

# LOGSUÐA



## 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. ÍÐAN 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

ÍÐAN Málm- og véltækni svið.

© Lernia

© ÍÐAN fræðslusetur 2007

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

**ÍÐUNNAR fræðsluseturs ehf.**



# Efnisyfirlit

Efnisyfirlit .....	Bls. 3
Til nemandans .....	5
EWF-kerfið .....	7
Talnalykill EWF-kerfisins .....	8
Til leiðbeinandans .....	9
G 1.2      Áfangi G 1 .....	11
G 1.2.1    Suðubúnaður og gas .....	13
G 1.2.2    Vinnutækni við logsuðu .....	24
G 1.2.3    Logskurður .....	28
G 1.2.4    Heilsa og öryggi .....	35
G 2.2      Áfangi G 2 .....	45
G 2.2.1    Suðuvírar .....	47
G 2.2.2    Framkvæmd suðunnar .....	49
G 2.2.3    Suðupróf .....	52
G 2.2.4    Grunnur að málmfræði stáls .....	64
G 3.2      Áfangi G 3 .....	71
G 3.2.1    Eftirlit og prófun .....	73
G 3.2.2    Framleiðslutækni. Plötur og stangaefni úr stáli .....	81
G 3.2.3    Suðuskeyti röra .....	87
G 3.2.4    Suðuhæfni stáls .....	94
G 3.2.5    Suðugallar .....	101
G 4.2      Áfangi G 4 .....	109
G 4.2.1    Samdráttur, spennur og formbreytingar .....	111
G 4.2.2    Stjórnun formbreytinga .....	114
G 4.2.3    Gæðastýring við suðu .....	122
G 4.2.4    Fræðslukerfi EWF .....	125
G 4.2.5    Yfirlit yfir málm-suðuaðferðir .....	130
G 4.2.6    Örugg vinnubrögð á byggingarstað .....	135



## 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 bílprófs er dæmi um slíkt. Býsna strembið, en flest viljum við hafa bílpróf og þá hefur maður hvatninguna.

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

Áður en maður kemst inn í hinn fjölbreytta heim suðuvinnunar verður maður að læra grunnþættina. Án grunnsins verður erfiðara að fínþússa 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 mjólkursýran kyrr og við verðum þreytt, finnum jafnvel til sársauka, og getum fengið krampa.



Gerðu smá hlé á vinnu þinni þegar þú

### 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.

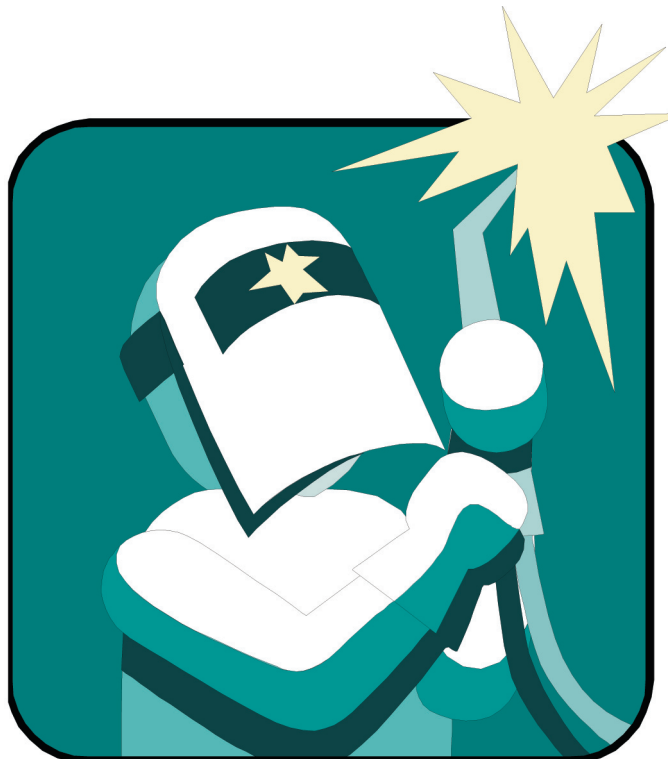
Forðastu að vinna með handleggina yfir axlarhæð.

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>



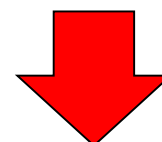
# Talnalykill að EFW-efninu

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

Hafir þú þegar lesið bóklega efnið fyrir eina suðuaðferð 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 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.	G 4.2.1	Samdr. Spenna, formbr.
E 4.2.2	Suðugallar	M 4.2.3	Suðugallar	T 4.2.3	Suðugallar	G 3.2.5	Suðugallar
E 4.2.3	Búnaður til pinnasuðu	M 4.2.4	Búnaður til þrásuðu	T 4.2.4	Búnaður til TIG-suðu	G 1.2.1	Suðubúnaður og gas
E 4.2.4	Yfirlit yfir málm-suðuaðferðir	M 4.2.5	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. I	T 4.2.5	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. I	G 4.2.5	Yfirlit yfir suðuaðferðir I
E 5.2.1	Suðuhæfni stáls	M 3.2.5	Suðuhæfni stáls	T 3.2.5	Suðuhæfni stáls	G 3.2.4	Suðuhæfni stáls
E 5.2.2	Stjórnun formbreytinga	M 4.2.2	Stjórnun formbreytinga	T 4.2.2	Stjórnun formbreytinga	G 4.2.2	Stjórnun formbreytinga
E 5.2.3	Örugg vinna á bygg.sv.	M 4.2.6	Örugg vinna á bygg.sv.	T 4.2.6	Örugg vinna á bygg.sv.	G 4.2.6	Örugg vinna á bygg.sv.
E 5.2.4	Heilsuskaði v mengunar						
E 6.1	Verklegr 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 rafsuðuaðf. II	M 5.2.3	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. II	T 5.2.3	Yfirlit yfir rafsuðuaðf. 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 nám-skráin 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.

## 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*

## Leiðbeiningar fyrir verklegar

*Uppruni mynda:*

© Tölvumyndir Bengt Westin

© Táknmyndir birtar með leyfi

Microsoft Corporation



**GAS**  
**Áfangi G 1**  
**G 1.2 bóklegt nám**



## G 1.2.1 Suðubúnaður og gas

### Eiginleikar og geymsla acetylens

Acetylen er efnasamband kolefnis (C) og vetnis (H). Það er framleitt í efnaverksmiðjum með efnahvarfi milli kalsíumkarbíts og vatns. Eftir hreinsun er það þurrkað og því þrýst saman og sett á hylki.

Acetylen hefur breitt notkunarsvið í málmiðnaði og er þar notað til að sjóða, lóða, beygja, rétta, hita og skera. Til skurðar er stundum notað kósangas í stað acetylens.

Eiginleikum acetylens er hægt að lýsa á eftirfarandi hátt:

- Myndar með hreinu súrefni loga sem brennur við 3100°C.
- Er mjög eldfimt. Það getur sprungið sé það blandað lofti í hlutföllum frá 2,3% til 82%.
- Hefur einkennandi lykt.
- Er lítillaga vímuvaldandi í miklu magni.
- Er afar óstöðugt. Fellur út og er sprengihætta af því í fríu ástandi strax við 1,5 bar þrýsting.
- Er léttara en andrúmsloft, stígur sem sagt upp, ólíkt flestum öðrum eldfimum gastegundum, sem eru þyngri en andrúmsloftið.
- Getur fallið út við upphitun hylkisins sem getur leitt til þess að hylkið springur.

Til að koma í veg fyrir útfellingu gassins er það geymt í svampkenndum massa blandað acetoni. Hlutverk acetonsins er að binda acetylenið, bindi-eiginleikinn eykst með auknum þrýstingi sem gerir það mögulegt að geyma gasið með 15 bar þrýstingi.

Acetylen er geymt í stálhylkjum sem rúma frá 1 til 40 lítra. Þar sem mikið magn er notað, eru hylkin í búntum, 9 st. 40 lítra eða 10 st. 50 lítra hylki.

Vegna hinna óstöðugu eiginleika acetylens á að meðhöndla hylkin með varkárni. Hylkin á að geyma standandi. (Hylkin liggja þegar þau eru í búntum en það er vegna þess hvernig búntin eru hönnuð).

#### Varðandi acetylen er vert að leggja á minnið að:

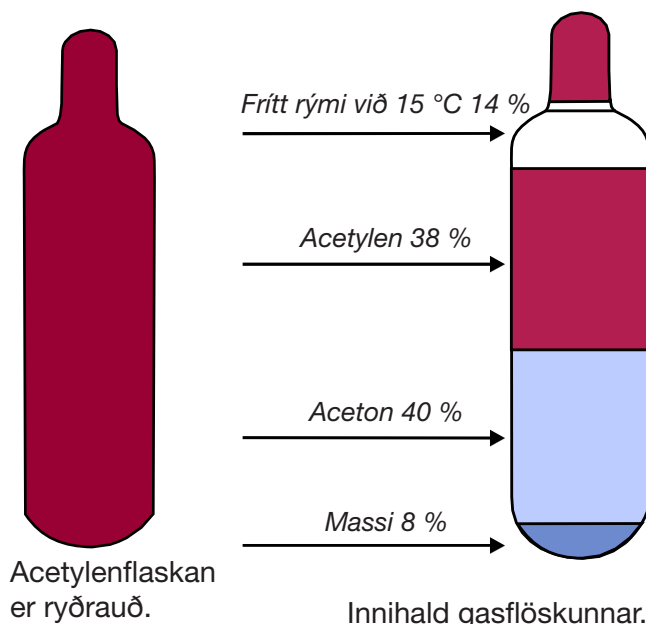
Hylkin eiga alltaf að vera fest meðan á vinnu stendur.

Lokuna á hylki á að opna varlega, u.þ.b. ½ hring (eða einn hnykk með úlnliðnum).

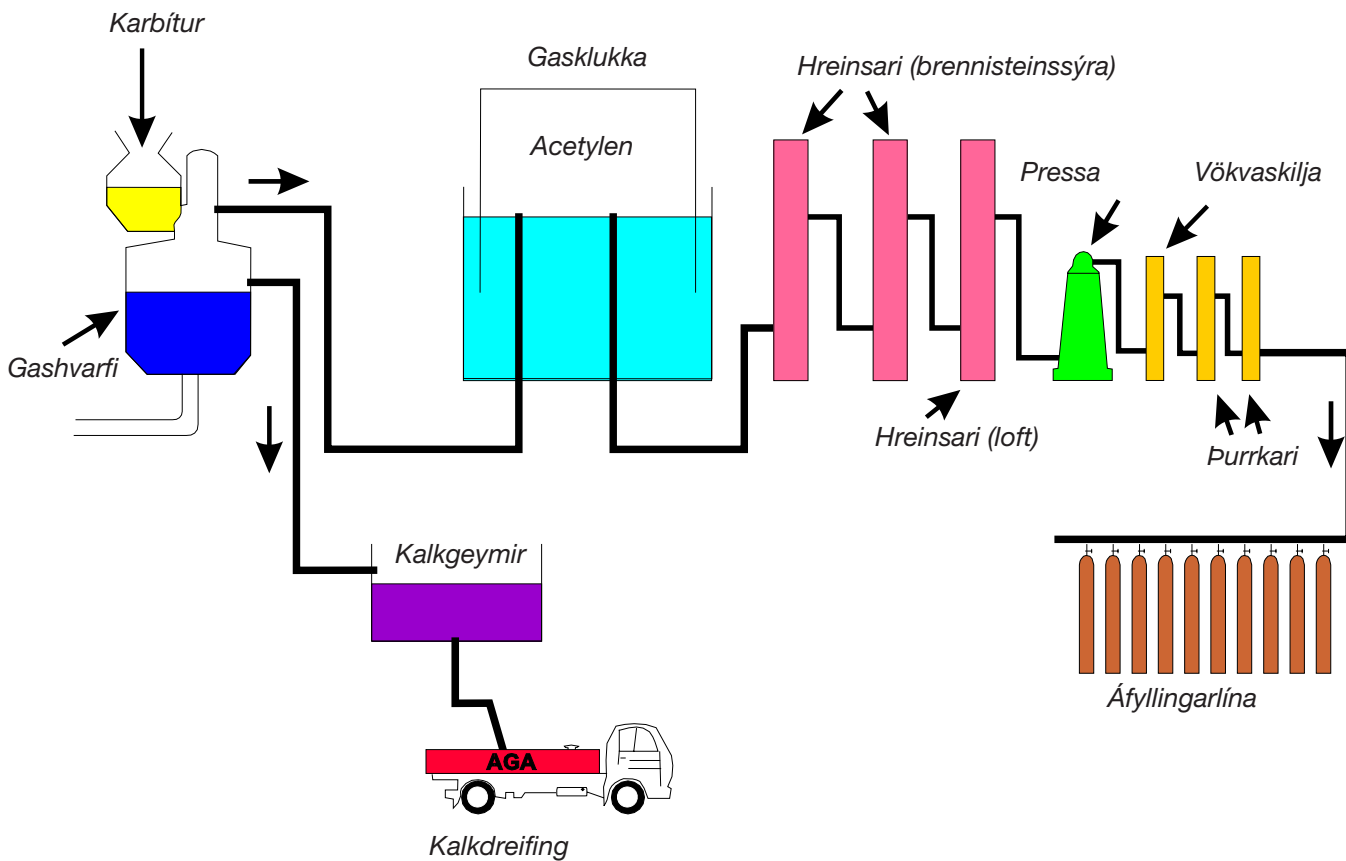
Hylkin mega ekki verða fyrir hita eða hnjaski af neinu tagi.

