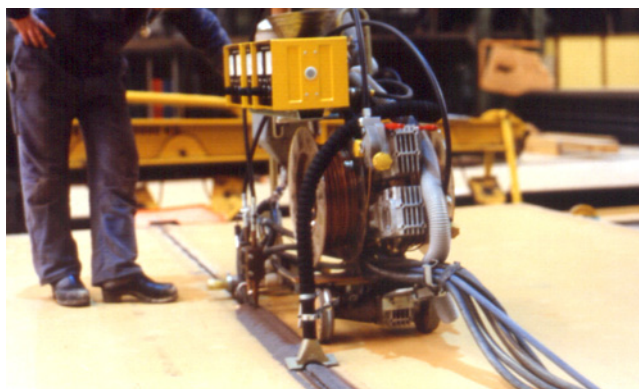
Þar sem suðuferlið er sjálfvirkt eru engar kröfur settar um hæfni í handsuðu, sem nauðsynleg er við handvirkar og hálf sjálfvirkar suðuaðferðir, en almenn skynsemi og ábyrgðartilfinning verður vissulega að vera fyrir hendi. Í vissum tilfellum er krafist hæfnisprófs.

## 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

HEIMILDIR: AGA, Elga, ESAB



Mismunandi búnaður til duftsuðu.



hefur því yfirburði yfir aðrar suðuaðferðir frá umhverfissjónarmiði.

## 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.

## T5.2.4 Gerð suðuferilslýsinga (E7.2.1, M5.2.4)

### 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, löggun suðufúgu, suðustillibreytur, hreinsun o.fl.

Nánari skilgreiningar um gerð suðuferilslýsinga er að finna í staðlinum ÍST-EN 288 og ÍST-EN-ISO 15609-1.

### Yfirlit yfir ÍST-EN 288

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 suðuvélastjórnanda 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 kröfum ÍST-EN-ISO 15609-1. Nákvæmni suðuferilslýsinganna á að hafa samþykkisaðferðinni. Þær eiga að innihalda allar helstu stillibreytur sem hafa áhrif á eiginleika suðuskeytanna. Leyfð frávík 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
- Almennu 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, löggun og útlit suðuskeytanna.

WPS á að tilgreina nákvæmlega hvernig suðuvinnan skal framkvæmd. ALLT sem skiptir máli við suðuvinnuna skal tekið fram.

## ÍST-EN-ISO 15614-1 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 hafi 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.

### Prófstykkji


Prófstykkjin skulu vera nægilega stór til þess að tryggja að þau hitni ekki of mikið og þau skulu einnig að öðru leyti uppfylla skilyrði staðalsins. Prófstykkjin 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.



**Lernia**

**SVETS DATABLAD (WPS)**

Lernias ref nr: E21-B

Kontrollföretagets ref nr: \_\_\_\_\_

Plats: Lernia AB

WPAR nummer: 1444-I

Tilverkandi 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, hållnings, avstånd: 1 st, 5 mm, 9/ m

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

Specifikation för grundmaterialet: A: Fe 360 B

B: Fe 360 B

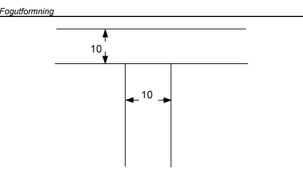
Materialtjocklek (mm): A: 10,0-10,0 B: 10,0-10,0

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

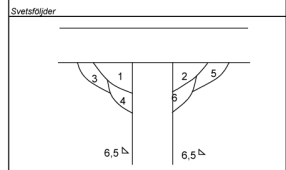
Svetsläge: D

Svetsklasse: SS-ISO 5817 B

Fogutformning



Svetsföljder



Sträng	Metod	Tillsats-material	Klass	□ mm	Pol	Ström (A)	Spänning (V)	Trådmatning mm/min	Framföring stränglängd mm/min	Sträckenergi (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: \_\_\_\_\_

Skyddsgas/pulver - toppsidan: \_\_\_\_\_

Rotsidan: \_\_\_\_\_

Gasflöde - toppsidan: \_\_\_\_\_

rotsidan: \_\_\_\_\_

Gaskåpa dimension: \_\_\_\_\_

Worframelektrod typistorlek: \_\_\_\_\_

Rotningsjring/Rotstod, detaljer: \_\_\_\_\_

Förhöjd arbetstemperatur: 20°C

Mellansträngstemperatur max: 250°C

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

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

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

Pulsavstärnings detaljer: \_\_\_\_\_

Munstycksavstärning: \_\_\_\_\_

Plasmaavstärning, 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).

Punktsuður skulu vera hluti prófstykkis ef slíkt kemur fyrir í framleiðslunni. Suða og prófun skal framkvæmd undir eftirliti skoðunaraðila eða fulltrúa prófunarstofnunar.

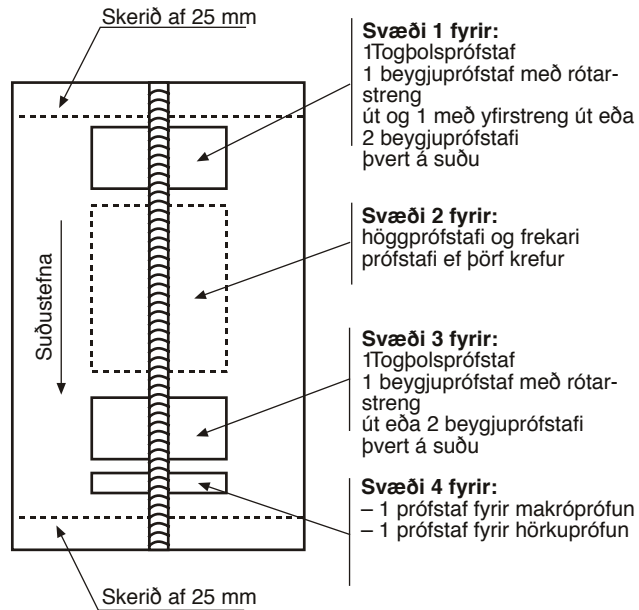
### Rannsókn og prófun

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-ISO-ISO 1517, flokkur B, nema fyrir suðukúf og A-mál þar sem flokkur C gildir.

Staðsetning prufustafa er samkvæmt mynd 6-9 í staðlinum.



Staðsetning prófstafa í stúfsuðu í plötu

### Endurprófun

Ef suðurnar uppfylla ekki gerðar kröfur við prófanir á ekki að samþykkja suðuferilinn. Það er leyfilegt að framkvæma eitt ferilpróf til viðbótar.

Ef einstakur prófstafur stenst ekki kröfur vegna galla á lögun suðunnar má taka tvo nýja stafi til endurprófunar. Ef annarhvor þeirra er ekki samþykktur á ekki að samþykkja 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. ÍST-EN ISO 15014-1
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 ISO 15614-1, 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 15614-1.

### 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 grunnefnisins samkvæmt EN staðli á flokkunarskýrslu suðuefnisins og á ákveðnu pWPS samkvæmt ÍST-EN-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 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 15614-1 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 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 lögum 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 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.




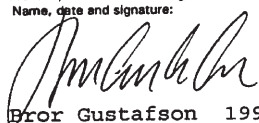
Suðutæknistjóri verður að samþykkja hvora leiðina sem notuð er.

Það þarf hæfan og reyndan suðumann til að framkvæma suðuna eftir bráðabirgða ferilslýsingu. Hann er einnig sá sem ákveður hvernig suðuvinnan fer fram eftir samþykktri suðuferilslýsingu í framleiðslunni.


**Bráðabirgða suðuferilslýsing** - sem þýðir bráðabirgða suðuleiðbeiningar eins og um fúguundirbúning, suðuaðferð, straum, færsluhraða, punktun, 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> Welding Procedure Approval - Test certificate (WPAR)	 1181	WPAR 1/3
			<b>RAPPORT</b> utfärdad av ackrediterat laboratorium REPORT issued by an Accredited Laboratory
Tillverkarens svetsprocedur: Manufacturer's welding procedure:	111 T01 HL-201	Provningsorganisation: Examiner or test body:	<b>AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING</b> Swedish Plant Inspection Ltd
Referens nr: Reference No:	G-5085	WPAR nr: WPAR No:	111 T01 HL-301
Tillverkare: Manufacturer:	AmuGruppen Väst AB		
Adress: Address:	400 60 GÖTEBORG		
Provningsstandard: Code/testing standard:	SS-EN 288-3/AD-Merkblatt HP 2/1		
Datum för svetsningen: Date of welding:	1994-12-01		
<b>Godkännandets omfattning</b> Extent of approval			
Svetsmetod: Welding process:	111		
Fogtyp: Joint type:	BW		
Grundmaterial (s): Parent metal (s):	Grupp 1 (SS 2172)	Värmebehandlingstillstånd: Conditions of tempered:	-
Tjocklek (mm): Metal thickness (mm):	6-25		
Ytterdiameter (mm): Outside diameter (mm):	>80		
Typ av tillsatsmaterial: Filler metal type:	ESAB OK 48.00/Similar		
Skyddsgas/flöde: Shielding gas/flux:	-		
Typ av ström: Type of welding current:	-		
Svetslägen: Welding positions:	Alla		
Förhöjd arbetstemperatur: Preheat:	min 10°C		
Efterföljande värmebehandling och/eller åldring: Post-weld heat treatment and/or ageing:	-		
Annan upplysning: Other information:	-		
Härmed intygas att provsvetsar bereddes, svetsades och provades med tillfredsställande resultat enligt fordringarna i ovan angiven provningsstandard. Certified that test welds prepared, welded and tested satisfactorily in accordance with the requirements of the code/testing standard indicated above.			
Plats Location	Utskriftsdatum Date of issue	Provningsorganisation: <b>AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING</b> Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd	
Göteborg	1995-01-12		
		Namn, datum och signatur: Name, date and signature:	
		 Bror Gustafson	1995-01-12
SA 316.4 (EB) 941116		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.



**DETALJER OM SVETSARPROV**  
Details of weld test



**RAPPORT**  
utfärd av ackrediterat laboratorium  
REPORT issued by an Accredited Laboratory

1181

WPAR 2/3

Ort: Göteborg  
Location: Göteborg

Tillverkarens svetsprocedur: 111 T01 HL-201  
Manufacturer's welding procedure: 111 T01 HL-201

Referens nr: G-5085  
Reference No: G-5085

Tillverkare: AmuGruppen Väst AB  
Manufacturer: AmuGruppen Väst AB

Svetsarens namn: Bror Börjesson  
Welder's name: Bror Börjesson

Svetsmetod: 111  
Welding process: 111

Fogtyp: BW  
Joint type: BW

Fogberedning (skiss):  
Weld preparation details (sketch):

Provningsorganisation: AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING  
Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd

WPAR nr: 111 T01 HL-301  
WPAR No: 111 T01 HL-301

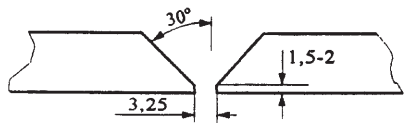
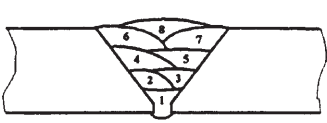
Metod för fogberedning och rengöring: Svarvning/Slipning  
Method of preparation and cleaning: Svarvning/Slipning

Specifikation för grundmaterialet: SS-2172-03  
Parent material specification: SS-2172-03

Materialtjocklek (mm): 12,5  
Material thickness (mm): 12,5

Ytterdiameter (mm): 168,0  
Outside diameter (mm): 168,0

Svetsläge: H-LO45  
Welding position: H-LO45

Fogens form och utseende Joint design	Svetsföljder Welding sequences
	

Sträng Run	Metod Process	Tillsatsmaterial Fyller metall Dimension Size of	Strömstyrka A Current A	Spänning V Voltage V	Strömtyp Type of current Polaritet Polarity	Matning *) 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: ESAB OK 48.00  
Filler metal classification and trade name: ESAB OK 48.00

Särskild värmebehandling eller torkning: -  
Special baking or drying: -

Skyddsgas/fluss: skydd: -  
Gas/flux: shielding: -

rotstöd: -  
backing: -

Gasflöde - skydd: -  
Gas flow rate - shielding: -

gasrotstöd: -  
backing: -

Wolframelektrod, typ/dimension: -  
Tungsten electrode type/size: -

Uppgifter om mejsling på baksidan: -  
Details of back gouging/backing: -

Förhöjd arbetstemperatur: 20°C  
Preheat temperature: 20°C

Mellansträngstemperatur: <250°  
Interpass temperature: <250°C

Efterföljande värmebehandling och/eller åldring: -  
Post-weld heat treatment and/or ageing: -

Tid, temperatur, metod: -  
Time, temperature, method: -

Uppvärmnings- och kylningshastigheter \*): -  
Heating and cooling rates: -



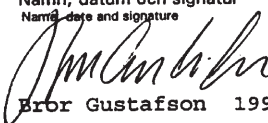

Tillverkare: AmuGruppen Väst AB  
Manufacturer: AmuGruppen Väst AB

Provningsorganisation: AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING  
Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd

<p>Namn, datum och signatur Name, date and signature</p> <p><i>Jan Hansson</i></p> <p>Jan Hansson 1995-01-15</p>	<p>Namn, datum och signatur Name, date and signature</p> <p><i>Bror Gustafson</i></p> <p>Bror Gustafson 1995-01-15</p>
--	--


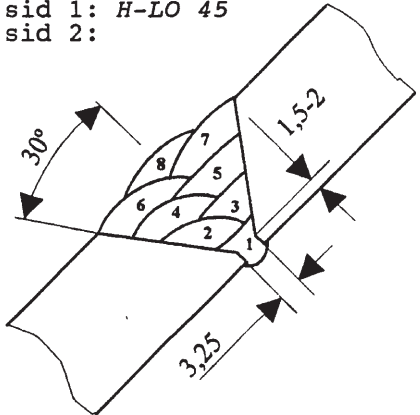
SA 317.3 (EB) 940621 \*) om så fordras  
if required

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, sam-kvæmt ÍST-EN 288, sjá að neðan.