Meðan á flutningi stendur eiga hylkin að vera vel fest, með lokana lokaða og með öryggishettu á. Flutningatæki sem flytja acetylen eiga að vera með sérstök aðvörunarmerki.

Slöngutengi eiga að vera úr messing. Fæðileiðslur frá gasdeilistöðvum eiga að vera úr stáli. Eirrör valda sprengihættu, sem og lóðningar gerðar með silfurtini!



Grunnpættir acetylenframleiðslu.



## Eiginleikar og geymsla súrefnis

Súrefni er framleitt úr andrúmslofti (sem inniheldur meðal annars 21% súrefni) með því að andrúmsloftið er kælt niður að suðumarki súrefnis ( $-183^{\circ}\text{C}$ ), þá er hægt að skilja það frá öðrum gastegundum sem eru í andrúmsloftinu.

Súrefni er notað með t.d. acetylen- og própangasi til að fá hreinni og heitari bruna í loganum.

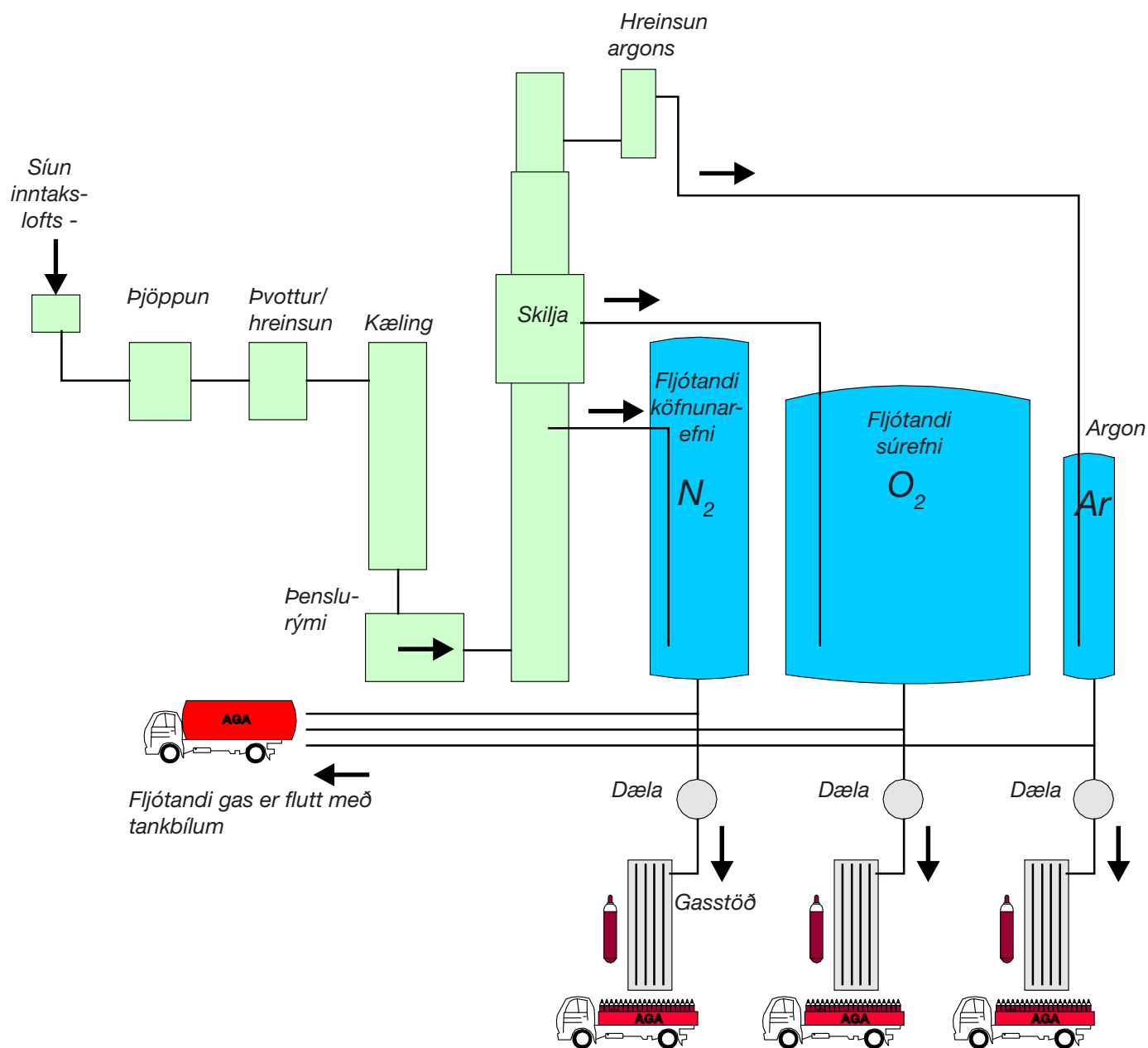
Súrefni sameinast auðveldlega öðrum efnum (oxar) og er skilyrði fyrir bruna. Það lyktar ekki, er litlaust og er ekki eitrað.

Súrefnið er sett á stálhylki með 200 bar þrýstingi (sem er u.þ.b. 100 sinnum meira en þrýsingurinn í bíldekki). Hylkin eru frá 1 til 50 lítra að stærð. Líkt og acetylenhylki eru súrefnishylki stundum sett í búnt; 10 hylki í senn.

Vegna hins háa þrýstings í súrefnishylkjum eru þau viðkvæm fyrir hnjaski og höggum og ber því að meðhöndla þau með varúð. Meðan á vinnu stendur eða flutningi eiga hylkin að vera vel fest.

Hylkjunum á að hlífa við óeðlilegum hita.

## Framleiðsla súrefnis og annarra gastegunda úr andrúmsloftinu



Grunnpættir gasframleiðslu úr andrúmsloftinu.

### Lög, reglugerðir og leiðbeiningar sem fjalla um meðhöndlun á gasi

Til eru lög, reglugerðir og leiðbeiningar sem eiga að draga úr og helst koma í veg fyrir þá hættu sem getur skapast við notkun á eldfimu gasi.

#### Lög

Lög sem á einn eða annan hátt fjalla um notkun á gasi eru:

- Byggingareglur
- Vinnuverndarlög
- Brunavarnarlög
- Flutningur á hættulegum efnum (ADR)

#### Reglugerðir og leiðbeiningar

Reglugerðir og leiðbeiningar um meðhöndlun á gasi eru gefnar út af Vinnueftirliti ríkisins.



### Varðandi súrefni er vert að leggja á minnið að:

Hylkin eiga að vera fest meðan á vinnu stendur.

Hylkislokuna á að opna varlega, u.þ.b. ½ hring (eða einn hnykk með úlniðnum).

Fljótandi súrefni er  $-183^{\circ}\text{C}$  kalt. Snerting felur í sér hættu á kali.

Meðan á flutningi stendur eiga hylkin að vera vel fest, með lokana lokaða og með öryggishettu á. Flutningatæki sem flytja súrefni eiga að vera með sérstök aðvörunarmerki.

Slöngutengi skulu vera úr messing.

Fæðilagnir frá gasdeilistöðvum eiga að vera úr stáli.

Súrefni má aldrei koma í snertingu við olíu eða feiti. Það getur valdið sprengingu.



Súrefnishylki.



Logsuðumaður að störfum.

## Prýstijafnarinn

Hinn háa þrýsting sem er á gasinu í hylkjunum, t.d. 200 bar á súrefninu, verður að minnka niður í viðráðanlegan vinnuþrýsting áður en það er notað. Að auki verður að halda þessum vinnuþrýstingi jöfnum meðan á notkun stendur, þó að hylkisþrýstingurinn minnki. Þetta er gert með s.k. þrýstijafnara.

Þrýstijafnarar eru til í mismunandi gerðum frá ýms-um framleiðendum. Á myndinni er sýnd nýleg gerð frá AGA, s.k. JET-CONTROL PLUS.



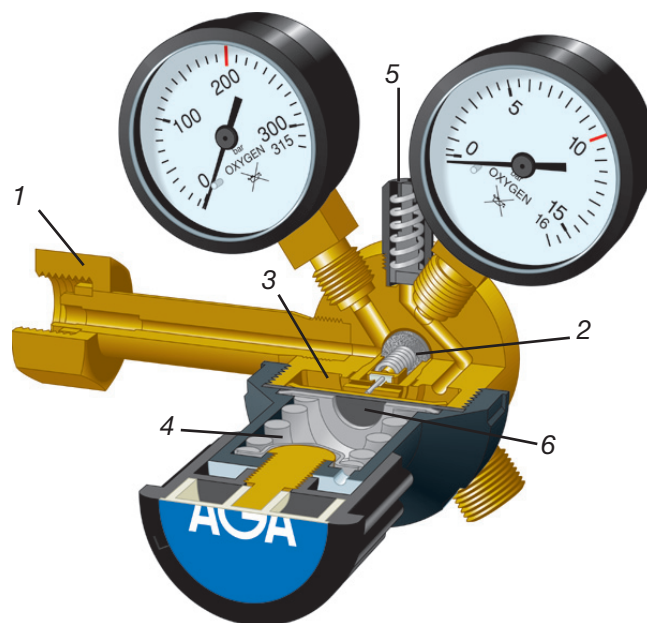
Þrýstijafnari.

Uppbygging þrýstijafnarans:

1. Þrýstijafnarinn hefur sterkbyggt inntaksrör sem þolir högg og álag.
2. Sintersía hreinsar efnisagnir úr gasinu.
3. Í lágþrýstihólfinu er þrýstingurinn minnkaður niður í þann vinnuþrýsting sem óskað er eftir.

Lág- eða vinnuþrýstingurinn má mest vera 13 bar fyrir súrefni og 1,5 bar fyrir acetylen.

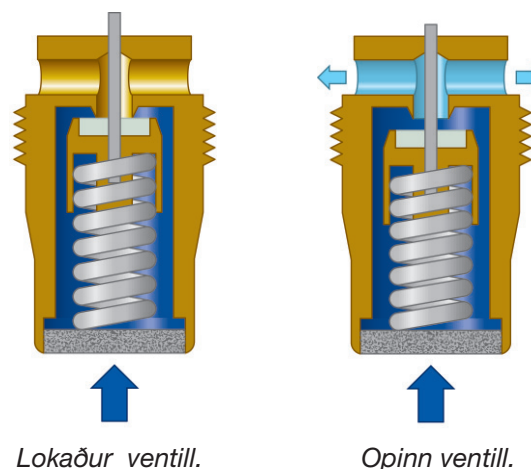
4. Jafnt flæði er fengið með vægismati milli ventilsfjaðrar og jafnarafjaðrar í hlutfalli af ventilsæti og blöðkuflatarmáli. Neðri myndin sýnir starfsemi ventilsins, lokaðan og opinn.



JET CONTROL PLUS þrýstijafnari frá AGA.

Jafnarinn opnar þegar stillihnúðurinn skrúfast inn. Hann verkar þá á jafnarafjöðrina og blöðkuna sem þrýsta á ventillyftuna, og við það hleypur minnkað flæði í gegn.

5. **Öryggi 1:** Ef þrýstingurinn fer yfir visst gildi (sem fer eftir gastegund, t.d. 16-20 bar fyrir súrefni) í lágþrýstihólfinu, opnast öryggislokinn og yfirþrýstingnum er sleppt út.
6. **Öryggi 2:** Ef þrýstingurinn í lágþrýstihólfinu stígur svo snögg að öryggislokinn hefur ekki undan að sleppa út yfirþrýstingnum, springur blaðkan við ca. 30 bar og gasið fer út í gegnum gat á hlífinni.



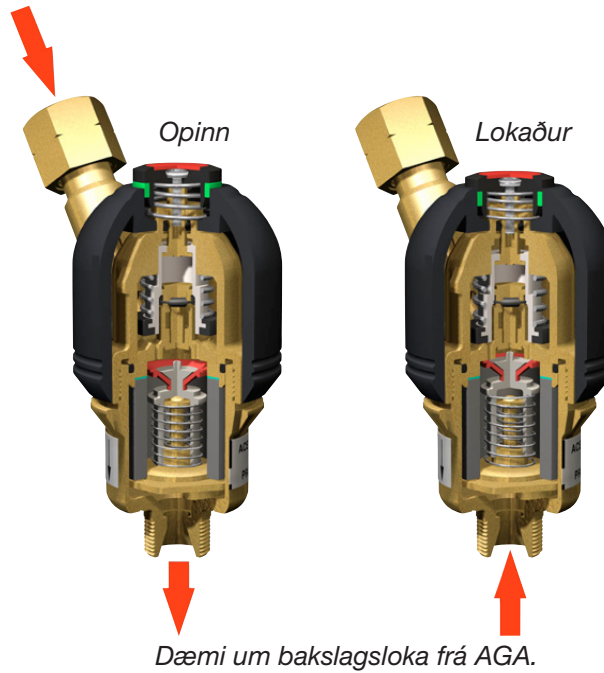
	JETCONTROL PLUS 500	Nafngildi vinnuþrýstings (bar)	Kvörðun hylkisþrýstimælis (bar)	Kvörðun vinnuþrýstimælis (bar)
Acetylen		0 – 1,5	0 – 40	0 – 2,5
Súrefni		1 – 10,0	0 – 315	0 – 16,0

## Bakslagslokar og einstefnulokar

### Bakslagslokar

Samkvæmt leiðbeiningum Vinnueftirlitsins nr. 2 frá 1991 skulu bakslagslokar vera tengdir þrýstijöfnurum logsuðu- og logskurðartækja. Að auki gildir almennt 37. grein laga um Aðbúnað og hollustuhætti á vinnustöðum, þar sem segir: *Vinnu skal haga þannig að gætt sé fyllsta öryggis og góðs aðbúnaðar og hollustuhátta.* Bakslagslokinn þjónar fjórum mikilvægum hlutverkum:

- Að hindra bakflæði
- Að hindra að bakslag nái hylkinu
- Að loka fyrir gasflæðið við bakslag
- Að loka fyrir gasflæðið við ofhitun

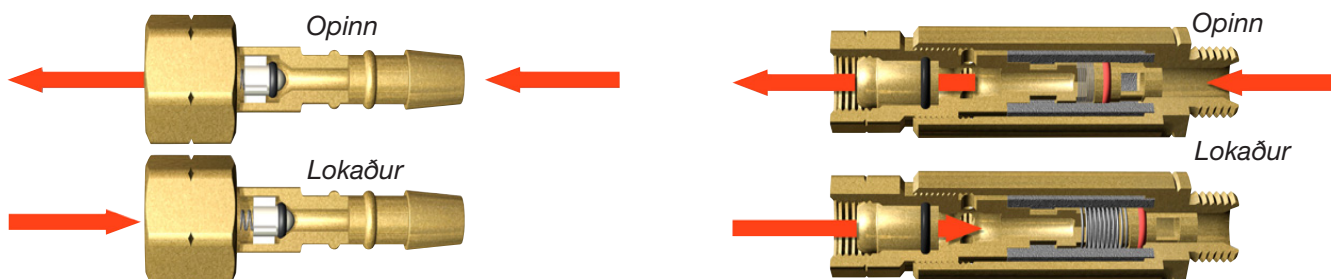


### Einstefnuloki

Einstefnulokar eiga ætíð að vera á báðum tengistútum gastækjanna. Þeir koma í veg fyrir bakflæði, en það getur valdið því að gas og súrefni blandist í slöngunum með tilheyrandi hættu á bakslagi og slöngusprengingum.

Einstefnulokarnir hleypa gasi aðeins í aðra áttina. Hættan á slöngusprengingum þegar kveikt er á tækjunum er þar með úr sögunni.

ATH! Einstefnulokarnir koma ekki í staðinn fyrir bakslagslokana!



Einstefnulokar frá AGA eru til bæði með slöngutengi og skrúfaðir.

## Slöngur og tengingar

### Slöngur

Slöngur sem leiða gas eru, út frá öryggissjónarmiði, mikilvægur hluti logsuðubúnaðarins. Þær verða því að uppfylla vissar kröfur samkvæmt viðurkenndum stöðlum.

Ekki má nota aðrar slöngur en þær sem eru úr viðurkenndum efnum. Viðurkenndar suðuslöngur eru litamerktar samkvæmt töflunni til hægri.

Gas	Efnatákn	Litur slöngu
Acetylen	$C_2H_2$	Rauður
Kósangas	$C_3H_8$	Appelsínugulur
Súrefni	$O_2$	Blár
Aðrar ekki eldfimar gastegundir		Blár

**ATH! Af öryggisástæðum má ALDREI nota slöngur með röngum lit!**

### Samsetningar og tengingar

Til að fá þéttar og öruggar tengingar verður að nota hosuklemmur. Ef tengja þarf saman tvær slöngur verður að nota tengirör úr *messing*. Öryggisins vegna er þó betra að skipta um slönguna.

Gasslöngur eru til í fimm mismunandi stærðum, frá 5 mm til 20 mm að innanmáli.

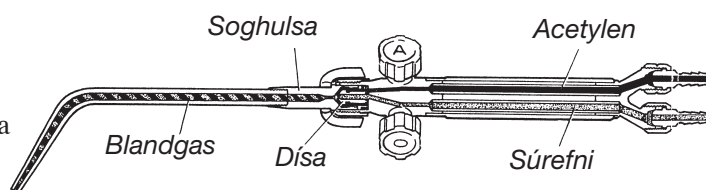
### Suðuhandfang brennari

Suðuhandfangið er grunnverkfæri sem hægt er að tengja ýmis vinnutæki við, til suðu, lóðningar eða skurðar.

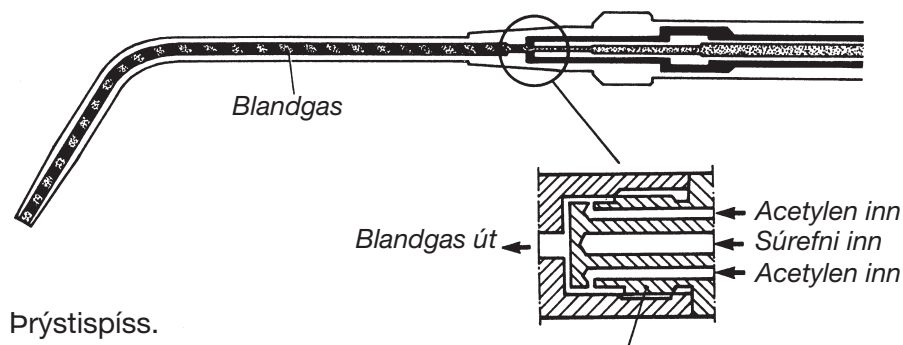
Til eru tvær gerðir suðuspíssa; *sogspíssar* og *þrýstispíssar*.

**Sogspíssinn** er byggður þannig að acetylenið sogast inn í blandgasrásina þegar opnað er fyrir súrefnið. Sogspíssinn er merktur með **I**.

Í **þrýstispíssinum** blandast súrefnið og acetylenið í blöndunarhólfi (sjá mynd). Þegar kveikt er verður að opna fyrir acetylenið fyrst, síðan er kveikt og að lokum er opnað fyrir súrefnið. Þrýstispíssar eru merktir með **II**.



Sogspíss.



Þrýstispíss.

Munið:

**Sogspíss (I):** Opna súrefnislokann fyrst

**Prýstispíss (II):** Opna acetylenlokann fyrst



AGA X11: Algeng gerð logsuðutækja með sogspíssa.

## Eftirlit og viðhald

Vel skipulagt eftirlit/viðhald minnkar kostnað og eykur bæði öryggi og gæði. Hér fyrir neðan er dæmi um nákvæma viðhaldsáætlun fyrir gassuðu og skurðarbúnað.

S = suðumaður  
E = Eftirlitsaðili

VIÐHALDSÁÆTLUN					
Tegund	Gerð	Framl.ár	Tæki nr.	Skráningar nr.	Deild
Hvenær og hver					
Daglega	Vikulega	Mán.	6 mán/ár.	Eftirlits/prófunaraðgerð á gasbúnaði	Athugasemdir
			S	1. Skoðun þrýstijafnara	Ath. leiðbeiningar framl.
	S			2. Prófun þéttingar milli hylkis og þrýstijafnara	Ath. leiðbeiningar framl.
		S	E	3. Prófun bakslagsloka	Ath. leiðbeiningar framl.
		S		4. Eftirlit með gaslögum	
	S			5. Prófun suðuhandfangs	
		S		6. Prófun einstefnuloka á suðuhandfangi	
S				7. Prófun þéttinga á suðuspiss/brennara	
S				8. Prófun suðu- skurðar- og hitunarbúnaðar	
S				9. Athugun eldvamarhanska	
S				10. Eftirlit með staðsetningu gashylkjanna	
			S	11. Athugun aðvörunarmerkinga	

### Skýringar á viðhaldsáætlun

1. Skoðun þrýstijafnara: Athugið hvort merki séu um skemmdir á þrýstijafnarannum og að óhreinindi séu ekki í öryggislokanum.



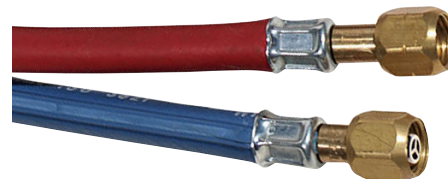
3. Prófun bakslagsloka: Athugið hvort merki séu um skemmdir á lokanum. Lekaprófið tengingarnar með sápuvatni. Æskilegt er að virknisprófa lokana árlega. Merkið lokana með síðasta notkunarmánuði t.d. 12-02.



2. Prófun þéttingar milli hylkis og þrýstijafnara: Notið aðeins þéttingar af viðurkenndri gerð. Þegar skipt er um hylki skal skoða tengingu og þéttingu. Snögg opnun/ lokun hylkislokans fyrir tengingu kemur í veg fyrir að óhreinindi komist í þrýstijafnarann.



4. Eftirlit með gaslögum: Gætið þess að ekki séu fúamerki eða brunasár á slöngunum sem valdið geta leka. Athugið að ástand hosuklemma á tengingum sé í lagi (krafa samkv. ISO-EN-staðli).



5. Prófun suðuhandfangs: Athugið að handfangið virki sem skyldi. Losið upp lokana og blásið hreina með þurru og hreinu lofti. Skrúfið lokana í og athugið að virkni þeirra sé ásættanleg. Gerið lekaprófanir með lekaleitarúða eða sápuvatni.



9. Athugun eldvarnarhanska: Gætið þess að hanskin sé ávallt á sínum stað, tilbúinn til notkunar ef óhapp ber að höndum.



6. Prófun einstefnuloka á suðuhandfangi: Blásið í báðar áttir í gegnum lokana til að athuga hvort þeir virki eins og til er ætlast.



10. Eftirlit með staðsetningu gashylkjanna: Gætið þess að hylkin séu ávallt vel fest í vegg, í gaskerru eða í vinnubíl.



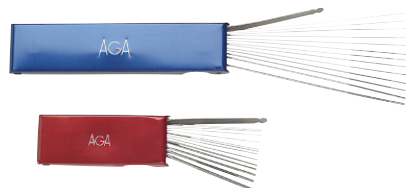
7. Prófun þéttinga á suðuspíss/brennara: Skoðið þéttinguna í hvert skipti sem skipt er um tæki/spíss. Ef þéttingin er skemmd, er rétt að athuga einnig þéttifletina.



11. Athugun aðvörunarmerkinga: Athugið að merkin séu af réttri gerð, vel sýnileg og heil. Þau eiga að vera á útihurðum, eða á öðrum heppilegum stað þar sem gashylki eru geymd eða notuð. Vinnubílar sem hafa gashylki innanborðs eiga að hafa aðvörunarmerki.



8. Prófun suður- og hitunarbúnaðar: Athugið að búnaðurinn virki eins og til er ætlast. Notið ávallt rétta gerð hreinsinála við hreinsun spíssa/munn stykkja.