		<b>PROVNINGSRISULTAT</b> Test results				<b>RAPPORT</b> utfärðad av ackrediterat laboratorium REPORT issued by an Accredited Laboratory 1181		WPAR 3/3	
Tillverkarens svetsprocedur: Manufacturer's welding procedure:		111 T01 HL-201		Provningsorganisation: Examiner or test body:		AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING Swedish Plant Inspection Ltd			
Referens nr: Reference No:		G-5085		WPAR nr: WPAR No:		111 T01 HL-301			
Okulärbesiktning: Visual examination:		Godkänd		Radiografisk undersökning *): Radiography:		Godkänd			
Penetrant/magnetpulverprovning *): Penetrant/magnetic particle test:		Godkänd		Ultraljudundersökning *): Ultrasonic examination:		-			
Dragprov Tensile test				Temperatur: Temperature:		+20°C			
Typ/nr Type/No	Re N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	A %	Z %	Brottställe Fracture location	Anmärkningar Remarks			
Fordran Requirement		490							
1		562							
2		555							
Bockprov Bend Test		Dorndiameter: Former diameter:							
Typ/nr Type/No	Bockningsvinkel Bend angle	Förlängning *) Elongation	Resultat Result						
1 Toppsid	180°		utan anm						
2 Rotsida	180°		"						
3 Toppsid	180°		"						
4 Rotsida	180°		"						
Makroudersökning: Macro examination:		Godkänd							
Mikroudersökning: Micro examination:		Godkänd							
Slagprov *) Impact test	Typ: Type:	Storlek: Size:			Fordran: Requirement:				
Anvisningsläge/riktning Notch locations/directions	Temp°C	Värden Values			Medelvärde Average		Anmärkningar Remarks		
		1	2	3					
Svets	-20°	162	116	68	-		-		
HAZ	-20°	156	132	94	-		-		
Hårdhetsprov *) Hardness test		Typ/belastning: HV 10 Type/load:		Mätpunkternas lägen (skiss *) Enligt SS-EN 288-3 Location of measurements (sketch)					
Grundmaterial: 152-162 Parent metal:		HAZ: 164-216 HAZ:		Punkt 7.4.5					
Svetsgods: 183-197 Weld metal:		Andra prov: - Other tests:							
Anmärkningar: 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		Provningsorganisation: AB SVENSK ANLÄGGNINGSPROVNING Examiner or test body: Swedish Plant Inspection Ltd					
Laboratorierapport, referens nr: Laboratory report, reference No:		94 233212		Namn, datum och signatur Name, date and signature					
Provningsresultaten var godkända/ Test results were acceptable/ Godkända (stryk det ej tillämpliga). Accepted (delete as appropriate).				 Björn Gustafson 1995-01-15					
Proven utförda i närvaro av: - Test carried out in the presence of:									
*) om så fordras if required									

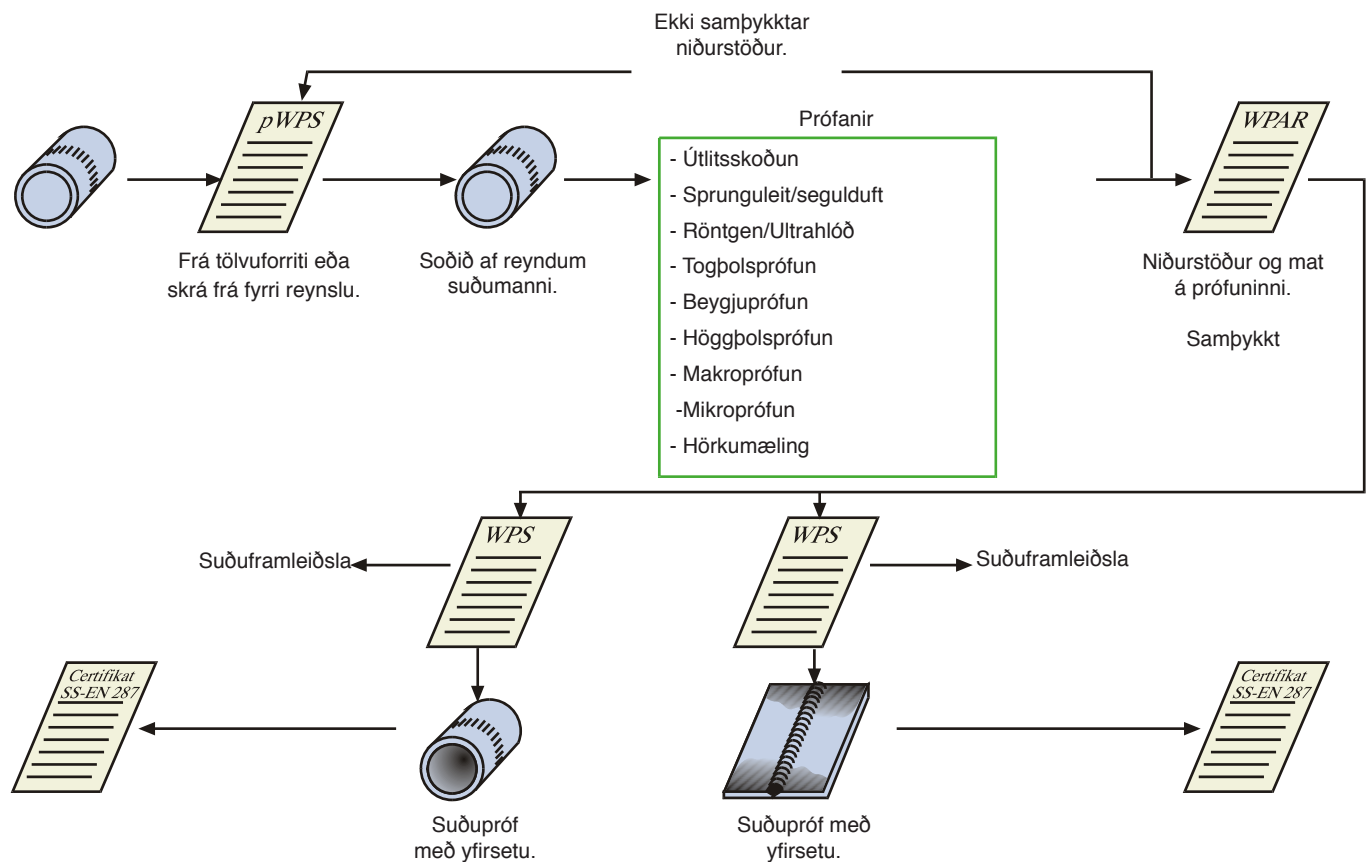


WPS – Suðuferilslýsing er endanleg afurð þegar suðan hefur staðist allar prófanir að viðbættum hugsanlegum aukakröfum. Hún á að vera undirrituð bæði af suðutæknistjóra og fulltrúa prófunarstofnunar, sjá að neðan.

	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: A: SS 2172 mot B: SS 2172		(W01)	Godstjocklek: 12.5 -12.5 mm 12.5 -12.5 mm	Rördiameter: 168 - 168 mm 168 - 168 mm			
Arbetstemp		Svetsklass: WB					
Mellansträngstemp, max: °C		Svetsort:					
Hantering av tillsatsmaterial: Enligt tillverkarens anvisningar		Fogberedning: Gaskärning, slipning Slagging: Hacka, borste					
Svets- sid 1: H-LO 45 läge: sid 2:		Rotstöd: Fixtur:					
		Häftning: Fixering: rundstång Min temp: °C Häftlängd: 20 mm Antal strängar: 2 Antal per m: 6 Svetsläge: H-LO 45		Mejsling:			
		Anm: Svetsrikt.: Uppåt Slipning: I rotsträngen Övriga strängar min.					
Sträng	Svets- metod	Tillsatsmaterial	Dim mm	Beteckning	Gas / pulver 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 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 samþykkt 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 ennþá. Þýðandi.

## T 5.2.5 Eftirlit og prófun (E7.2.3, M5.2.5, G3.2.1)

### Upprifjun: Suðugallar

Sjá kafla M 4.2.3.

### 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

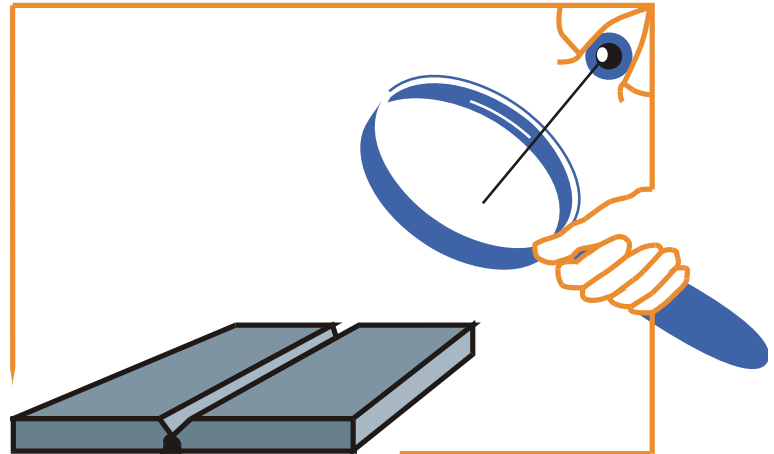
ÍST-ISO 6520 gefur frekari skýringar/lýsingu á einstökum göllum í suðum á stáli.

### 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 uppgengið 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 háráðakrafti þrengt sér inn í þröngar sprungur.

Prófunin er í fjórum þrepum:

1. Yfirborðið er hreinsað, jafnvel svo að reynt er að ná óhreinindum 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 *sjálflysandi* 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

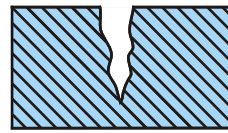
### Segulduftsprófun

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.

### Sprunguleitarvökvi



Yfirborðið er hreinsað.



Vökvinn þrengir sér niður í sprunguna.

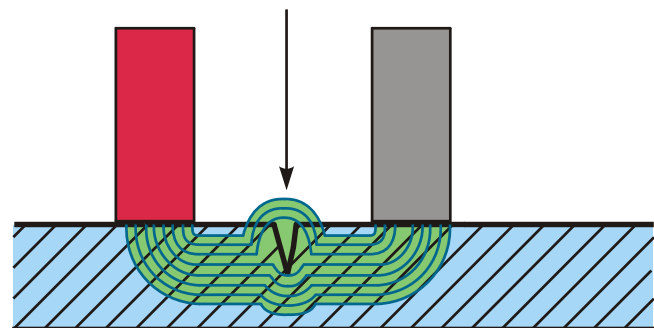


Umframvökvinn er fjarlægður.

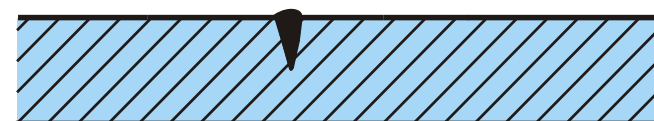


Framköllunarvökvinn dregur upp sprunguleitarvökvann og litast af honum.

Segulduftsprófun.



Segulduftsprófun.



Járnsvarfið safnast yfir gallanum.

## Innri rannsóknir á suðum 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.

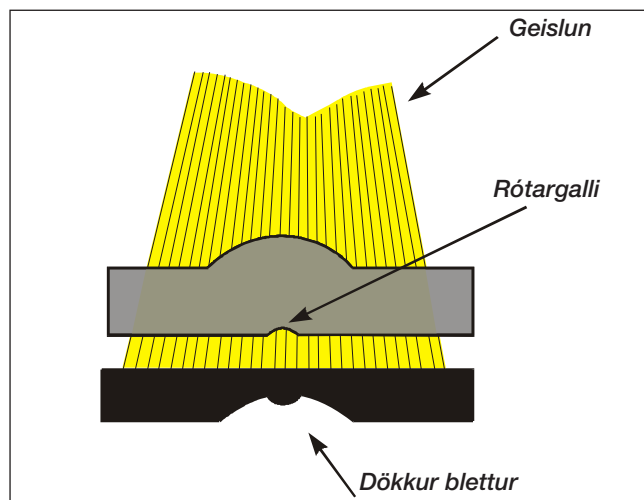
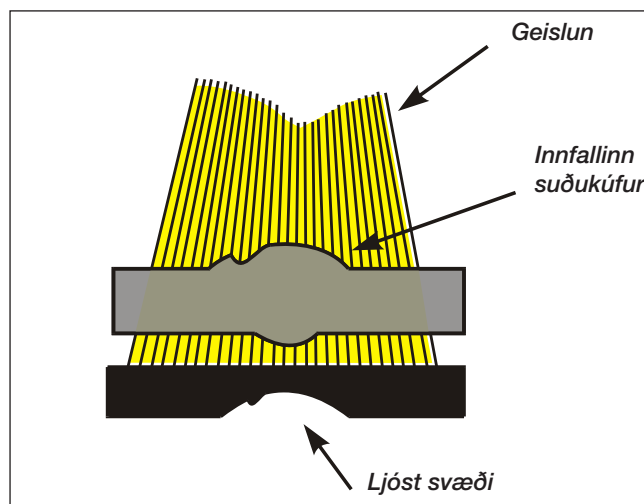
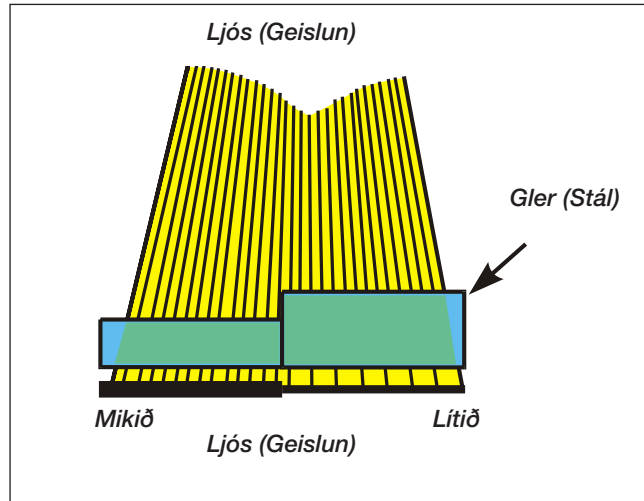
Ef borið er saman við venjulegt ljós, er margt sameiginlegt. Ljósgeislar komast jú í gegnum gler. Reyndar komast ekki allir geislarnir í gegn, hluti þeirra endurspeglast af yfirborðinu og hluti þeirra stöðvast í glerinu.