## Viðhald og bilanaleit í gassuðubúnaði

Trufnanir sem orðið geta á réttri virkni gasbúnaðar, einkenni, sennilegar orsakir og tillögur um aðgerðir:

Einkenni	Sennileg orsök	Aðgerð
<b>Bakslag</b>	Við kveikingu logans ef útstreymishraði gassins er minni er brunahraðinn.	Aukið gasflæðið með því að opna loka suðuhandfangsins.
	Við suðu eða skurð ef loginn er of líftill fyrir munnstykkið, eða ef munnstykkið er stíflað af sprauti.	Hreinsið munnstykkið með réttum hreinsinálum og aukið stærð logans.
	Við suðu eða skurð í þrengslum, þar sem login þvingast til baka þannig að spíssinn/brennarinn ofhitnar.	Kælið eða látið spíssinn/brennarann kólna.
<b>Bakbruni</b>	Óhreinindi í brennarinum.	Slökkvið á brennarinum með því að skrúfa fyrir lokana bæði á suðuhandfangi og á hylkjum.
	Bruninn verður inni í suðuspíss/brennara.	Kælið brennarann með vatni ef þörf krefur.
		Áður en búnaðurinn er tekinn aftur í notkun verður að athuga hvort spíss eða pakkningar hafi skemmst.
<b>Gegnumgangandi bakslag eða sprenging í slöngu - hylkið er kalt</b>	Sprenging eða eldur í slöngum.	Skrúfið fyrir báða hylkislokana. Óttist ekki hugsanlegan eld við þrýstijafnarann eða slönguendann.
<b>Gegnumgangandi bakslag eða sprenging í slöngu - hylkið er heitt</b>	Acetylen-útfall á sér stað í hylkinu. Við það hitnar hylkið.	Ef hylkið hitnar, skrúfið þá vandlega fyrir hylkislokann. Rýmið tafarlaust húsnæðið og kallið slökkvilið á vettvang. Hylkið á að kæla frá öruggum stað. Um það sér slökkviliðið.
<b>Gasloginn kviknar ekki</b>	Gas berst ekki að munnstykkinu	Ahugið hvort hylkisloki, og lokar á þrýstijafnara og suðuhandfangi séu opnir. Athugið hvort gasslangan sé klemmd.
	Bakslagslokinn hefur lokast.	Athugið búnaðinn. Ef annað er í lagi, opnið þá lokann samkvæmt leiðbeiningum.
	Sót í brennara/suðuspíss. Sennilega orsakað af rangri kveikingu logans.	Hreinsið ef hægt er. Skiptið annars út hlutum.
<b>Gasloginn kviknar en brennur ójafnt eða skakkt.</b>	Munnstykkið stíflað eða skaðað.	Hreinsið munnstykkið með passandi nálum. Skiptið út skemmdum munnstykki.
<b>Loginn „smellir“</b>	Útstreymishraðinn er minni en brunahraðinn.	Aukið gasflæðið og stækkið þannig logann.
<b>Loginn brennur framan við munnstykkið</b>	Of hár útstreymishraði.	Minnkið gasflæðið.

Heimildir: AGA Gas AB, Air Liquide, GCE Norden

Myndataka: Ivan Lund Lernia



# G 1.2.2 Vinnutækni við logsuðu

## Brunaferlið í suðuloga

Gasloginn er mikilvægur þáttur (stillibreyta) fyrir suðumanninn og er afgerandi fyrir suðuárangurinn. Suðuloginn á að hafa skarpan kjarna sem er mjög heitur. Eiginleikar suðulogans ráðast af hvernig hlutföll gastegundanna (við suðu oftast acetylen og súrefni) eru stillt með lokum suðuhandfangsins. Með breyttum hlutföllum fást ólíkar gerðir loga.

Yfirleitt er talað um fimm gerðir loga:

- Sótandi loga (ekki nothæfur)
- Kolandi loga (vægt eða sterkt kolandi)
- Hlutlausan loga
- Súrefnisloga
- Súrefnisríkan logi (ekki nothæfur)

### Samsetning gaslogans

Gasblöndunin í loganum er sem sagt mikilvæg. Ef soðið er í stál með kolandi loga getur það valdið því að kolefnisinnihald stálsins verði of hátt.

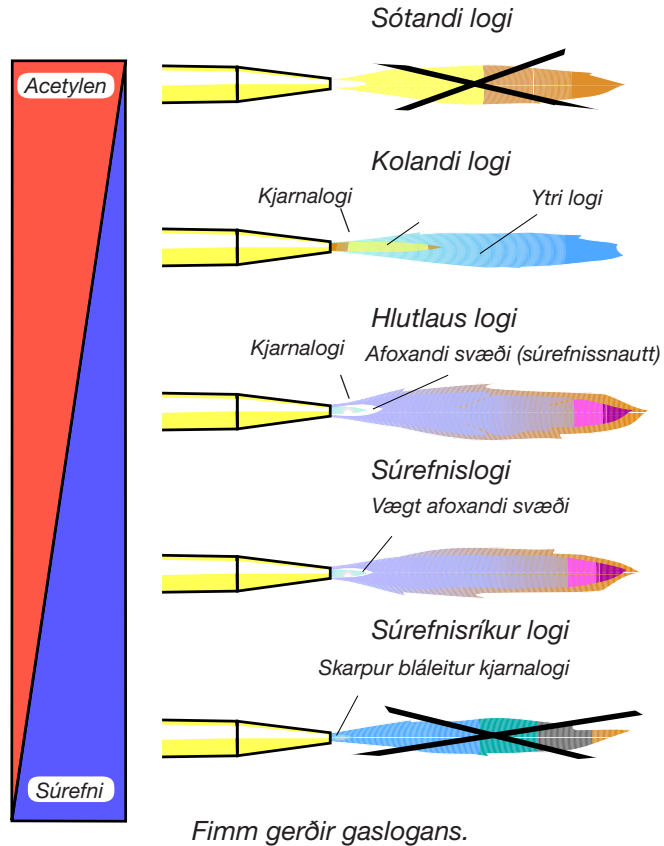
Ef soðið er með súrefnisríkum loga geta orðið oxíðleifar í suðunni. Súrefnisofgnóttin í loganum veldur því að stálið oxíðerar. Þetta skýrir að nokkru mikilvægi þess að sjóða með rétt blönduðum loga.

Suða í stál á að fara fram með *hlutlausum* loga, þar sem acetylenið brennur með hjálp súrefnisins í tveimur þrepum. Í fyrra þrepinu, þar sem súrefnið er fengið frá hylkinu (ca 40%), verður bruninn ófullkominn. Í seinna þrepinu kemur súrefnið úr andrúmsloftinu umhverfis, það er u.þ.b. 60% af súrefnisþörf logans.

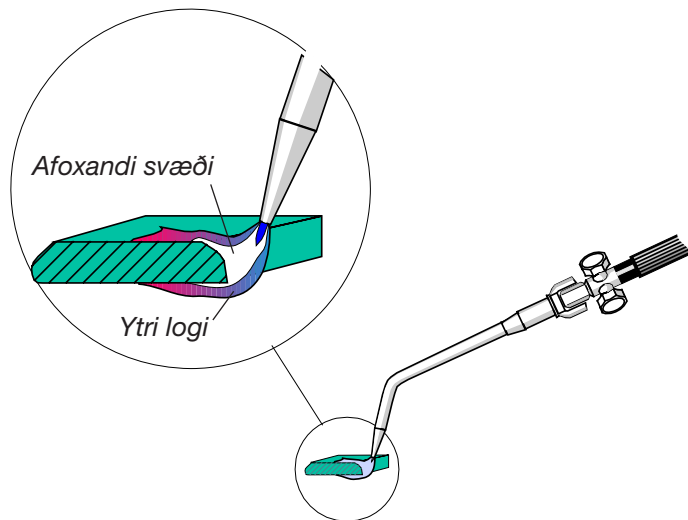
Vegna hinnar miklu notkunar súrefnis úr andrúmsloftinu er mikilvægt að loftræsting sé góð þar sem suðuvinna fer fram.

Verndandi og hreinsandi áhrif hins eðlilega suðuloga eru í *afoxandi svæði* logans. Þar leysast málmoxíðin upp í frumþætti sína, og suðubaðinu er þannig hlíft við hinum skaðlegu áhrifum andrúmsloftsins.

*Ytri loginn* hjálpar einnig til við verndun suðubaðsins með því að brenna upp súrefni úr andrúmsloftinu.



Fimm gerðir gaslogans.



Rétt blandaður gassuðulogi.

**Haldið aldrei áfram að sjóða þegar gas er komið að þrotum!**

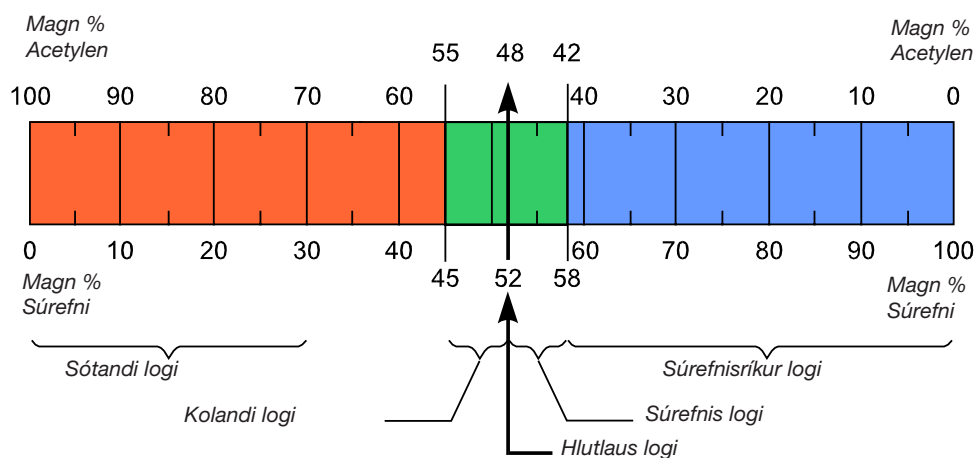
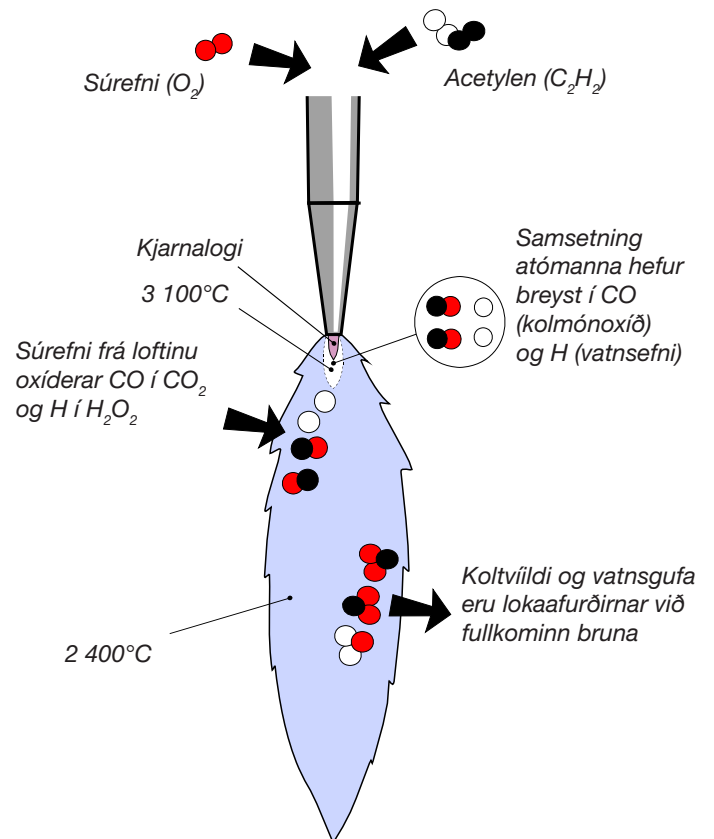
## Hitasvæði

Við gassuðu er best að hafa hitann takmarkaðan við ákveðið svæði, þar sem þessi tiltölulega seinvirka suðuadferð skapar mikið orkustreymi, u.þ.b. 5,2 kJ/mm í 4 mm stálplötu. Það er því mikilvægt að velja réttan suðuspíss svo orkustreymið verði rétt miðað við suðuhraðann.

Hitastigið í gasloganum er, eins og myndin til hægri sýnir, 3100°C óháð stærð suðuspíssins. (Hitastigið er mælt rétt framan við odd kjarnalogans). Orkumagn logans eykst með auknu gasstreymi.

## Gasblöndun

Stilling suðulogans hefur mikla þýðingu. Á myndinni fyrir neðan sést hvernig gasblandan hefur áhrif á logagerðirnar. Hlutlaus logi á að innihalda 48% súrefni og 52% acetylen.



## Gasnotkunin

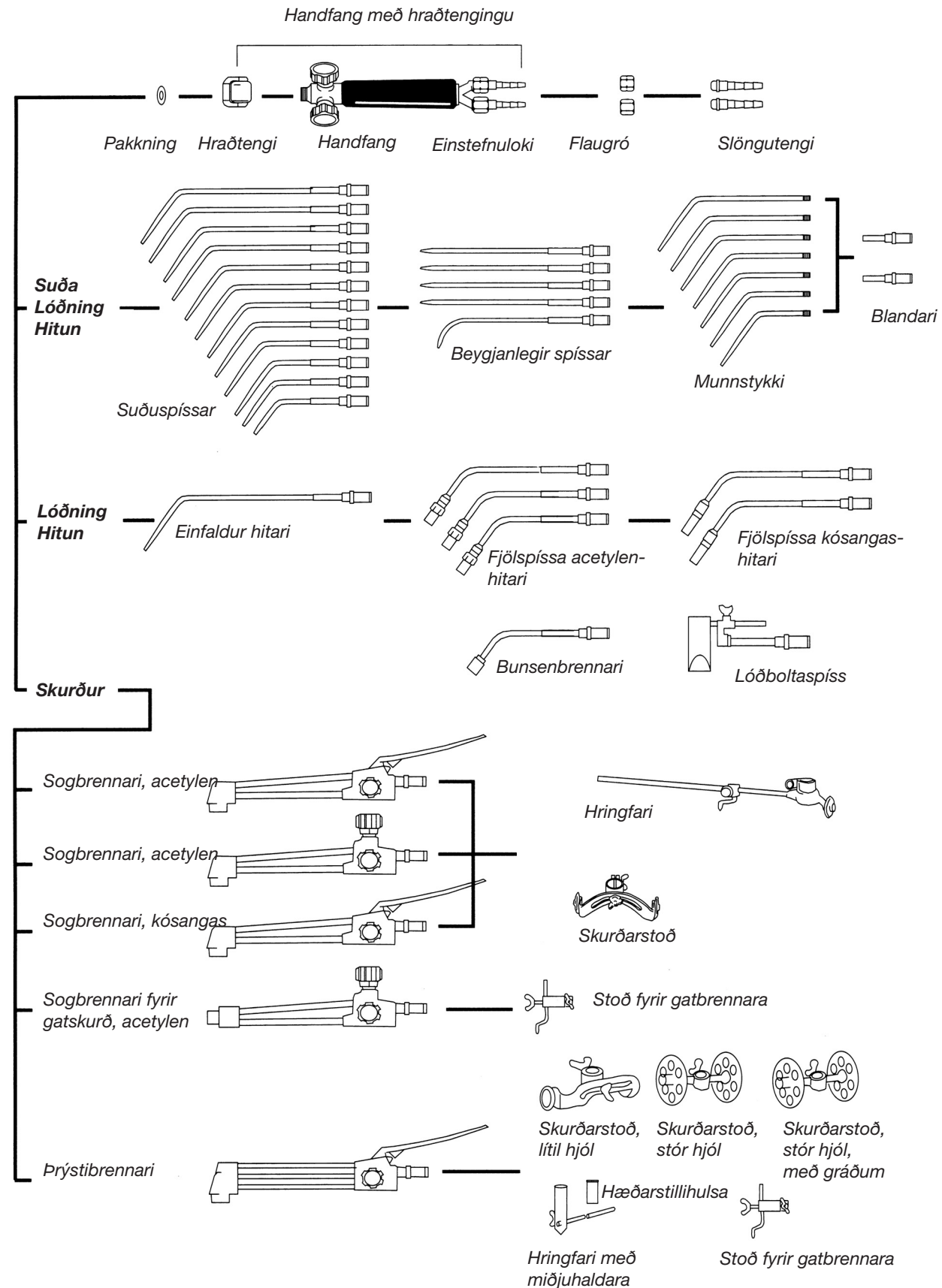
Gasflæðið er jafnt stærðinni á suðuspíssinum. Þannig er gasnotkunin með 500 lítra suðuspíss, 500 lítrar á klukkustund. Samkvæmt áður nefndum prósentu- hlutföllum eru þá notaðir 240 lítrar acetylens og 260 lítrar súrefnis á klukkustund.

50 lítra acetylenhylki inniheldur 7500 lítra (50 lítrar margfaldað með hylkisþrýstingnum sem er í þessu tilviki 15 bar sinnum stuðullinn 10). 50 lítra súrefnishylki inniheldur 10000 lítra (50 lítrar sinnum 200 bar hylkisþrýstingur, miðað við 15°C).

Við gassuðu endast bæði hylkin yfirleitt álíka lengi, en gasskurður þarf miklu meira magn súrefnis.

# Suðubúnaður

Fullkominn gassuðubúnaður samanstendur af 5 - 50 lítra acetylen- og súrefnishylkjum, þrýstijöfnurum, gasslögum, bakslagslokum, einstefnulokum, suðuhandfangi ásamt suðuspísum, skurðartækjum og hiturum af ólíkum stærðum, (sjá mynd).



## Tæknin fyrir frá- og mótsuðu

Logsuðuáferðin hefur fáar stillibreytur, en afar áriðandi er að þeim sé fylgt af nákvæmni. Við logsuðu eru kantar vinnslustykkisins bræddir niður með eða án suðuefnis. Þetta er ýmist gert með frá- eða mótsuðu.

**Frásuðutæknin** hefur fengið nafn sitt af því að suðuloganum er beint frá tilbúinni suðunni. Oftast er þá soðið frá hægri til vinstri þegar um réttthenta suðumann er að ræða. Suðuvírinn er mataður í suðupollinn framan við logann.

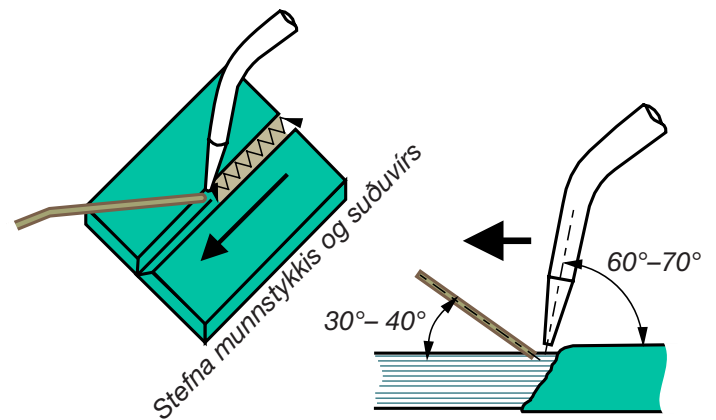
Frásuða er gerð í allt að 3 mm þykkt efni.

**Mótsuðutæknin** þýðir að suðuloganum er beint að tilbúinni suðunni. Suðan fer fram frá vinstri til hægri fyrir réttthenta og suðuvírinn er mataður í suðupollinn fyrir aftan suðulogann.

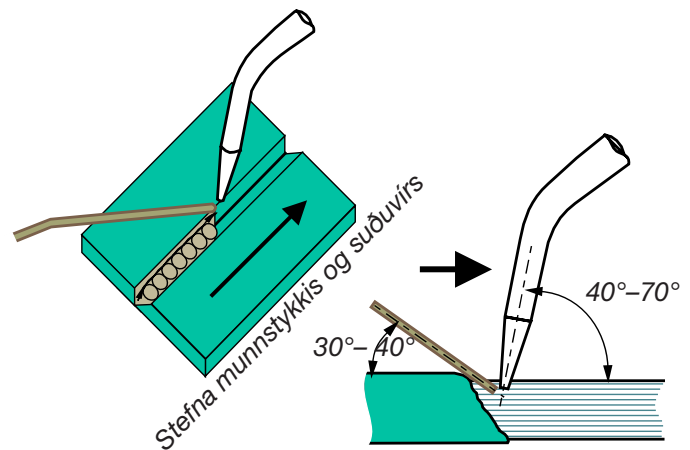
Við suðuna er loganum haldið stöðugum en vírinn er færður í sporbaugslaga hreyfingar til að óhreinindi í suðupollinum fljóti til yfirborðsins.

Mótsuða er gerð í 3-6 mm þykkt efni.

Gegnumsuðan verður að vera fullnægjandi, sama hvor tæknin er notuð.



Frásuða.



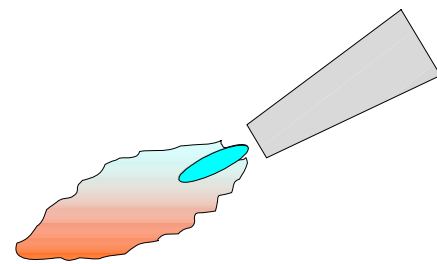
Mótsuða.

## Stilling logans

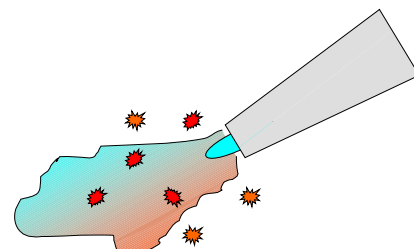
Loginn er stilltur með acetylen- og súrefnislokum suðuhandfangsins. Í suðu- og skurðartöflum framleiðanda gastækjanna er að finna leiðbeiningar um hæfilegan gasþrýsting. Algengt er að þrýstingur fyrir acetylen sé u.þ.b. 0,8 bar og fyrir súrefni 2,4 bar.

Suðuloginn á að brenna frá spíssinum, þ.e.a.s. útstreymishraðinn á að vera hinn sami og brunahraðinn. Ef útstreymishraðinn er of mikill brennur loginn framan við spíssinn. Ef hann er of lítill einkennist suðan af stöðugum smásprengingum.

Stilling ólíkra loga er skýrð á bls. 1 í þessum kafla.



Loginn brennur framan við munnstykkið ef útstreymishraðinn er meiri en brunahraðinn.



Loginn hvæsir og smellir ef útstreymishraðinn er of lítill.

# G 1.2.3 Logskurður (E 2.2.3, M 2.2.3, T 2.2.3)

## Grunnreglur

### Hitaskurður

Hitaskurði er hægt að skipta upp í eftirfarandi flokka:

#### Brenniskurð:

- Logskurður
- Duftskurður

#### Bræðsluskurð:

- Kolbogaskurður (fúgubrennari)
- Plasmaskurður
- Leisigeislaskurður

Við brenniskurð verður málmurinn að geta brunnið í súrefni.

Við bræðsluskurð bráðnar efnið vegna áhrifa frá ljósboga eða öðrum hitagjafa. Bráðið efni er fjarlægð með gas- eða loftblæstri.

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

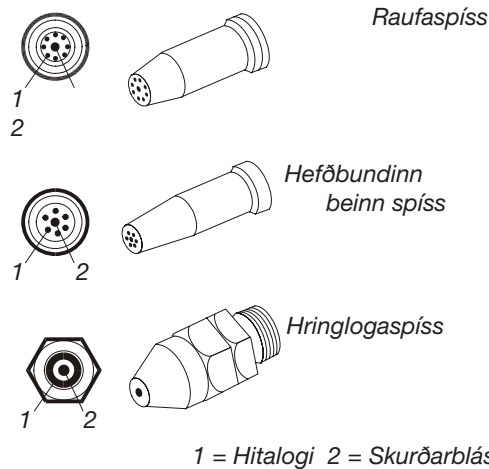
Skilyrði til að hægt sé að logskera stál:

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

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

### 1. Skurðarspíssar

Til eru ólíkar gerðir af skurðarspíssum. Val skurðarspíssa (nr) fyrir ákveðna efnisþykkt kemur fram í skurðartöflu framleiðandans.



Ólíkar gerðir skurðarspíssa

### 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			
i			
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

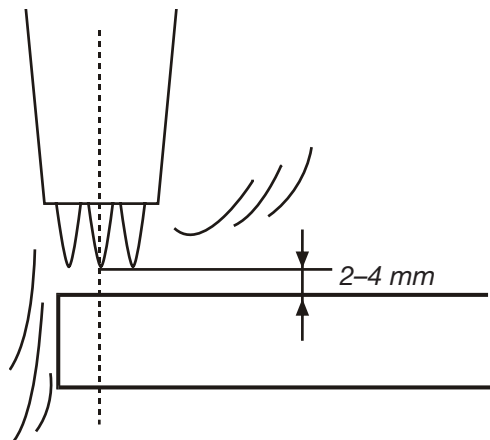
Munnstycki nr

Súrefnisþrýstingur

Í töflunni er að finna réttar stillingar.