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 1. Filma er sett undir glerið.

Mynd 2. Aukning efnisþykktar, myndar

*Iljósari svæði.*

*Mynd 3. Efnisþýnningar mynda dekkri svæði á röntgenmyndinni.*

## Innri rannsókn á suðum með hátíðnihljóðbylgjum, (sónar)

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 fæðingardeildinni. Hljóðbylgjur sem sendar eru með mjög stuttri bylgjulengd og hárrí tíðni 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.

## Hvirfilstraumsprófun (Spanstraumsprófun)

Hvirfilstraumsprófun er oftast notuð sem sjálfstýrð prófun á rörum. Hentar bæði til að finna yfirborðs- og innilukta galla.

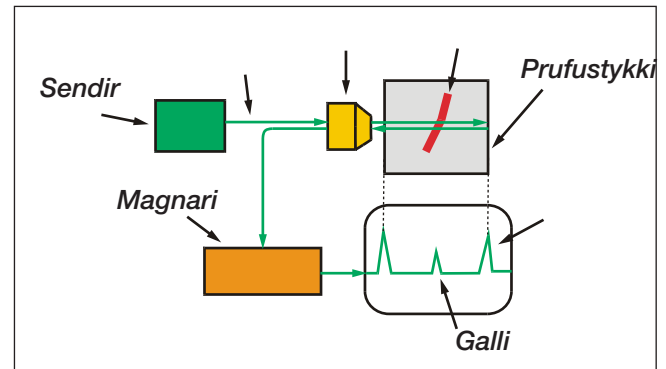
Við prófun verður prufustykkið að fara annaðhvort í gegnum eða alveg upp við spangjafann, sjá myndir til hægri. Ríðstraumsgjafi er tengdur við spangjafann og rafsegulsvið myndast í honum. Þegar segulsviðið fer í gegnum prufustykkið myndast þar hvirfilstraumar sem hafa áhrif til baka á móttstöðu spangjafans.

Stærð hvirfilstraumanna og útbreiðsla er háð lögun prufustykkisins, stærð, raf- og seguleiginleikum þess, ásamt hugsanlegum göllum sem kunna að leynast í stykkinu.

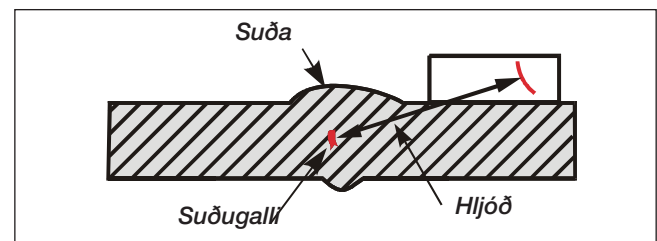
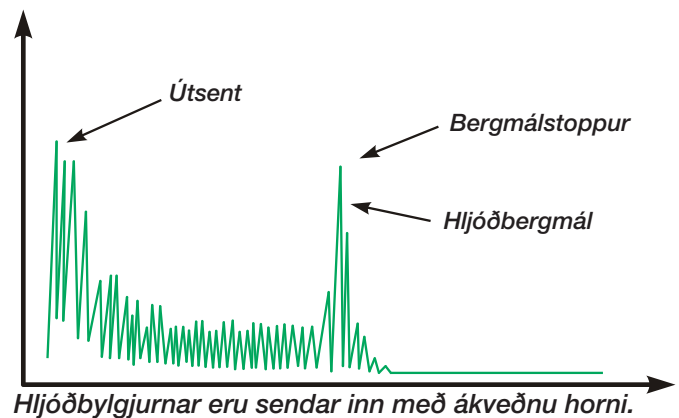
Það er sem sagt mögulegt með skráningu á raf-eiginleikum spangjafans, að meta eða segja til um áður nefnda eiginleika í prufustykkinu.

Sveiflurnar í móttstöðu spangjafans eru samt svo litlar að það verður að magna þær verulega upp svo hægt sé að lesa úr þeim.

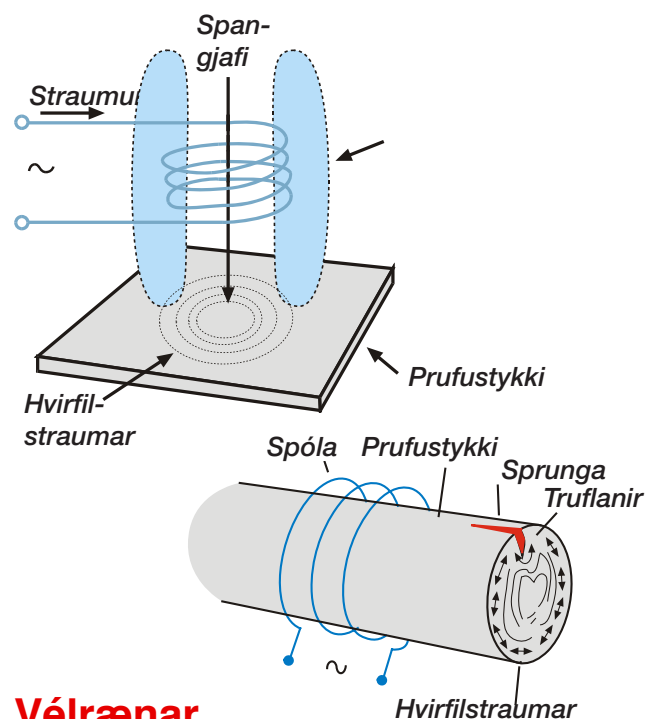
*Grunnþættir sónarleitartækis.*



Toppur í grafinu bendir til galla í suðunni.



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.

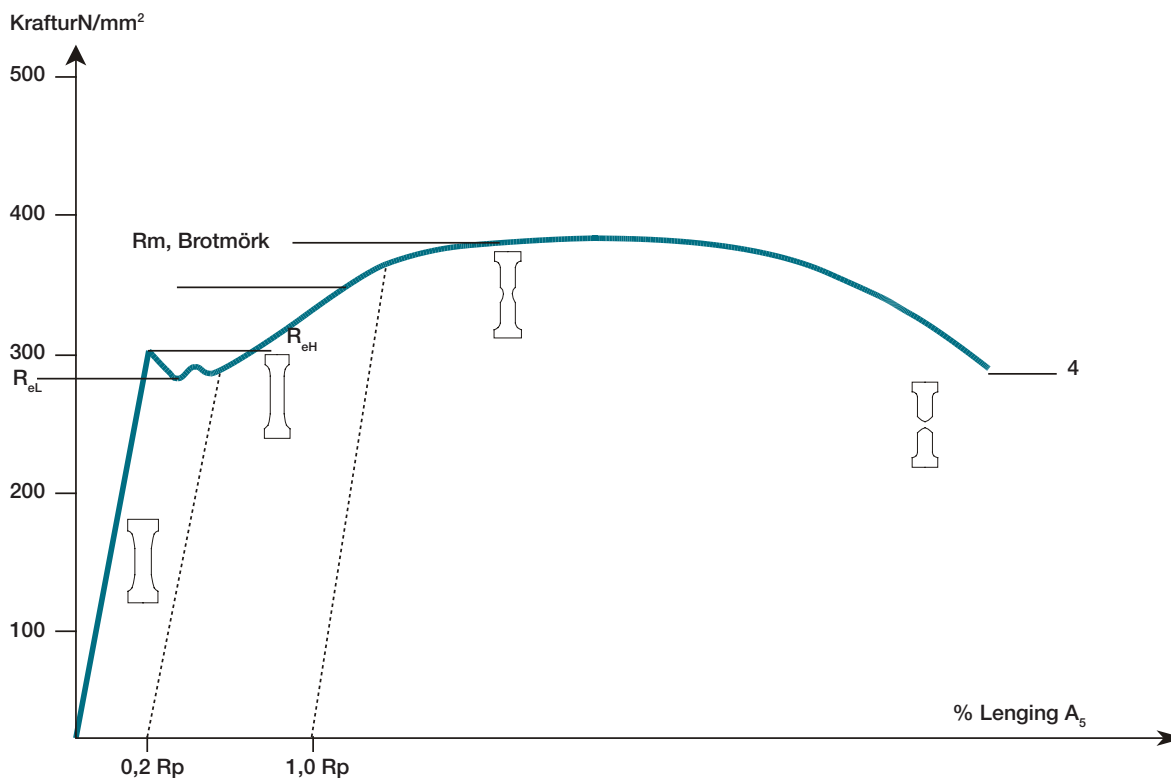
Þessi lenging er skráð í vélinni sem ritar graf af prófunarferlinu. Álagið eykst jafnt og þétt þar til prófstafurinn brestur, sjá graf fyrir neðan.

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			
				$R_{eL}$ N/mm <sup>2</sup> min	$R_{eH}$ N/mm <sup>2</sup> min	$R_m$	$A_5$ % min
13 12-00	Ómeðhöndl.	Plötu-og, stangaefni	40 (40)-100	220 210	240 230	360-460	25
13 12-01	Normal	Smiða-stál	50 (50)-250 (250)-500	220 200 200	240 220 220	360-460 360-(460) 360-(460)	27 25 24
13 12-03	Ómeðhöndl. eða hitameðh.	Heildregin rör	5 >5	240 220	260 240	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.

## Höggpolsprófun

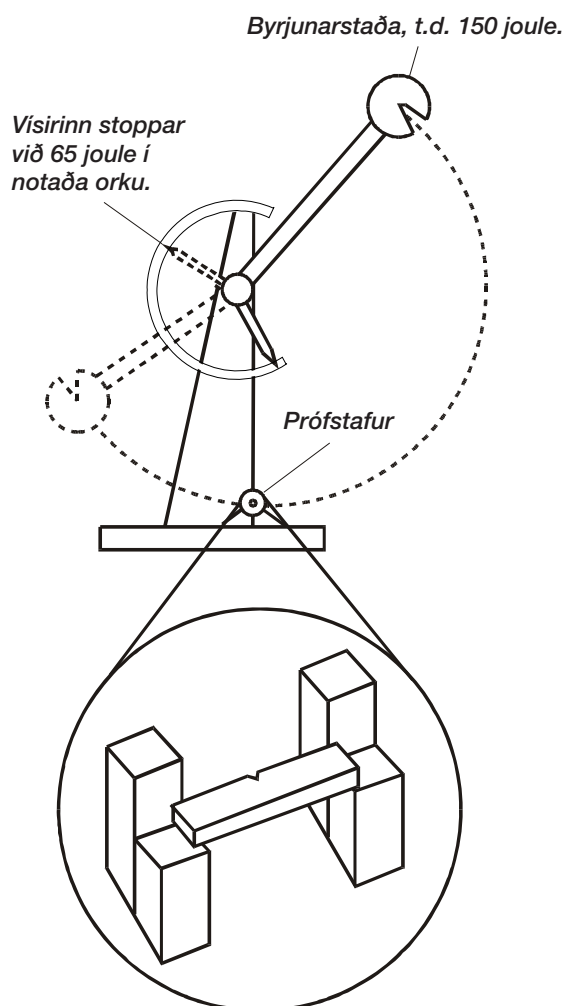
Höggpolsprófun er gerð til þess að meta hve stökkt efnið og suðuskeytin eru.

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).



Höggpolsprófun.

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.

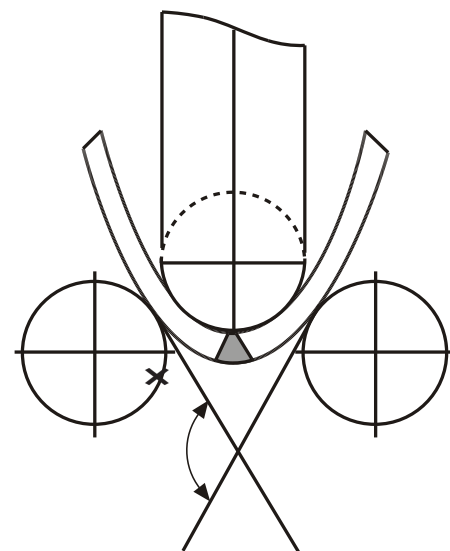
Einnig er hægt að nota prófstafi af öðrum stærðum, t.d. 5 x 5 mm. Þetta er þá gefið upp með kV 150/5.

*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.



Beygjuþrófun er notuð til þess að kanna sambræðslu suðuefnis og grunnefnis.

Stúfsuðupróf gerð með MIG/MAG (135) eða gassuðu (311) á að beygjuþrófa samkvæmt ÍST-EN 287-1 og SS 06 52 01 sem viðbót við röntgenmyndatöku.

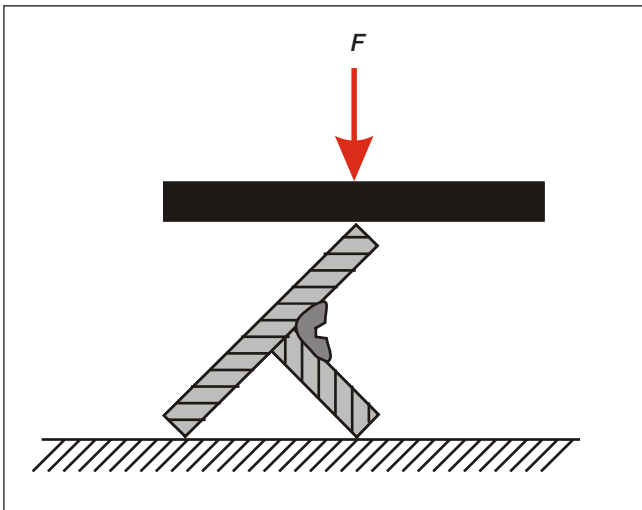
Þegar tekin eru fram WPS samkvæmt ÍST-EN-ISO 15614-1 er gert ráð fyrir að prófstafirnir séu beygðir yfir sívala stöng sem er fjórföld efnisþykkt prófstafanna að þvermáli. Stafina skal beygja í 180° (Það geta þó komið til undantekningar vegna ákveðinna grunn- og suðuefna). Í prófstafina mega ekki myndast brestir sem eru meira en 3 mm í nokkra átt. Ekki á að taka tillit til bresta á hornum prófstafanna við mat á prófuninni. Beygjuþrófun er ýmist framkvæmd með róthlið eða suðuhlið út.

## Brotþrófun

Til að rannsaka gegnheilleika suðuskeytis eftir brot er notað brotþróf til þess að kanna hvort til staðar séu gallar eins og innilukt gjall, loftbólur eða bindigallar. Við suðupróftöku samkvæmt ÍST-EN 287 getur brotþróf komið í staðinn fyrir röntgenmyndatöku (gildir fyrir stúfsuður í rör og plötuefni). Brotþróf 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.

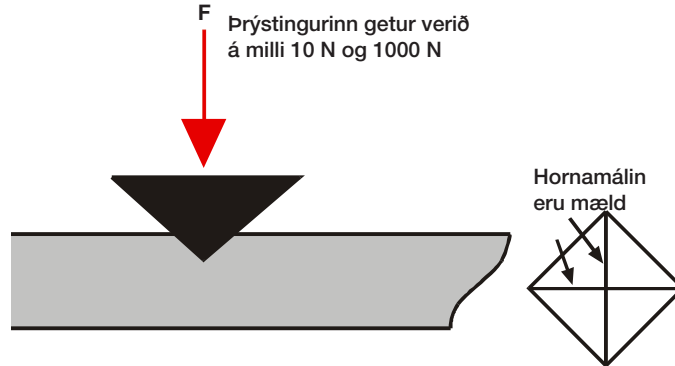


Brotþróf.

## Hörkuprófun

*Fyrir efni og suðuskeyti.*

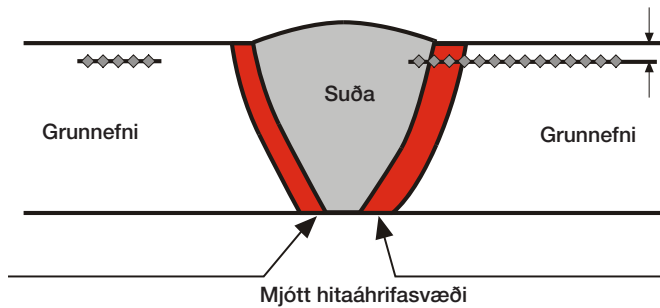
Til þess að mæla hörku efnisins og suðuskeytanna.



*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 suðumálms.*



Hörkuprófanir eru m.a. notaðar við prófun suðuferilslýsinga samkvæmt ÍST-EN-ISO 15614-1.

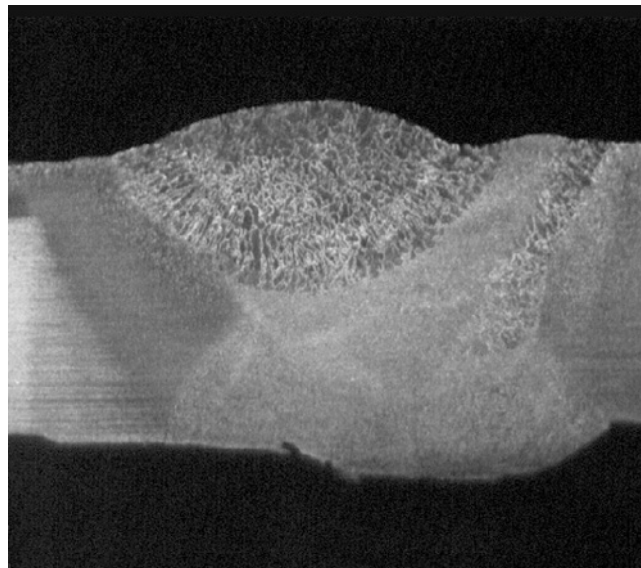
Vickers HV 10 er sú aðferð sem notuð er við þær prófanir. Aðrar hörkuprófunaraðferðir eru Brinell og Rockwellpróf. Við prófunina á að marka í suðuna, í HAZ og í grunnefnið til þess að mæla og skrá hörkuna í suðuskeytunum, sjá litlu feringana á myndinni fyrir ofan.

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.

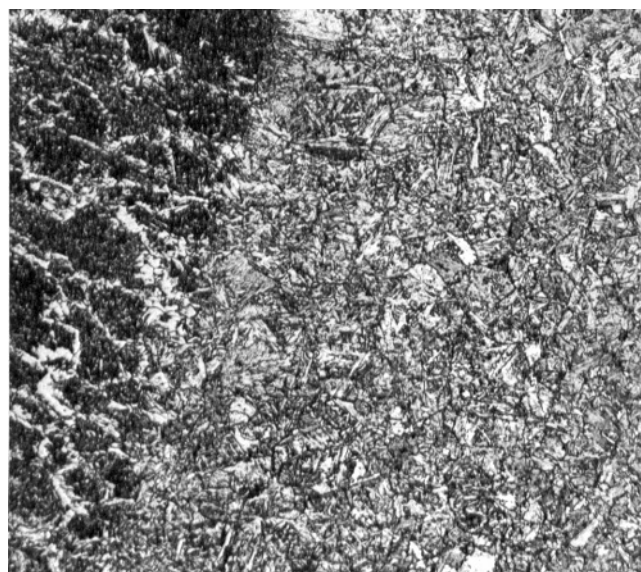
## Míkróprófun

Efni og suðuskeyti er líka hægt að prófa með míkróprófun. Þá er þverskurðaryfirborð suðunnar rannsakað ásamt gegnheilleika og uppbyggingu.

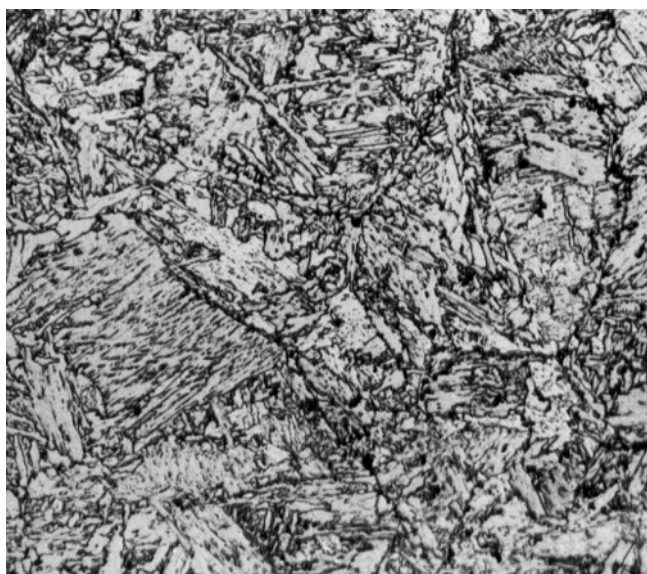
Með míkróprófun er hægt að bera saman uppbyggingu suðunnar, HAZ og grunnefnisins.

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



**TIG**  
**Áfangi T 6**  
**T 6.1 verklegar æfingar**  
**T 6.2 bóklegt nám**



## 6.1 Kynning

## Tímamörk 2 klst.

### Áfangi EWF-T6 rörasuða

Í þessum áfanga á að halda áfram að sjóða rör m.a. í 45° halla – eða H-L 045 eins og staðan heitir í Evrópustaðlinum.

Æfingarnar er að finna á næstu síðum.

Í lok áfangans eru tvö suðupróf í rör, bæði í stöðunni H-L 045 ásamt einu skriflegu prófi. Verklegr og fræðileg próftaka með fullnægjandi niðurstöðum leiðir til EWF-útskriftar sem er viðurkenndur evr-ópskuTIG-rörasuðumaður.

Prófstykkinn fyrir EWF-útskriftina er einnig hægt að nota til útgáfu skírteinis samkvæmt EN 287.

Kaflanum tilheyra einnig fimm bóklegir kaflar:

**T 6.2.1 Evrópustaðlar fyrir TIG-suðu**

**T 6.2.2 Gæðatrygging í suðu**

**T 6.2.3 Efni, önnur en kolefnisblandað stál (CMn stál)**

**T 6.2.4 Suðugallar**

**T 6.2.5 Fræðsluferfi EWF**

Evrópskir suðustaðlar sem tengjast TIG-suðu eru t.d. Staðlar um suðubúnað ÍS-ISO 700 „Suðubúnaður-Ljósogasúða- Straumgjafar fyrir handstýrða pinna-suðu og fyrir TIG-suðu- Merkingar og próf-anir.“

Fyrir suðuefni er hægt að nota Evrópustaðal (EN) eins og ÍST-EN 759 Suðuefni. Afhendingarskilyrði, vörugerðir, stærðir, leyfð frávik og merkingar.

Gæðatrygging í suðu felur í sér að unnið er kerfisbundið og eftir áætlunum svo tryggt sé að framleiðslan nái **tilætluðum** gæðum. Það þýðir að allt ferlið, hönnun, innkaup, framleiðsla, gæðaeftirlit og afhending verður að vera gæðastýrt.

Við uppbyggingu gæðastýrikerfis er hægt að styðjast við staðalinn ISO 9000, ÍST-EN 729, ÍST-EN 719 ásamt ÍST-EN 287.

Efni, önnur en kolefnisblandað stál sem eru TIG-soðin, geta verið lágblandað stál þar sem miklar kröfur eru gerðar til eiginleika efnisins, eins og til dæmis þrýstikútastál, háblandað stál (t.d. ryðfrí stál), verkfærastál, ál og álmelmi.

Þar að auki er soðinn eir og eirmelmi, nikkelmelmi og títan.

### Suðugallar



Með háþrúðum reikniaðferðum er í dag hægt að nýta styrk efnisins mun betur en áður hefur þekkst, og þar með minnka efnismagn í stálvirkjum, sem verður til þess að álagið á t.d. suður eykst til muna.

Af ýmsum ástæðum eru suðurnar oft veikasti hlekkurinn í stálvirkjum. Það þarf því engum að koma á óvart að samkvæmt tölfræðilegum upplýsingum úr tjónrannsóknaskýrslum koma sprungumyndanir við suður og tjón sem átt hafa upptök við suður oft fyrir. (Eitt vel þekkt og mannskætt dæmi er Alexander Kjelland).

**Mikil ábyrgð hvílir á suðumönnum og þeir þurfa að hafa rétta menntun, hafa ábyrgðartilfinningu og taka starfið alvarlega.**

### EWF – Viðurkennd stig menntunar

<b>EWE</b> European Welding Engineer	Háskólamenntaður verkfræðingur	446 tim
<b>EWT</b> European Welding Technologist	Tækni-fræðingur með 4ra ára nám að baki	340 tim
<b>EWS</b> European Welding Specialist	Faglærður málmíðnaðarmaður, 3ja ára starfsreynsla.	222 tim
<b>EWP</b> European Welding Practitioner	Gild suðuréttindi. 3ja ára starfsreynsla.	146 tim
European MMA Welder	Grundvallarkunnátta í málmsmíðum	640 tim
European MIG/MAG Welder	Grundvallarkunnátta í málmsmíðum	320 tim
European TIG Welder	Grundvallarkunnátta í málmsmíðum	346 tim
European Gas Welder	Grundvallarkunnátta í málmsmíðum	252 tim

### Menntunarkerfi EWF

## T 6.1 Verkleg æfing

Tímamörk 8 klst.

## 2. Stúfsuða í V-rauf (WPS T6P-2-A, T6P-2-B)

Þá er komið að síðasta áfanganum í Tig-suðu. Þær æfingar sem soðnar eru í þessum hluta eru áfram rör, en með meiri veggþykkt en í síðasta áfanga. Val er um tvær stærðir röra í hverri æfingu, en ef tími vinnst til er rétt að prófa báðar. Munið að nota

**GRUNNEFNI:**

Ryðfrí rör 5,5 x 60,3 x 125 mm

Ryðfrí rör 7,1 x 168,0 x 125 mm

**RAFSKAUT:**

Wolfram-Torium (WT20) Ø 1,6 mm

(Fyrir efstu strengi í þykkara efninu er rétt að nota Ø 2,4 mm rafskaut)

**SUÐUEFNI:**

AVESTA SKR SI Ø1,6 mm

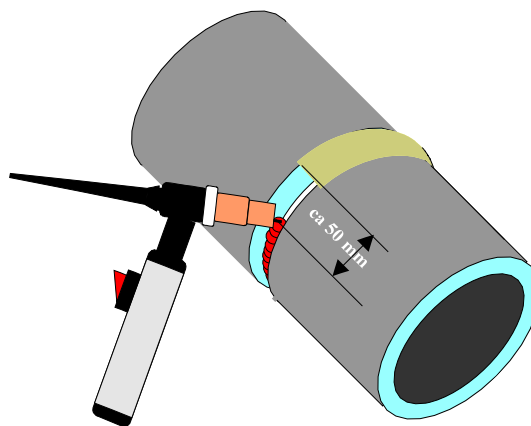
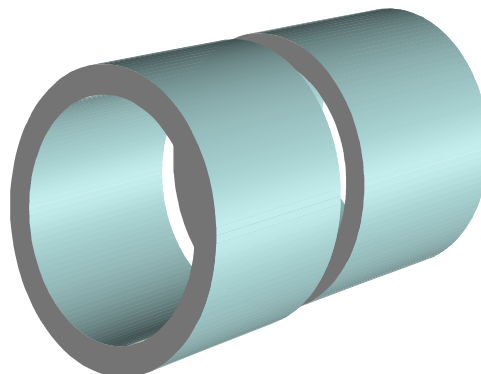
AVESTA SKR SI Ø2,0 mm

(eða sambærilegt)

Hlíðargas: AGA MISON

(eða sambærilegt)

Staða: PA

**Framkvæmið:**

Í þessari æfingu eiga rörin að sjóðast í stöðu PA.