### 3. Stilling logans

Hitalogann á að stilla „mjúkan“ með blástursventilinn opinn.



### 4. Fjarlægð: kjarnalogi-vinnslustykki

Við rétta fjarlægð milli spíss og plötu eiga oddar kjarnalogans 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 sjá hvenær hraðinn er réttur.

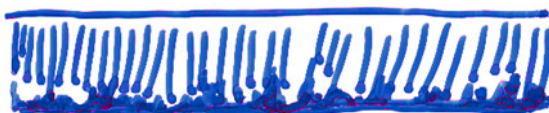
## Hreinan spíss fyrir góðan skurð

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

### Áhrif ýmissa þátta á skurðarsárið



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



- 2. Of lítill hitalogi.** Skurðarhraðinn verður of lítill og grópir 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.



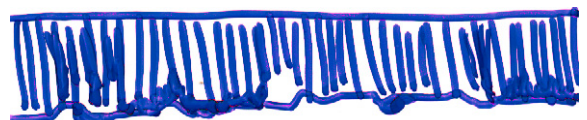
- 5. Of hár súrefnisþrýstingur.** Efri kantur sársins brennur og sárið verður mjög ójafnt.



- 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.

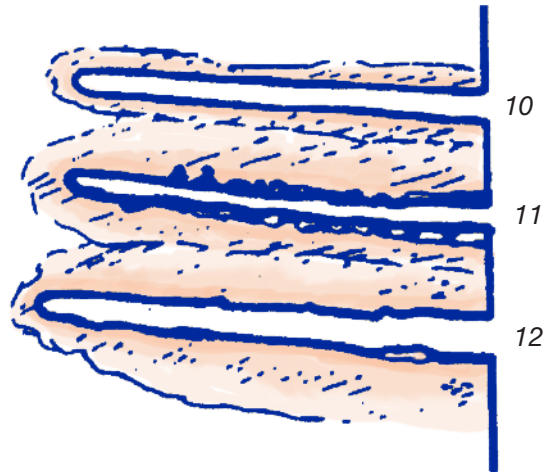


- 8. Ójafn skurðarhraði.** Sárið verður öldótt og ójafnt.



- 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. Berið saman við skurð 1 á fyrri síðu.
- 11. Spíssinn of nærri vinnustykkinu eða of heitur kjarnalogi. Vegna hins mikla hita bráðnar efri kanturinn. Jafnframt eykst gjallmyndun og dýpt skurðarraufa. Berið saman við mynd 3 á fyrri síðu.
- 12. Spíssinn of langt frá vinnustykkinu. Upphitaða svæðið verður breiðara sem veldur því að sárið verður breitt ofantil og kanturinn bráðnar.



### Skurðarvélar

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

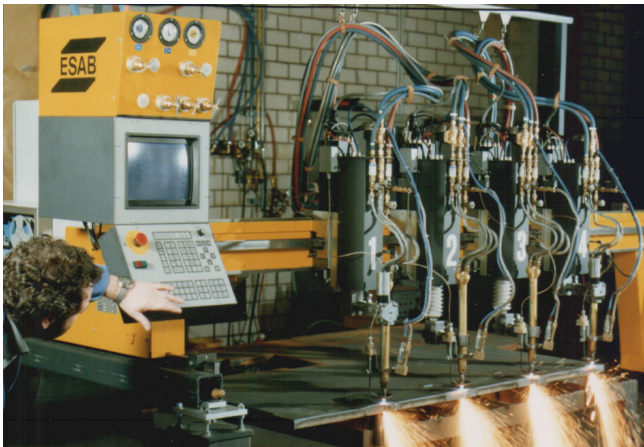
### Að skera ólíkar raufar

Raufarskurður með einu, tveimur eða þremur skurðar-tækjum.

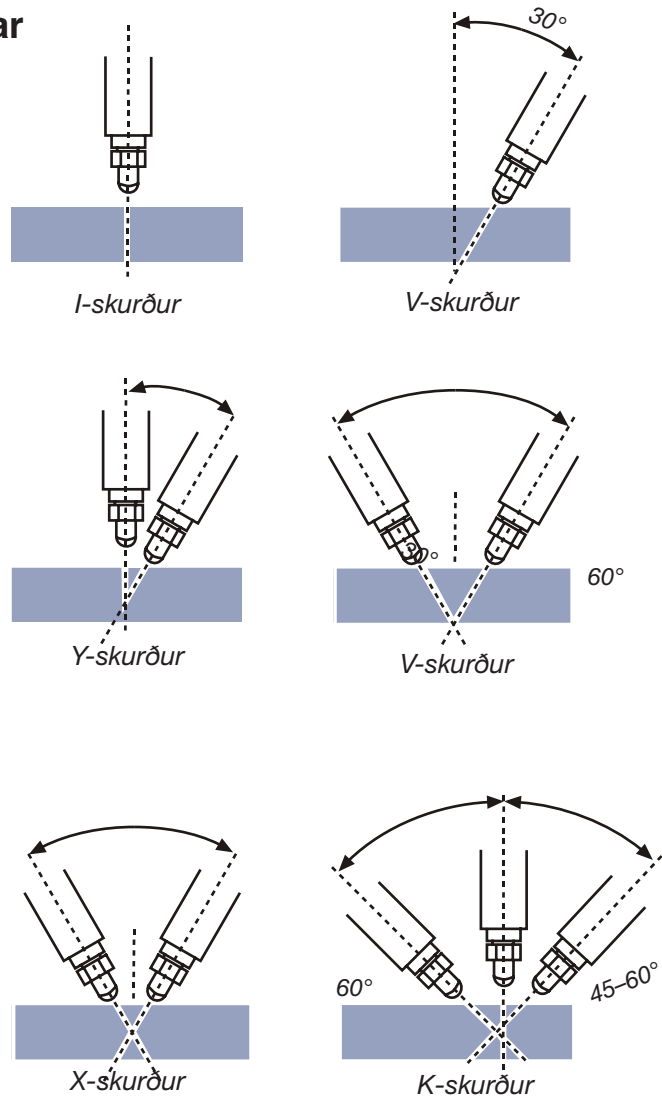
### Að sjóða án frekari yfirborðsmeðferðar



Færanleg rafdrifin skurðarvél gerir jafna, beina skurði.



Föst tölvustýrð gasskurðarvél.



## Duftskurður

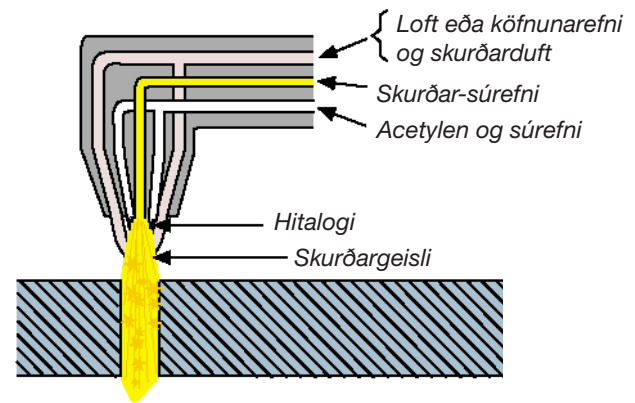
Duftskurður vinnur að mestu eins og logskurður. Eini munurinn er sá að við duftskurð er skurðardufti bætt við í spíssinum.

Áður en soðið er í fúgur sem gerðar hafa verið með duftskurði verður sárið að slípast vandlega til að fjarlægja gjallhúðina sem myndast.

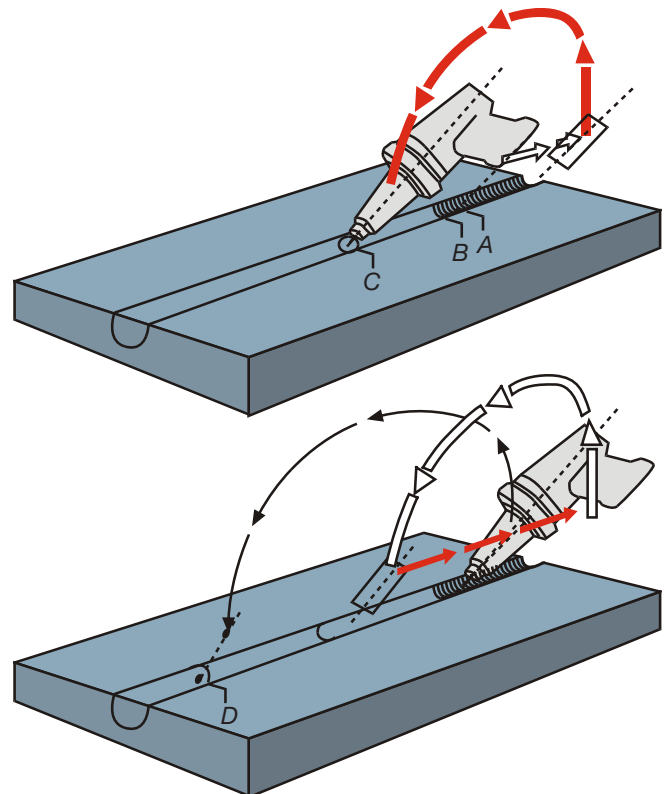
## Fúguskurður með gasskurðarbúnaði

Gasfúgun er aðferð sem getur komið í stað kolboga-fúgunar. 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 gas-skurður. Lengri fúgur er best að gera í hæfilegum skrefum afturábak (sjá mynd).



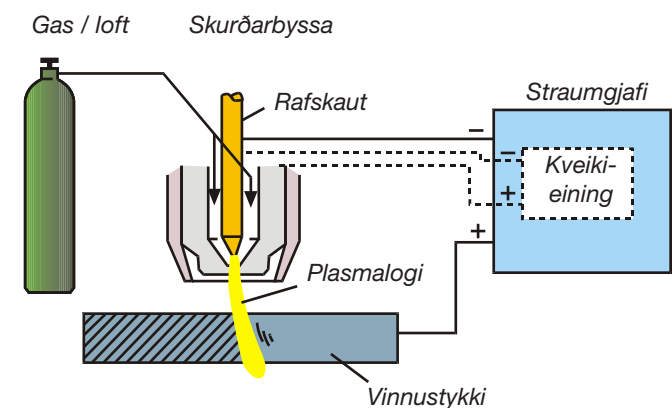
Grunnþættir duftskurðartækis.



Gasfúgun í skrefum afturábak.

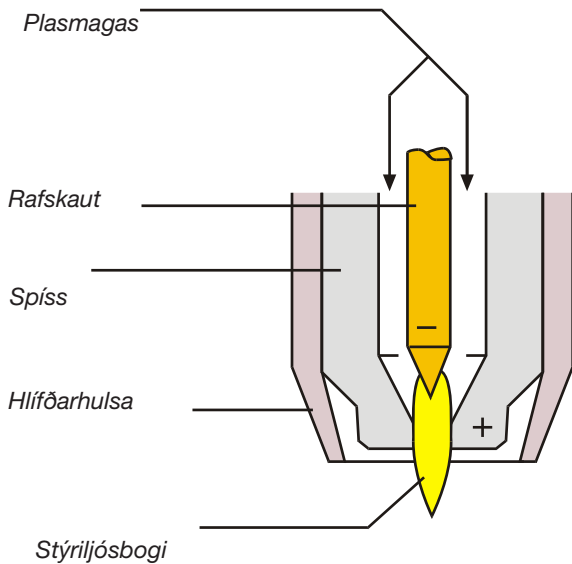
## Plasmaskurður

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



Grunnþættir plasmaskurðarbúnaðar.

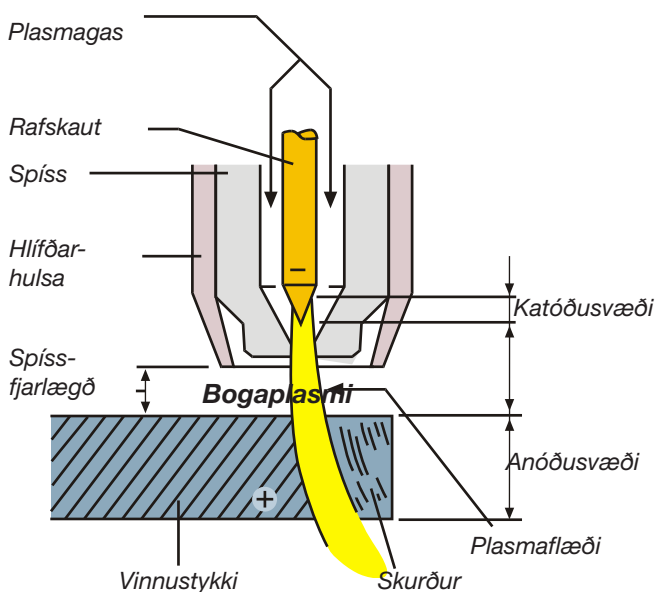




### Stýriljósboginn (Pilotljósboginn)

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.



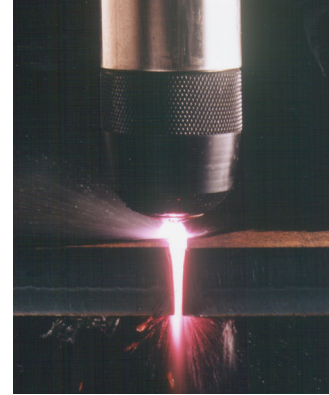
Plasmaskurður.

### 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).



Plasmaskurður.

### Gas fyrir plasmaskurð

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 köfnunarefni.

### 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 til 115 dB. Notið heyrnarhlífar.

#### Geislun

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

#### Reykur og gas

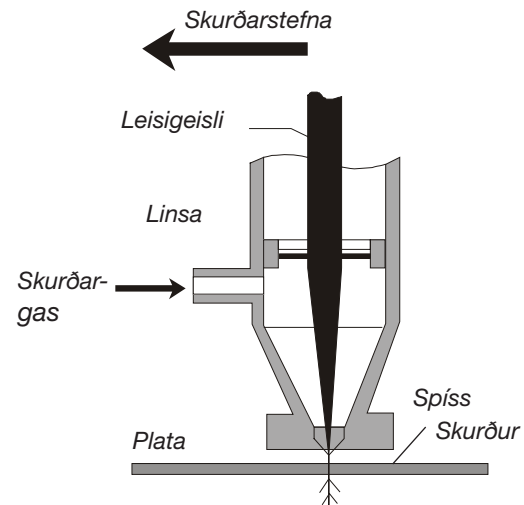
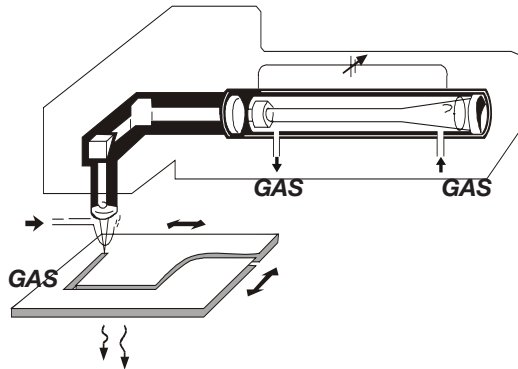
Málmreykur myndast = notið útsog!

Nítratgas myndast þegar loft, köfnunarefni eða köfnunarefnisblöndur eru notaðar sem skurðargas.

Ozon myndast þegar súrefni andrúmsloftsins verður fyrir útfjólublárrí geislun. Ozon og nítratgas geta valdið skaða á lungum.

## Leisigeisli til skurðar

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



## Leisiskurðartæknin

Leisigeislinn 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 vinnustykkinu með slíkum hita að efnið bráðnar.

Leisiefnið í þessari gerð leisigeisla er blanda af koldíoxíð, helíum og köfnunarefni. Eins og nafnið gefur til kynna er það koldíoxíðið sem er hið hvarfandi gas en helíum og köfnunarefni er bætt í til að auka virkni ferlisins. Sjálft leisiferlið er sett í gang með raforku (háspennu) í leisirörinu (sjá mynd).

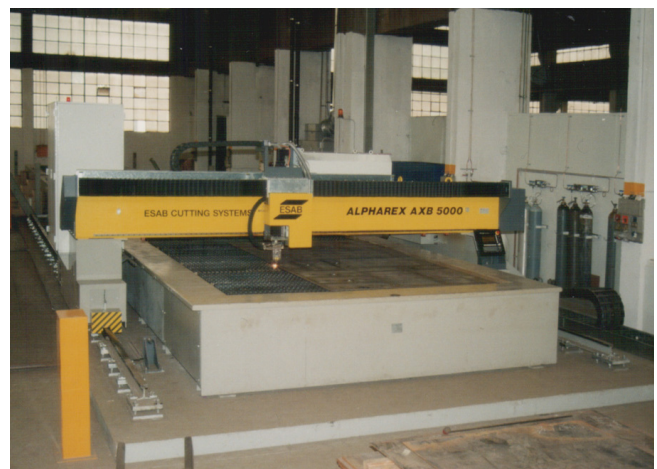
Til eru tvær gerðir leisiskurðartækja, algengastur er CO<sub>2</sub>-leisigeisli sem hentar best við skurð á málum. Við skurð í stál er oft notað hreint súrefni sem skurðargas.

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

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

## Vinnuumhverfi við leisigeislaskurð

Notkun á leisigeisla 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 leisiskurðarvél.

## 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 eftirmeðferð. Sögun hentar vel við að efna niður allt stangaefni. Sumar vélar hafa búnað til sjálfvirkar mötunar á efni.

#### Notkunarvið vélsaga

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

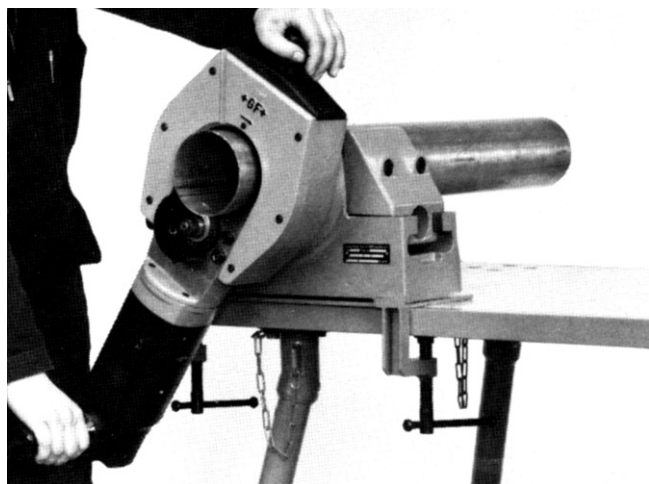
Bandsagir eru mikið notaðar við sögun stangarefnis og hafa mikinn sögunarhraða.

Hjólsagir hafa sama notkunarvið og bandsagir, en eru háðar vissum takmörkunum 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 efnispunn ryðfrí rör. Rörið vill aflagast. Rörskurðarvélin á myndinni fyrir neðan virkar þannig að hún fer í kringum rörið en ekki þvert í gegn. Niðurstaðan er algerlega grádufrír og hornréttur skurður, laus við alla eftirmeðferð.



Rörskurðarvél,

HEIMILDIR:

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

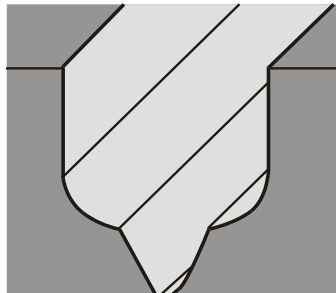
Hafið eftirfarandi í huga við vélsögun:

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

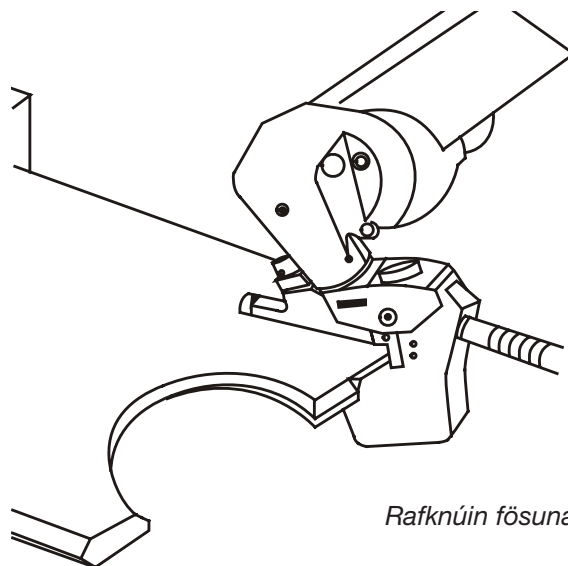
## Formun (raufargerðir) með heflun og fræsingu

Flestar fúgugerðir er hægt að fá fram með hinum ýmsu skurðaraðferðum eða slípun, en þegar um er að ræða t.d. U-fúgur þá þurfa þær að heflast, fræsast eða rennast. Veggir kjarnakljúfskerja eru t.d. um 200 mm, og þar kemur bara ein raufargerð til greina, þ.e. U-rauf.

Erfitt getur verið að vinna raufar í ryðfrí efni með hefðbundnum aðferðum, sérstaklega ef efnisþykktin er meiri en 10 mm. Sama gildir um hágæðastál sem fer illa í logskurði.



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



Rafknúin fösunarvél,

## G 1.2.4 Heilsa og öryggi

### Persónulegur hlífðarbúnaður

Hlífðarbúnaður við logsuðu er að nokkru leyti annar en við ljósbogasuðu. Það að ekki þarf að verjast útfjólublárrí geislun, gerir kleift að nota ljósari hlífðargler, en á hinn bóginn þarf vörn gegn meiri hitageislun.

Hlífðarbúnaður logsuðumanns er sem hér segir:

- Suðugleraugu með 5 DIN gegnsæi.
- Hlífðargleraugu (ef þarf að slípa)
- Samfestingur úr eldtregu efni
- Suðuhanskar
- Skóhlífar (spara sokka)
- Öryggisskór
- Hjálmur
- Heyrnarhlífar (dempa hávaða og koma í veg fyrir að neistar og gjall komist í eyru)



Notið suðugleraugu við logsuðu og logskurð.

Mikilvægt er að þekkkja öryggiskröfur á sínum vinnustað og hvernig brugðist er við slysum.

### Gas og suðureykur

Þegar unnið er við logsuðu, logskurð og aðra álíka hluti, myndast reykur og gas sem verið getur meira eða minna skaðlegt heilsunni.

Reykurinn er mest málmoxíðir og myndast þegar málm-gufur þéttast og oxíderast. Hvaða efni eru í reyknum ræðst af því hvaða grunnefni er verið að sjóða og með hvaða suðuefni, en líka af því hvaða yfirborðsefni og/ eða óhreinindi eru á yfirborði vinnslustykkisins.

Dæmi um efni sem eru óholl og geta verið í reyknum við suðu í húðað stál, eru kadmíum (Cd), zink (Zn) og blý (Pb). Þessi efni eru notuð við rafhúðun og zinkhúðun eða í framleiðslu á ryðvarnarmálningu.

Dæmi um óhollar gastegundir sem geta myndast, eru kolsýra, fosfín, fosgen og ýmis niturgasafbrigði.

Niturgasafbrigði eins og niturildi og niturtvíildi, myndast þegar súrefni og nitur andrúmsloftsins komast í snertingu við heitan suðulogann og upphitað grunnefnið. Niturgas veldur fyrst og fremst hættu þar sem unnið er í lokuðu rými.



Varist hættulega gasmyndun, sérstaklega í lokuðum rýmum.

**Látið ekki logann á gastækjunum brenna að óþörfu - loftræstið vel!**

## Loftræsting

Loftræsting og loftringrás á vinnustaðnum verður að vera fullnægjandi. Sérstaklega verða „heitir“ staðir að hafa góða loftræstingu. Heitt loft stígur upp, og það er mikilvægt að sjá til þess að reykur og heitt loft safnist ekki saman þar sem suðumaðurinn er að störfum.

Heitt loft og suðureyk á helst að fjarlægja með reykútsogi, sem á að staðsetja þannig að reykurinn fari ekki fyrst framhjá vitum suðumannsins!

Hafið samt í huga, að reykútsogið má ekki vera svo öflugt að það blási hitanum frá vinnustaðnum út með reyknum.

Suða inni í tönkum og í öðrum þröngum rýmum gerir miklar kröfur á virka loftræstingu. Sjáið til þess að útsog og innloftun sé enn betra en annars við slíkar aðstæður. Ef soðið er t.d. í stórt ker sem hefur opið að gólfi/jörð verður að lyfta því upp á búkka eða annað svo að loft geti sogast inn að neðanverðu.