Upplýsingar um undirbúning raufar og punktun er að finna í suðuferilslýsingunni.

Bakgas á líka að nota í þessum æfingum, en það er ákveðnum vandamálum háð vegna suðubilsins. Það er best leyst með því að loka suðubílinu með lím-bandu, en til er þar til gert límband til þessara nota, eins má nota ódýrara málningarlímband. Seinni kosturinn er þó ekki álitinn sérlega fagmannlegur.

Þéttið raufina og skolið með bakgasi. Fyrir punktun/suðu með 5 lítrum/mín í ca. 2 mínútur, meðan á suðu stendur með 10 lítrum/mín og eftirskolið með 5 lítrum í ca. 3 mínútur.

Þar sem bakgas á að flæða frá byrjun punktunar til loka verksins verður að halda vinnslustykkinu sam-an með röraþvingu eða suðu.

Fjarlægð u.þ.b. 50 mm af límbandi í hvert sinn og sjóðið. Ef meira límband er fjarlægt í einu er hætt við oxíderingu í rótinni.

*Fjarlægð u.þ.b. 50 mm af límbandinu.*

Rétt er að slípa niður enda suðunnar áður en byrjað er á nýjan leik eftir stopp. Það auðveldar sambræðslu „gömlu“ og „nýju“ suðunnar. Slípið endann þannig að hann verði næstum eins og skeið; frekar breiður og með mjúka kanta. Einn kostur við slípunina er sá, að hugsanleg hola (auga) hverfur, en þá þarf að slípa að mestu burt enda suðunnar.

Hafið einnig í huga að loft kemst inn í rörið við slípunina, þannig að skola þarf um stund með bakgasi áður en haldið er áfram við suðuna.

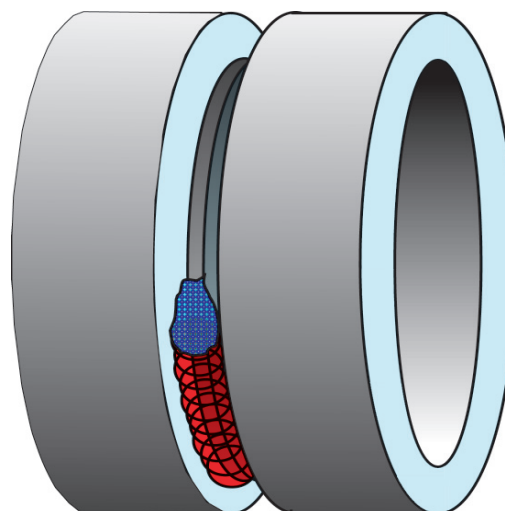
Þegar rótstrengurinn er tilbúinn, er haldið áfram og hinir strengirnir soðnir.

Eins og fram kemur á suðuferilslýsingunni fer fjöldi suðustrengjanna eftir veggþykkt rörsins.

Burstið suðuna hreina eftir hvern streng. Athugið að hreinsa líka burt oxíð áður en haldið er áfram að sjóða.

Halli suðubyssunnar er að venju mikilvægur. Reynið að beina ljósboganum að jöfnu að köntum raufar-innar og suðunni þannig að líkurnar á bindigöllum verði sem minnstar.

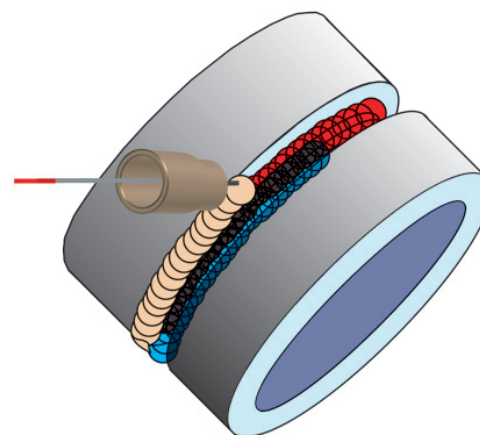
**Skoðið árangur suðunnar með kennaranum.**



*Slípið enda suðunnar þunnar og ávalan.*



*Botnstrengurinn á að hafa mjúkt og slétt yfirborð á rótarhliðinni og vera sléttur eða íhvolfur að ofan.*



*Fyllið í raufina samkvæmt suðuferilslýsingunni.*



## T 6.1 Verkleg æfing

Tímamörk 8 klst.

## 3. Stúfsuða í V-rauf (WPS T6P-3-A, T6P-3-B)

**GRUNNEFNI:**

Ryðfrí rör 5,5 x 60,3 x 125 mm

Ryðfrí rör 7,1 x 168,0 x 125 mm

**RAFSKAUT:**

Wolfram-Torium (WT20) Ø 1.6 mm

(Fyrir efstu strengi í þykkara efninu er rétt að nota Ø 2,4 mm rafskaut)

**SUÐUEFNI:**

AVESTA SKR SI Ø1,6 mm

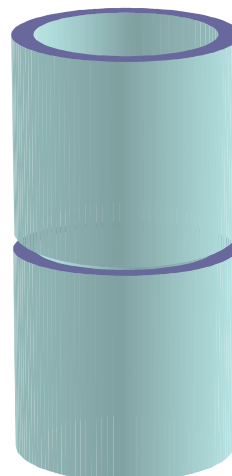
AVESTA SKR SI Ø2,0 mm

(eða sambærilegt)

Hlíðargas: AGA MISON

(eða sambærilegt)

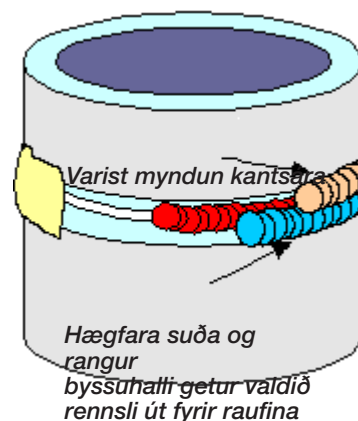
Staða: PC

**Framkvæmið:**

Þegar hér er komið á allt sem viðvíkur hreinsun, raufarundirbúningi, punktun, enda/byrja o.s.frv. að vera orðið sjálfsagður hlutur.

Setjið bakgasþéttinguna yfir raufina og fyllið með bakgasi. Fylgið leiðbeiningum suðuferilslýsingarinnar.

Sjóðið botnstrenginn. Yfirstrengirnir eiga ekki að valda neinum vandamálum lengur. Vandíð stað-setningu annars strengs – ekki of djúpt – og gætið að kantsárum við suðu þriðja strengs og því að suðan renni ekki út fyrir raufina. Hallið byssunni rétt.



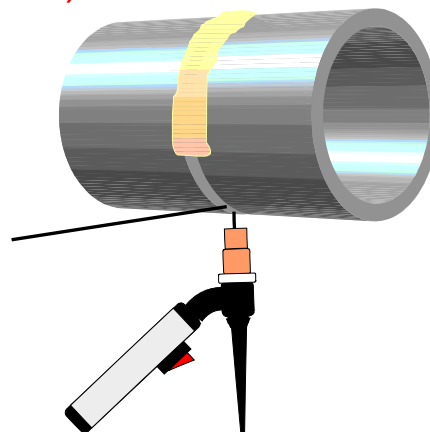
## T 6.1 Verkleg æfing

Tímamörk 8 klst.

## 4. Stúfsuða í V-rauf (WPS T6P-4-A, T6P-4-B)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og gas eins og í síðustu æfingu.

Staða: PF



Fyrsti strengur þessara suðuskeyta byrjar í uppundir stöðu. Mundu að ýta vel á eftir suðuvírnum upp í bráðina svo að rótin verði ekki íhvolf.

Sjóðið með litlum pendúlhreyfingum og matið suðuefninu jafnt og yfirvegað í suðupollinn.

Suða í þessari stöðu veldur miklu álagi á handleggi og axlir. Sitjið rétt!

## T 6.1 Verkleg æfing

Tímamörk 8 klst.

## 5. Stúfsuða í V-rauf (WPS T6P-5-A, T6P-5-B)

Grunnefni, suðuefni, rafskaut og gas eins og í síðustu æfingu.

Staða: H-L 045

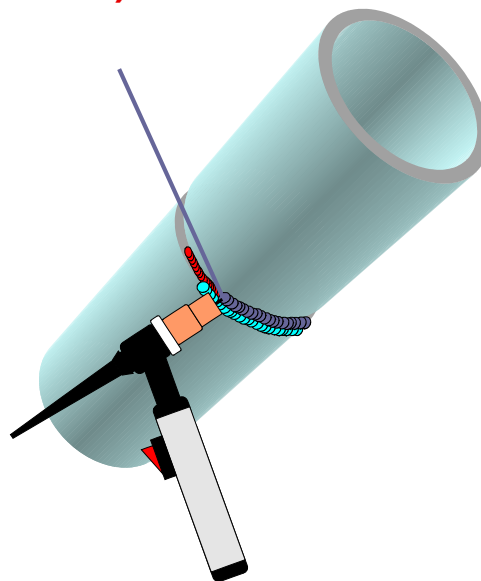


## Framkvæmið:

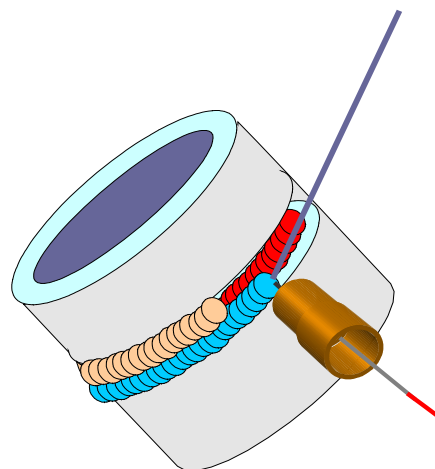
Síðasta æfingin! Suða í rör í stöðu H-L 045 er reyndar nokkru auðveldari í framkvæmd en suða á röri í stöðu PF.

Undirbúið eins og áður.

Munið að önnur hliðin er svolítið erfiðari en hin, og hætta er á að hallinn á suðubýssunni og suðuvírnum verði rangur á „erfiðu hliðinni“.



*Þessi hlið er auðveldari fyrir rétthenda.*



*En þessi aftur á móti erfiðari. Það auðveldar verkið ef maður getur líka soðið með vinstri!*

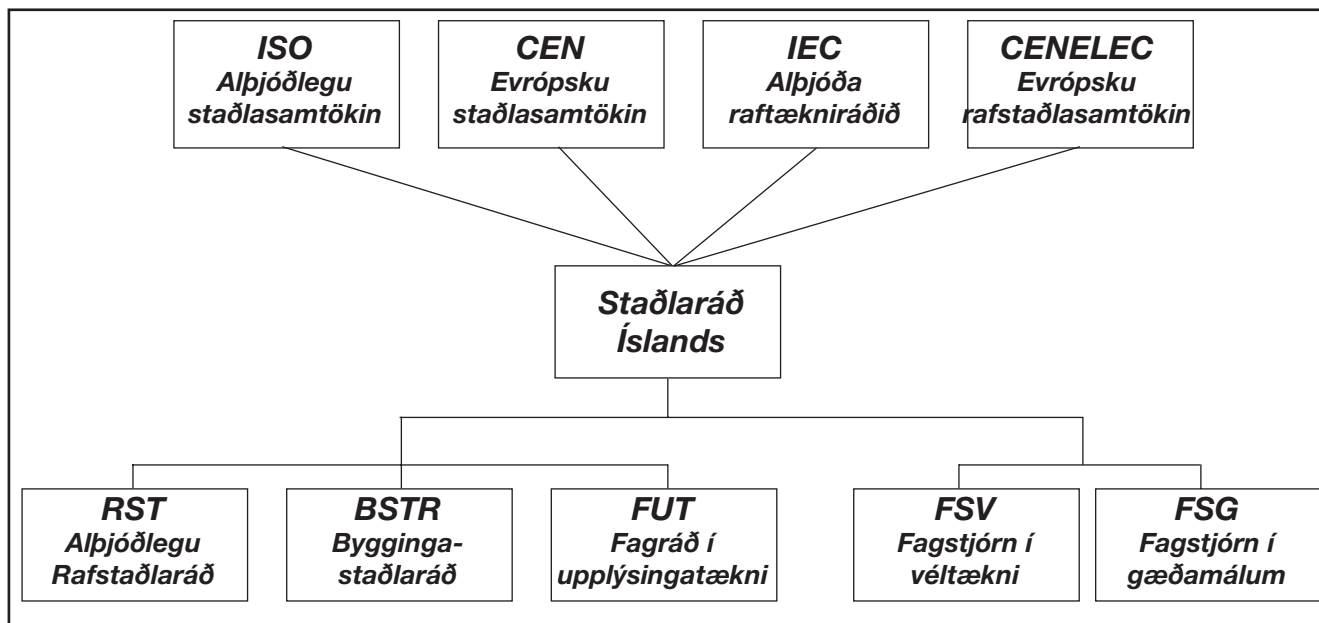
## T 6.2.1 Evrópskir suðustaðlar fyrir TIG-suðu (E8.2.2, M6.2.1)

### 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-medlimir). Gerð alþjóðastaðla fer yfirleitt fram í einhverri af hinum ýmsu tækninefndum ISO.

Hver sú aðildarþjóð sem hefur áhuga á starfi einhvers tækninefndarinnar, getur gerst aðili að henni. Alþjóðlegar stofnanir, bæði ríkisreklar og aðrar, sem starfa með ISO, taka einnig þátt í starfinu. ISO er í nánú samstarfi með Internationella Elektrotekniska 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 samþykka 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 útgáfurnar.

## 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:

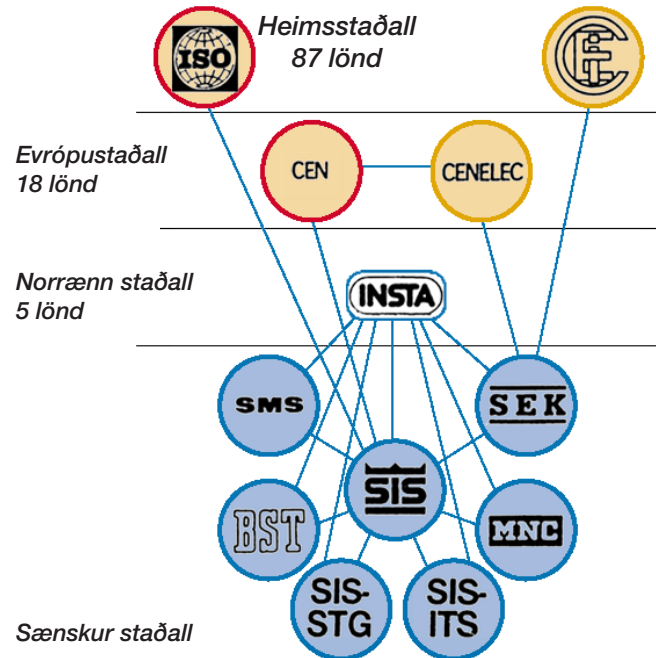
- Umsjón með staðlagerð á Íslandi
- Að aðhæfa og staðfesta þá staðla sem skylt er vegna aðildar Staðlaráðs að erlendum staðlasamtökum
- Að greiða fyrir því að íslenskum stöðlum verði beitt í opinberri stjórnsýslu og hjá einkaaðilum
- Að starfrækja miðstöð stöðlunarstarfs á Íslandi sem þjónustar stofnanir, 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 verkefni.

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 MIG/MAG-suðu

Suðuefni eru í grundvallaratriðumflokkadir samkvæmt eftirtöldumeiginleikum:

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 samevrópska 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 suðuefnis

Í mörgum löndum eru til staðlar yfir suðuefni. 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 álagsþolið stál.

**ÍST-EN 1599** Rafsuðuvírar fyrir hitaþolið stál - flokkun.

**ÍST-EN 1600** Rafsuðuvírar fyrir ryðfrí- og hitaþolin 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**

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 suðuferilsýsing 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 efnisþykktar
- 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 umsýjónarmaður 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

## T 6.2.2 Gæðastýring við suðu ( E8.2.4, M6.2.2, G4.2.3)

### 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 „tekklista“ 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 719**.

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 suðuverkstjórin 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 suðuadferðum 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	ÍST-EN 729-2 (umfangsmikil gæðastýring)	ÍST-EN 729-3 (meðal gæðastýring)	ÍST-EN 729-4 (einföld gæðastýring)
<b>Aðgerðir</b>			
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 standur 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	Skulu gerðar samkvæmt reglum um ábyrgð framleiðanda		Samkv. kröfum verksamnings
	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

## T6.2.3 Efni önnur en kolefnisblandað stál (CMn) (E7.2.2, M6.2.3)

### 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.

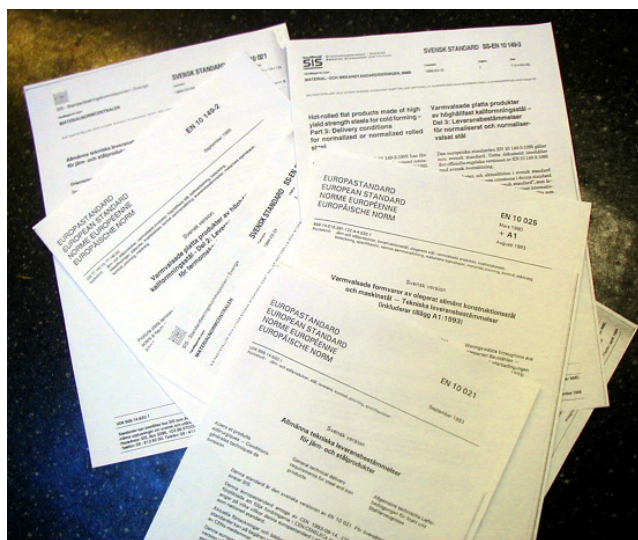
Vinnan við kerfisbreytinguna tekur sinn tíma og eflaust koma ýmsar stáltegundir til með að hverfa en í samanburðartöflum verður hægt að finna það sem næst kemst í nýja kerfinu.

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 þrýstikúta stál 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 álagspól, og að þau eru erfiðari í suðu en kol- og kolmanganstál. Það þýðir að suðan verður að fara fram við hækkað vinnsluhitastig og að afglóa þarf að suðuvinnu lokinni.

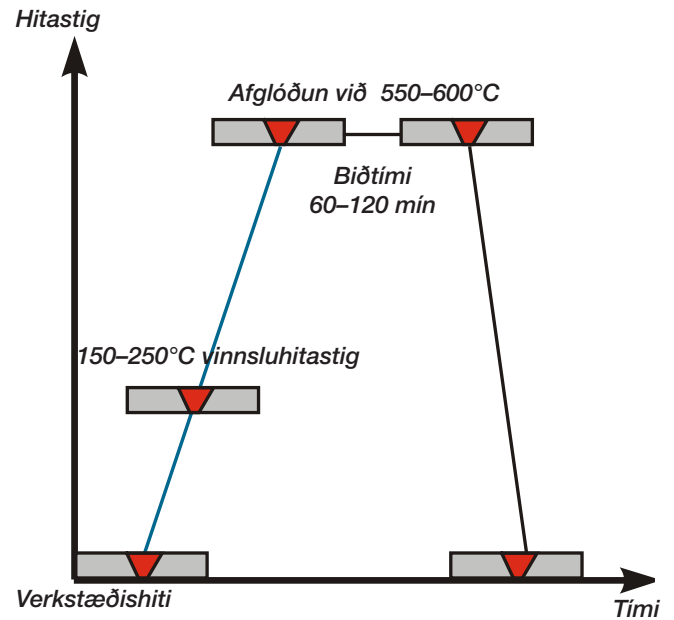
## Suða á há- og lágblönduðu stáli

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. rútílpinna 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.



Afglöðun.

Uppbygging	Kólnunarhraði 800–500°C	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!

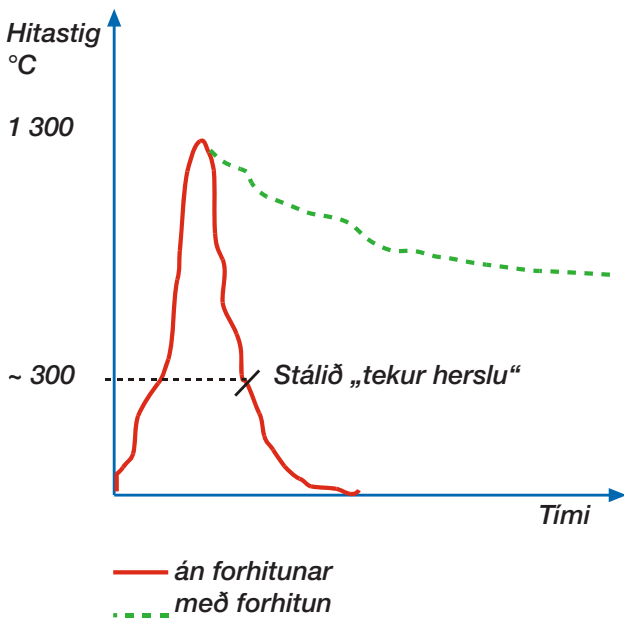
**Hvaða stál eru viðkvæm fyrir vetnissprungum?**

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.



**Hvaða vinnsluhitastig (forhitunarhitastig) á að velja?**

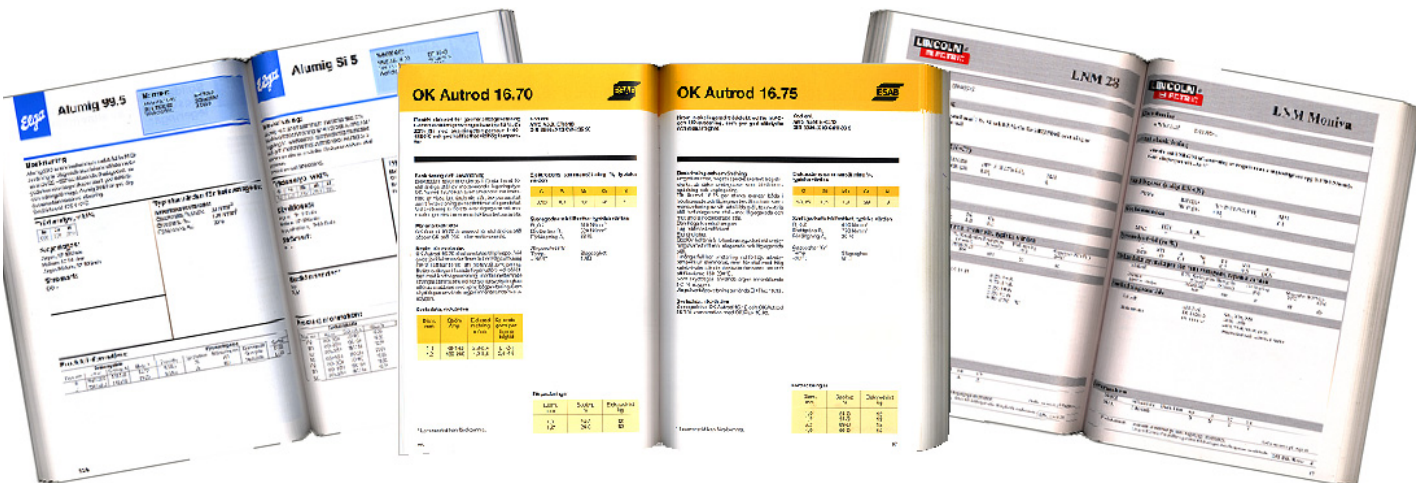
Fyrir seigherslustál, fjaðrastál, vélastál og kúlulegustál má setja eftirfarandi viðmiðunargildi:

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, lögun 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



Handbækur um suðuefni.



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, lögum 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 afglóða að nýju strax eftir suðuna. Afglóðunarhitastig 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 þunn 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 afglóðuðu ástandi (släckglödad), þ.e.a.s. afglóðuð 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. Lágt 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.

## Suðuhæfi og eiginleikar ryðfrís stáls

Flokkun og notkunarsvið 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 sellulósa iðnaður, matvæla og byggingariðnaði
	<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			
	<0,030	17,5-28,0	13,0-34,0	3,0- 6,5			

<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 notkunarsvið fyrir ryðfrí stál.



„Offshore“.



Röraleiðslur, tankar.

## Ferrítisk stál

Helsta notkunarsvið 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 reykvasi. 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 ferrítið 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 álagspolið en einnig minnstu tæringarmótstöðuna. Notkunarsvið þeirra er þar sem saman fer slit og tæring eins og í vatns-túrbínunum 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 martensítið og minnka suðuspennurnar eftir suðuna til þess að koma í veg fyrir myndun herslusprungna. Afglódunin 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 „forsóðið“ inni á verkstæði, þ.e. að soðið er lag með austenítisku suðuefni í raufarnar.

## Martensít-Austenítisk stál

Martensít-austenítisku stálin hafa að mestu sama notkunarsvið 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 álagspolið 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 hækk-aðs 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 afglódun 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. Almenn á að hafa orkuflæði 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, kornamarkakarbíta 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, tær-andi 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 suðumálmnum. Þetta er til þess að tryggja að suðumálmurinn storkni að mestu í ferrítisku ástandi, sem er gott með hliðsjón af hættunni á myndun hitasprungna.

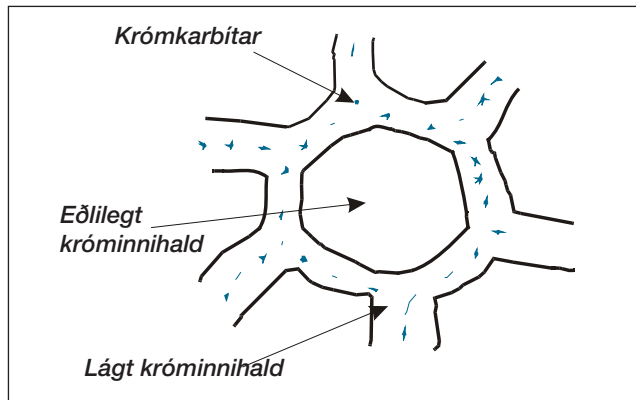
Háblandaður austenítiskur suðumálmur er einnig viðkvæmur fyrir endurupphitun sem er enn frekari ástæða til þess að hafa gætur á hitanum við fjöl-strengjasuðu.

## Ferrít-Austenítisk stál (duplex stál)

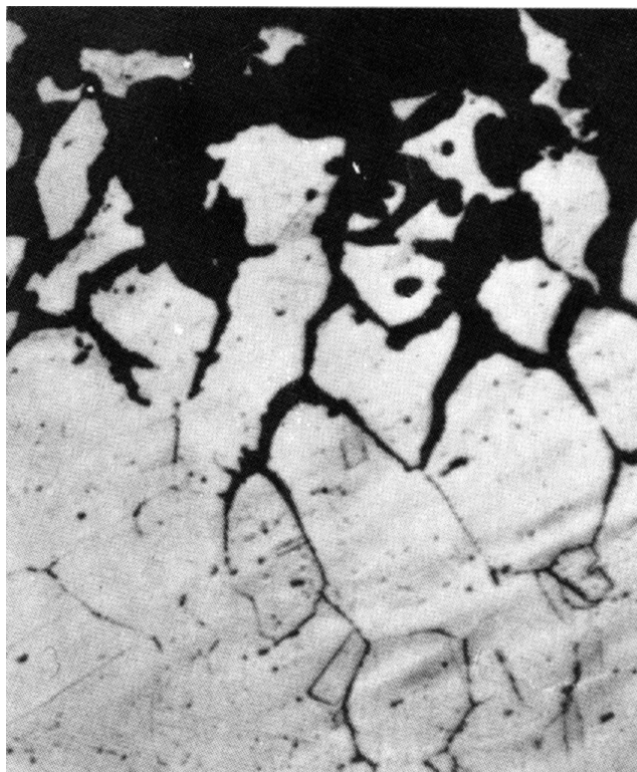
Ferrít-austenítisku stálin eru stöðugt meira notuð en þessa tegund stáls var af alvöru byrjað að framleiða á miðjum áttunda áratugnum.

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 álagsþolnara en austenítisk stál.

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.



Krómkarbítar myndast þegar austenítikornin hitna upp í 500–800°C.



Krómkarbítar, ásamt samdráttarspennum geta valdið innbyrðis spennusprungumyndunum á milli kristalla.

Vegna mikils álagsþols 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 hætta 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 hætta 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 brotamálmi (endurvinnsla áls).

Bauxít er rauðleitir 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 meginflokk

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.

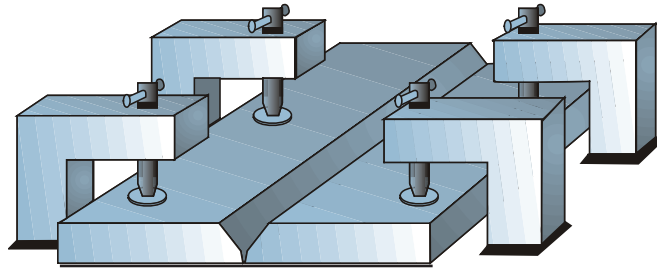
**Að sjóða ál er ekki erfiðara en að sjóða stál  
– bara öðruvísi**



## 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 heflla og gera ávala. Það minnkar líkurnar á rôtargöllum og formgöllum í suðunni.



Suðuklemmur eru gott hjálpartæki við álsuðu.

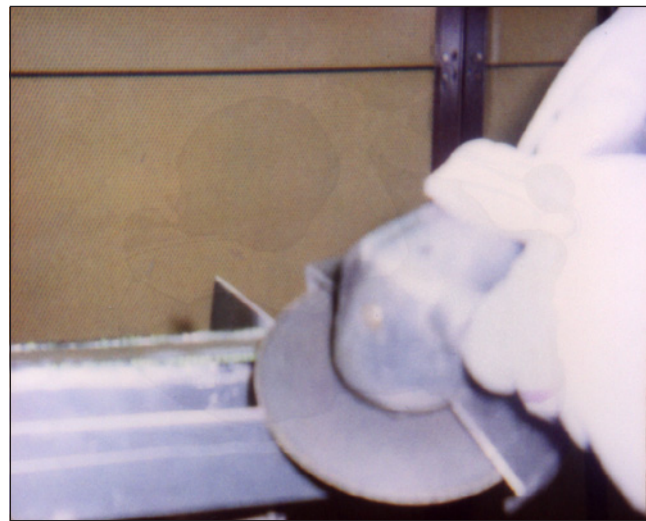
## Suðuvandamál

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 ryðfria 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 bræðsluðu 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).

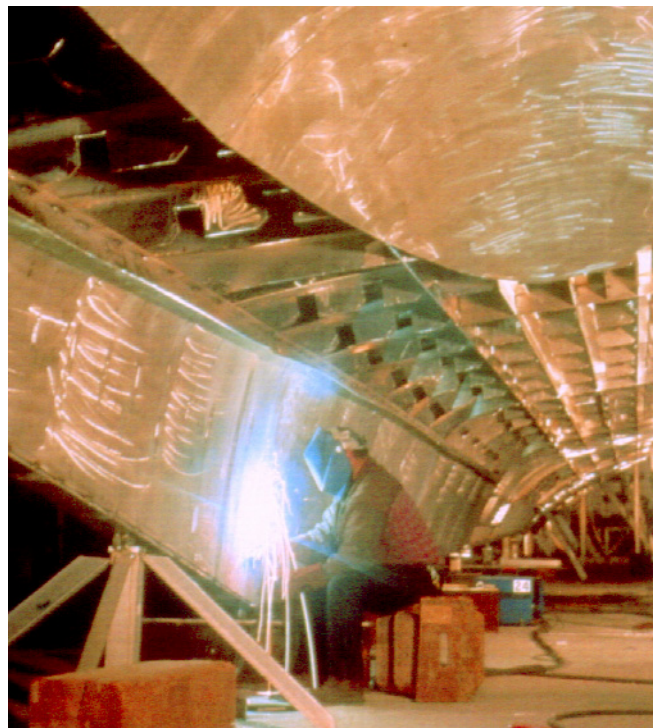
## Suðaáferðir

Algengustu áferðirnar 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 hardlóða bæði með gasloða, lóði og flúxefni og með sjálfvirkri lóðun, t.d. vakúmlóðun án flúxefnis.

## Framleiðsla og notkunarsvið

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, girkassahús, báta, lendingarpalla fyrir þylur, 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 mismunandi áhrif á eiginleika suðuskeytanna, t.d. hvað varðar hættu

ásprungumyndun, tæringarþol, álagspól, suðueiginleika og lita-samræmi eftir rafbrynjun.

Grunnefni A ↓									
Al99,7	Al99,8								
Al99,5 Al99,0	Al99,5Ti Al99,5	Al99,5Ti Al99,5							
AlMn	Al99,5Ti	Al99,5Ti	Al99,5Ti						
AlMn(Mn) AlMg2	Al99,5Ti AlMg5	Al99,5Ti AlMg5	Al99,5Ti AlMg5	AlMg3 AlMg5					
AlMg3	AlMg3	AlMg3	AlMg3	AlMg3	AlMg3				
AlMg4,5Mn	AlMg5	AlMg5	AlMg3	AlMg5	AlMg5	AlMg4,5Mn			
AlMgSi	AlMg5 AlSi5	AlMg5 AlSi5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlSi5 AlMg5		
AlZnMg	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5 AlMg4,5Mn	AlMg5	AlMg5 AlMg4,5Mn	
Grunnefni B →	Al99,7	Al99,5 Al99,0	AlMn	AlMg1(Mn) AlMg2	AlMg3	AlMg4,5Mn	AlMgSi	AlZnMg	
SS nr	4005	4005 4010	4054	4106	4120	4140	4104 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
- Súrefnissnauður 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, súrefnissnauður og afoxaður eir

Súrefnismettaður eir er framleiddur með einfaldri steyputækni í súrefnisríku andrúmslofti og inniheldur u.þ.b. 0,02% súrefni. Hann er viðkvæmur fyrir „vetnisveiki“ (vätensjuka).

Súrefnissnauður 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 pappírframleiðslu o.þ.h.

Eir með íblöndunarefnum hefur betra álagspól, bætta skurðarhæfi, og hækkað afgangshitastig. 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.

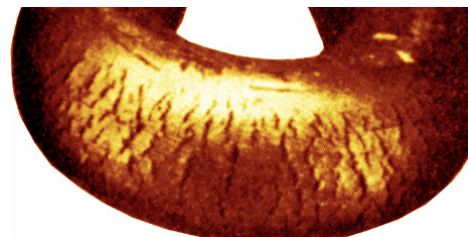
Hitapenslan veldur eiginspennu og formbreytingum.

Herslumedhöndlað 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

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 álagspól 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 súrefnissnauðum eða desoxíderuðum eir.



Vetnisveiki í súrefnismettuðum 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 þunnt efni
- Fyrir grófara efni 100-150°C nægir oft að forhita byrjunarstað suðunnar

## Framleiðsluaðferðir

Nikkel er framleitt með tveimur aðferðum. Önnur byggir á því að fyrst er framleitt nikkeloxíð, 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.*

## Nikkelblöndur



### Nikkelmelmi og notkunarvið

Nikkelblöndur eru fyrst og fremst notaðar þegar óskað er eftir miklu tæringarþoli við erfiðar aðstæður eða þá að krafist er mikils álagspóls 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. Notkunarsviðið 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. Notkunarsvið 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 herra bræðslumark en grunnefnið, og geta orðið eftir í suðumálminum.

*Rétt áður en sodið 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 viðtækt notkunarsvið, 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 klörgasi og klórsamböndum eins og koltvíldi, sjó og kælivöknum. Við slíkar aðstæður hefur títan yfirburði fram yfir önnur efni.

### Preytupól

Títan er viðkvæmt fyrir yfirborðsgöllum og þess vegna hefur yfirborðsáferð þess mikil áhrif á preytupolið.

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 upphituum svæðum við áhrifum andrúmsloftsins og fyrir efnem sem gefa frá sér virkar loftgundir. Þetta útilokar notkun bæði log- og pinnasuðu þar sem þær aðferðir byggja á því að nota virkt gas.

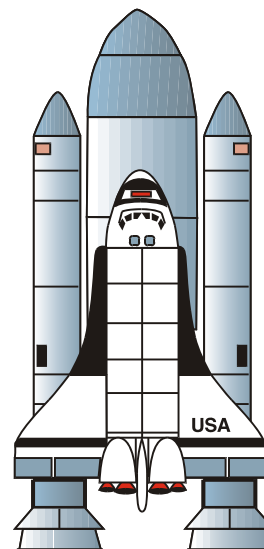
1. Festing fyrir suðubyssu.
2. Rör til að tengja við hlífðargas.
3. Gaskápa.
4. Svampkennt efni sem tryggir jafna dreifingu hlífðargassins.



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 torsóðið vegna þess að í því er kolefni í grafítformi og/eða karbítar. Þessi efni losna og mynda uppbyggingarformið *cementít* sem er hart og hefur míkrouppbyggingu sem er ákaflega viðkvæm fyrir sprungumyndun.

Steypujárn hefur lág brotmörk og enga seiglu.

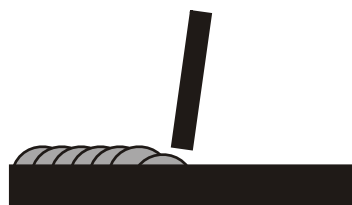
Af ýmsum ástæðum verður samt sem áður stundum að sjóða steypujárn. Það getur verið um að ræða bæði samsuðu steypujárnshluta og steypujárn við stál.

Algengust er samt viðgerðasuða, bæði á hlutum úr steypujárni sem hafa brotnað eða slitnað, og á göllum sem hafa myndast við steypuna.

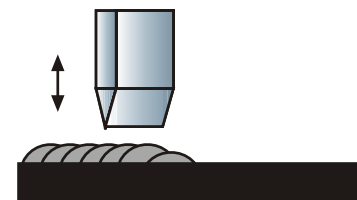
**Suðuhæfi**

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 sóðnir 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 efniinu verður að fjarlægja með slípun, og raufin þarf að vera opnari en við stálsuðu, helst með vel afrúnaða kanta. Suða í lárétttri 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 grunnefniinu og þar með verður hitaáhrifasvæðið (HAZ) minna.

Suðustrengina á að hamra strax eftir suðuna til þess að mynda þrýstispennur 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.

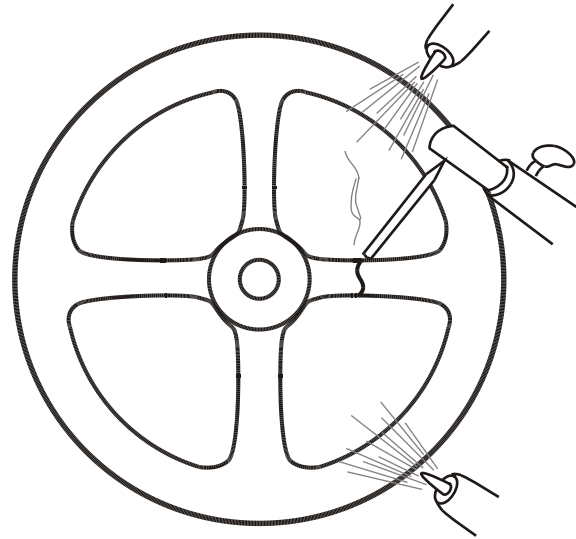
## Hitameðferð

Í erfiðum tilfellum og þegar efnisþykktin er mikil getur verið þörf á viðbótar hitameðferð.

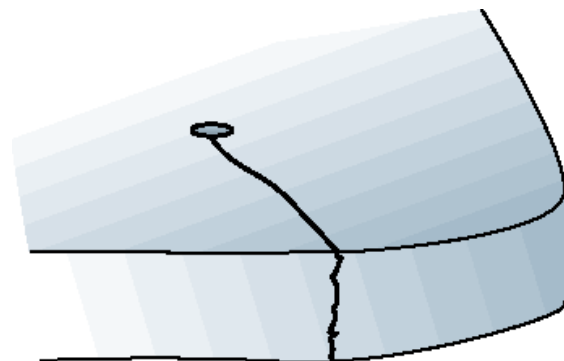
Það getur verið *spennulosun með afglódun* sem fer fram við 500-560°C og með biðtíma (þann tíma sem efnið er fullheitt) sem er ca. 1,5 tími/25 mm efni með hægri kólnun. Bætir álagsþolið.

*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. Nýhörð 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, Migatron, Sandvik. Útgáfur m.a. frá Svetskommissionen/IVA Karlebo Materiallára. Eigið efni: Adrian Bailey, Jan Jönsson, Bengt Westin

## T 6.2.4 Upprifjun: Suðugallar (E8.2.1, M6.2.4)

### Upprifjun – Áhrif suðunnar á öryggið

Sjá M 2.2.2 og M 4.2.5.

### 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 tölfraði 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 gjallleifar og míkróbólur í suðum.

Þetta á sérstaklega við á bræðimörkunum þar sem

efnið hefur að hluta til bráðnað. Þessir smágallar hafa einkum áhrif á þreytuþolið.

#### Suðuspennur

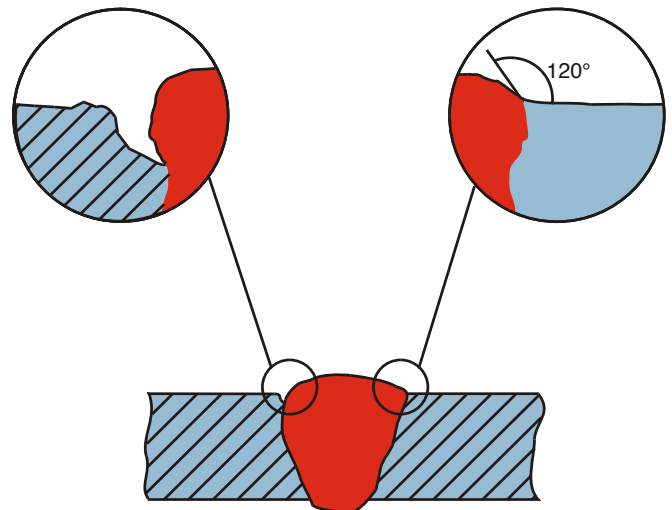
Vegna storknunarsamdráttar í suðumálminum o.fl. verða suðuspennur alltaf eftir í og í kringum suðuna að suðuvinnu lokinni.

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).



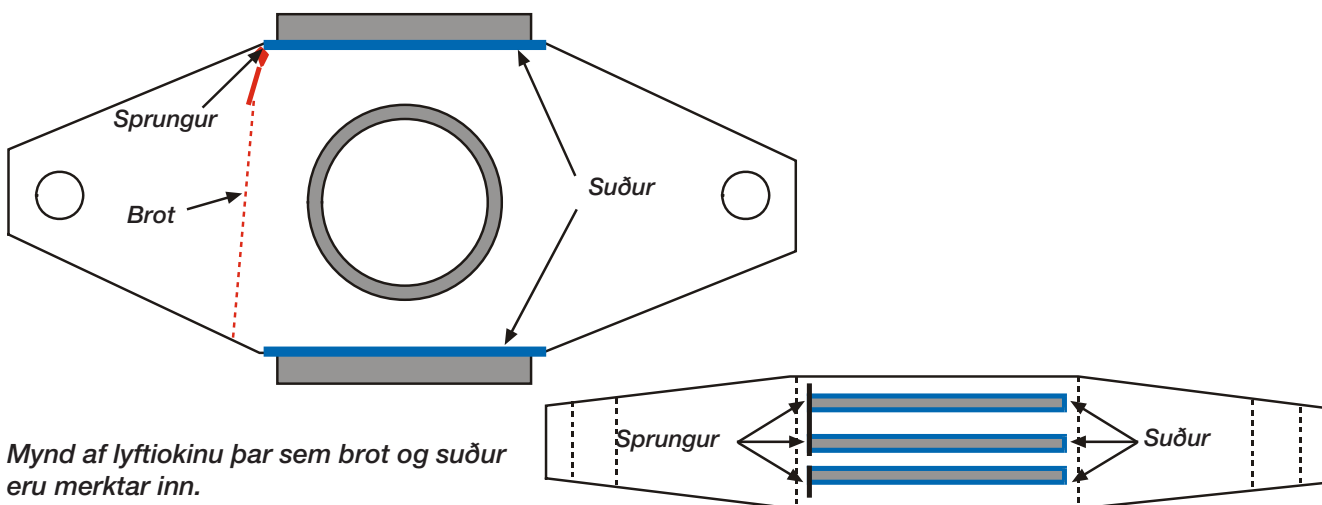
Formgallar hafa slæm áhrif á seiglu, þreytuþol og tæringarþol (spennutæring).

## 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. Lögum 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.



## 2. Brotin keðja í sögunarborði

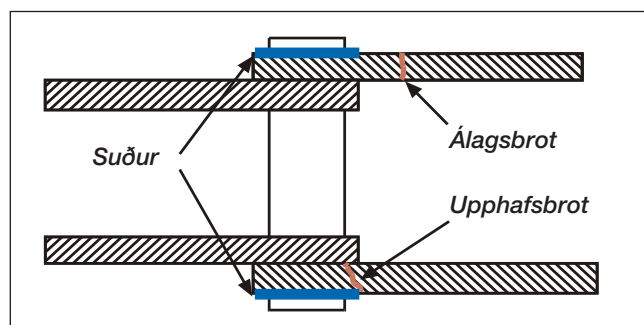
Keðja sem stillir sögunarborð brast eftir notkun í skamman tíma.

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 martensítíð virtist að auki nær allveg 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 reiðhjólstatífi, 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

## T6.2.5 Fræðslukerfi EWF (E8.2.3, M6.2.5, 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 Pýskaland.

### Samsetning og hlutverk EWF í Evrópu

Suða er framleiðsluaðferð 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 níunda 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 inntökuskilyrði til námsins og eins hvernig próftöku skuli hátað. 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 European Welding Technologist	4ra ára tækninám á menntaskólastigi	340 tím
EWS European Welding Specialist	2ja ára iðnnám á málmíðnabraut. 3ja ára starfsreynsla	222 tím
EWP European Welding Practitioner	Samþykkt suðupróf, 3ja ára starfsreynsla	146 tím
European MMA Welder	Góð, almenn, verkleg kunnátta í málmsmíðum	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.



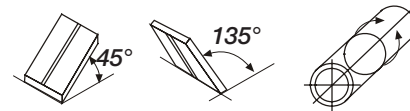

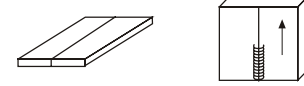
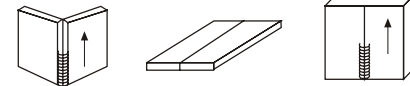
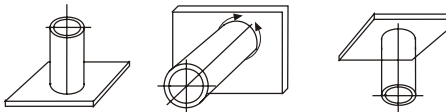
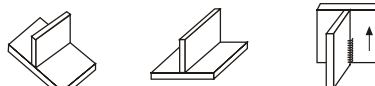
#### Inntökuskilyrði

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.

EWF-E8 Efnisþykkt 5–10 mm		Verklegt 76 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 90 t
EWF-E7 Efnisþykkt 5–10 mm		Verklegt 57 t Bóklegt 8 t Próf 5 t SAMTALS 70 t
EWF-E6 Efnisþykkt 5–10 mm		Verklegt 106 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 120 t
EWF-E5 Efnisþykkt 4–20 mm		Verklegt 54 t Bóklegt 8 t Próf 8 t SAMTALS 70 t
EWF-E4 Efnisþykkt 4–13 mm		Verklegt 58 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 72 t
EWF-E3 Efnisþykkt 3–13 mm		Verklegt 46 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 60 t
EWF-E2 Efnisþykkt 3–20 mm		Verklegt 64 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 78 t
EWF-E1 Efnisþykkt 4–13 mm		Verklegt 68 t Bóklegt 8 t Próf 4 t SAMTALS 80 t

**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. Verklegr 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.

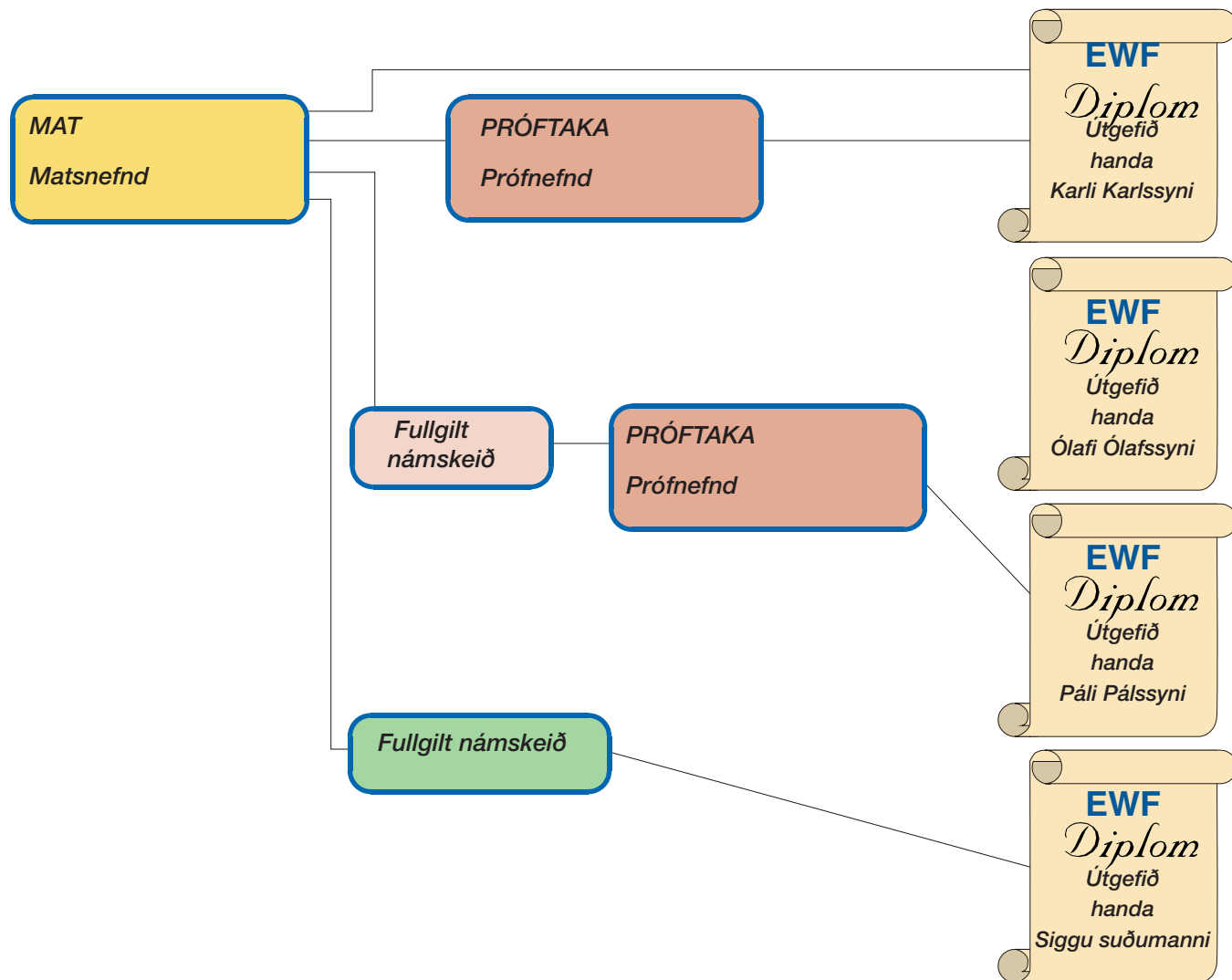
**Aðlögunarreglur**

Þegar 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.

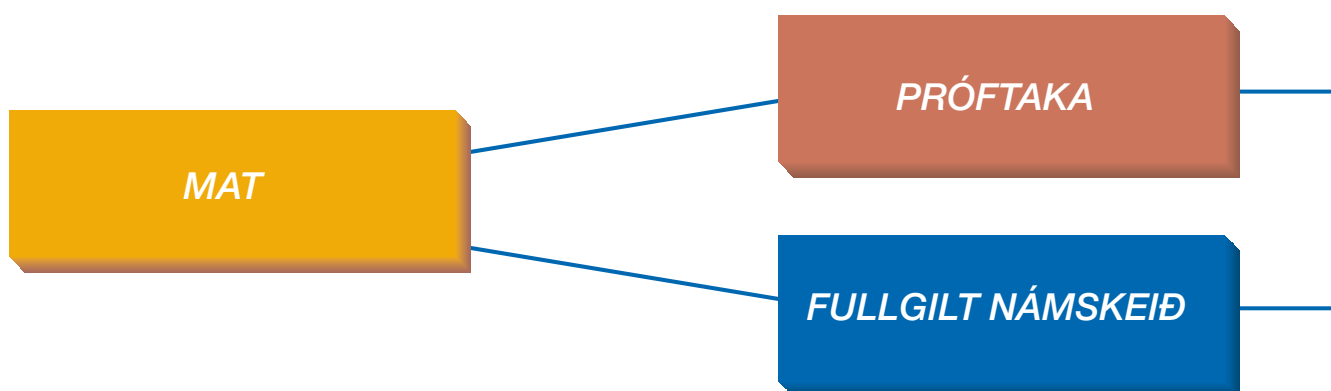
Almennt er reglan sú að til þess að eiga möguleika á að fá skírteini samkvæmt aðlögunarreglunum þarf að hafa að baki sömu tæknilegu grunnmenntun og krafist er til þess að komast inn á fullgilt námskeið. Skírteini sem fengið er eftir aðlögunarreglunum gefur sömu réttindi og hin sem fengin eru að loknu 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 skirteini.



Aðlögunarreglur fyrir EWS áfangann.

HEIMILDIR:

EWF suða - Svetskommissionen - Lars Johansson, EWS efni - Tomas Thulin - Lernia