## Útfall acetylens, bakslag og eldur í tækjum/slöngum

Ef eitthvað hindrar flæði gassins út úr spíssinum, getur bruninn farið í „öfuga átt“. Það verður bakslag. Bakslagið einkennist af smellum og/eða blístrandi hljóði, og ef það er ekki stoppað getur spíssinn, handfangið eða slöngurnar eyðilagst.

Til að koma í veg fyrir bakslag á að:

- Kveikja logann með rétt stillt gasflæði.
- Halda spíssinum hreinum og lausum við sót og gjall.
- Halda réttu bili milli spíss og vinnslustykkis. Ef spíssinn lendir í suðupollinum eða á yfirborði vinnslustykkisins hindrast gasflæðið.

Ef bakslag verður:

- Lokið fyrst acetylenlokanum. Látið smávegis súrefni flæða út til að kæla tækin.
- Ef bakslagið heldur áfram, lokið þá til öryggis höfuðloka dreifistöðvarinnar/hylkisins.
- Kælið tækin í vatni ef þörf krefur.
- Yfirfarið búnaðinn vandlega ef bakslag hefur orðið. Lekaprófið með sápuvatni.

Hættan á bakslagi við notkun gastækja hefur minnkað til muna með tilkomu einstefnuloka og bakslagsloka.



Verði bakslag á fyrst að skrúfa fyrir acetylen-lokann á suðuhandfanginu. Ef það dugar ekki verður einnig að skrúfa fyrir höfuðlokana.



Kælið tækin eftir bakslag.



Einstefnulokinn kemur í veg fyrir að eldur í tækjum nái slöngum/þrýstijafnara. Hafið því reglubundið eftirlit með virkni hans. Best er að óháður aðili prófi lokann minnst einu sinni á ári.

Áður en lokinn er kveiktur er gott að:

- Ræsta út slöngurnar með því að láta gasið flæða óhindrað í örstutta stund
- Athuga að bakslagslokar og einstefnulokar séu til staðar og að þeir virki sem skyldi
- Athuga að slöngutengingar og skeyti séu þétt
- Athuga að slökkvitæki og hlífðarhanskar séu til staðar

### Gegnumgangandi bakslag

Gegnumgangandi bakslag er það kallað þegar bakslag fer upp í gegnum handfangið og heldur áfram upp í slöngur og jafnvel upp í þrýstijafnara.

Ef einstefnulokar og bakslagslokar eru til staðar og virka eins og til er ætlast, á gegnumgangandi bakslag ekki að geta átt sér stað.

**Ef það gerist samt, bregðist þá svona við:** Notið hlífðarhanskann sem á að vera á suðustaðnum og skrúfið fyrir hylkislokana. Hættan á sprengingu er á þessu stigi lítil.

### Acetylenútfall

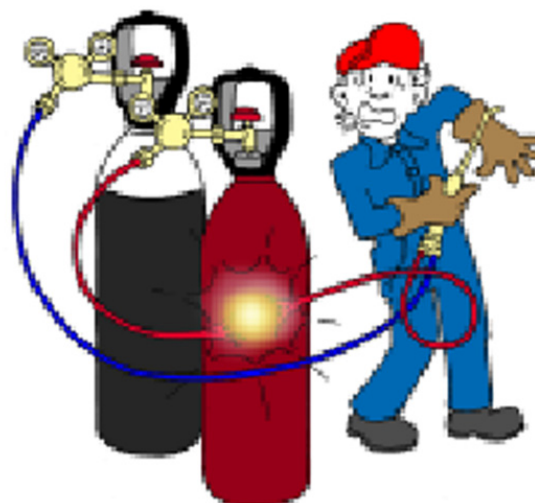
Ef acetylenhylkið hefur orðið óeðlilega heitt meðan á brunanum stóð, getur acetylenútfall hafa byrjað og þá eykst hættan til muna.

Með acetylenútfalli er átt við að acetylenið leysist upp í frumþætti sína, sem eru kolefni og vatnsefni. Við slíkt útfall verður mikil hitamyndun, og ef það er ekki hamið verður sprenging.

**Ef acetylenhylki verður óeðlilega heitt:**

- Athugið að vel sé skrúfað fyrir lokann.
- Rýmið tafarlaust húsnæðið og sjáið til þess að fólk í nágrenninu sé flutt á öruggum stað.
- Kallið slökkvilið á vettvang.

Eftir útfall er hylkið talið hættulegt í 24 tíma. Það sem slökkviliðið gerir er að kæla hylkið með vatni þar til hættan líður hjá.



*Ef gegnumgangandi bakslag verður, á að nota hlífðarhanska við að skrúfa fyrir hylkislokana.*



## Neistar á ferð og flugi

Neistar og gjall eru hluti af hversdagsleika suðumannsins. Hjá þeim verður ekki komist. Hins vegar er hægt að minnka til muna eldhættuna sem er af neistaflugi og gjalli. Eldsvoðar geta líka orðið ef kviknar í beint út frá suðuloganum, vegna hitaleiðni og vegna sprenginga.

Flesta eldsvoða sem tengjast suðuvinnu má þar að auki rekja til kæruleysis eða skorts á athygli. Þess verður að krefjast af suðumönnum að þeir séu meðvitaðir um umhverfi sitt svo eldur verði ekki laus. Ef suðumaðurinn getur ekki sjálfur haft eftirlit með vinnusvæði sínu á hann að hafa með sér brunavörð.

Neistar frá logsuðu/skurði geta dreifst allt að 10-15 metra til hliðanna og fallið allt að 30-40 metra, sérstaklega við logskurð. Munið einnig að gjall sem hefur kólnað það mikið að það er ekki lengur rautt, eru samt nægilega heitt til að kveikja í t.d. pappír og tré. Járn byrjar að roðna við u.þ.b. 525°C, en íkveikjumörk pappírs og timburs er u.þ.b. 200-300 °C.

Ekki er hætt á íkveikju, nema eftirtaldir þrír þættir séu til staðar.

- Hiti
- Súrefni
- Brennalegt efni

Sé einn þessara þátta fjarlægður getur ekki kviknað í!

Hitanum frá loganum (3100°C) og þeim neistum og gjalli sem eru á ferðinni, á að halda frá brennanlegu efni.

Ekki er hægt að vera án súrefnis. Það er nauðsynlegt bæði fyrir suðulogan og suðumanninn!

Brennalegt efni er hins vegar sá þáttur sem við getum verið án. Góður suðumaður er líka góður við þrif og tiltekt. Allt brennalegt efni sem er á og í námunda við suðustaðinn skal fjarlægja eða þekja.

### Athugið gegnumtök

Þegar soðið er í bita, stangir, rör o.þ.h. sem fer í gegnum vegg, þök eða gólf þarf líka að kanna hvort brennalegt efni sé „hinu megin“. Hitaleiðni frá suðustöðum hefur valdið mörgum eldsvoðum.



Ef einn brunapáttur er fjarlægður getur ekki kviknað í.



Neistar og hitaleiðni geta auðveldlega kveikt í. Gerið að vana að kanna „hinu megin“.

## Brunavarsla, slökkvibúnaður, slökkvistarf, suðuleyfi

### Brunavarsla

Kannast þú við fyrirsögnina: „Tugmilljóna tjón varð í eldsvoða!“ Suðuvinna hefur orsakað allt of marga ónauðsynlega bruna.

Í Skandinavíu verða suðu- og vaktmenn að hafa lokið námi í brunavörnum á stöðum þar sem fram fer suðu- og skurðarvinna eða „heit vinna“, til þess að mega framkvæma suðuvinnu utan hins venjulega vinnustaðar við nýsmíðar, viðhalds- og viðgerðavinnu.

Að loknu viðurkenndu námskeiði fá þátttakendur skírteini sem gildir í fimm ár. Það eru ekki bara suðumenn sem eiga að hafa þessa menntun. Þeir vaktmenn sem eiga að starfa á brunavakt eiga líka að hafa þessa menntun.

Ef suðumaður eða öryggistrúnaðarmaður telja áhættu við suðuvinnu það mikla að suðumaðurinn sjálfur geti ekki sinnt eftirlitinu, á að kalla til brunavörð.

Hlutverk brunavarðarins er að fylgjast með suðuvinnunni og grípa inn í ef þörf krefur. Brunavörður á að vera til staðar bæði á vinnutíma og í pásam/matartímum, og hann á að hafa nauðsynlegan slökkvibúnað við hendina.

Brunavörðurinn hefur þar að auki vald til þess að stöðva framkvæmdir við suðuvinnu ef hann telur eldhættuna vera of mikla.

### Slökkvibúnaður

Við suðuvinnu utan hins venjulega vinnustaðar á að hafa meðferðis nægilegan slökkvibúnað. Með þessu er átt við aðgengi að brunaslöngu, eða ef hún er ekki til staðar, tvö 6-kílóa slökkvitæki í ABC flokki. Slökkvitækin eiga að vera af viðurkenndri gerð og fyllt.

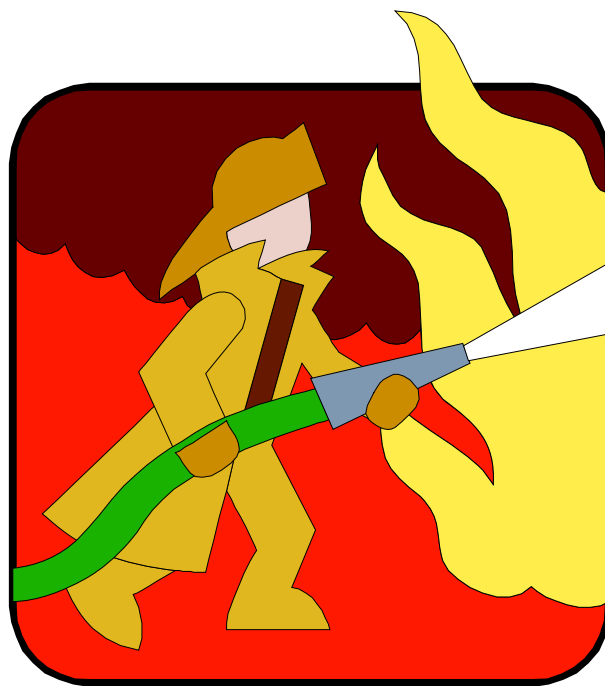
ABC-slökkvitæki eru duftfyllt og ráða við allar gerðir elds (í timbri/pappír, rafmagnsbúnaði, vökva/gasi)

Ef vatn er notað verður að tryggja að þrýstingur og flæði sé fullnægjandi og að vatnið sé á slönguna svo hægt sé að bregðast tafarlaust við. Venjuleg garð-slanga dugir hvergi nærri til.

Eldvarnarteppi eru líka góð viðbót við annan slökkvibúnað. Þau eru notuð til að kæfa eldinn ef kviknar í fötum fólks.



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





## Slökkvistarf

Það er auðvelt að ráða við lítinn eld. Stærri brunar eru hins vegar verulega mikið erfiðari að eiga við. Hafið því athyglina í lagi og slökkvið eins fljótt og kostur er ef kviknar í. Við minnsta vafa um getuna til að ráða við eldinn – hringið í 112 og kallið slökkvilið á vettvang.

Af þessari ástæðu á sími að vera tiltækur - innan seilingar! Ef venjulegur sími er ekki til staðar, verður brunavörðurinn að hafa fullhlaðinn farsíma, *sem nær sambandi*.

Gott að vita:

- Notið ekki vatn í baráttunni við eld í rafbúnaði.
- Munið að kolsýra er -92 °C köld. Þar af leiðandi má aldrei nota hana til að slökkva eld í brennandi manneskju!
- Sendið tóm slökkvitæki tafarlaust í endurhleðslu.
- Beitið slökkvitæki þannig að stúturinn beinist að rötum eldsins og hreyfið stútinn með rólegum hliðarsveiflur.
- Kannið útgönguleiðir áður en vinnan hefst!

## Suðuheimild

Besta trygging suðumannsins er suðuheimild. Er eyðublaðið rétt útfyllt? Hefur verið farið eftir öllum atriðum heimildarinnar? Er heimildin undirrituð af réttum aðila? Ef svörin við þessum spurningum eru jákvæð, er ekki við suðumanninn að sakast ef eldsvoði verður!

Suðuheimildin nefnir nokkur atriði sem á að athuga og sem hugsanlega þarf að taka á. Nafn suðumannsins á að vera skrifað á heimildina, hvaða vinnu á að framkvæma, hvar og hvenær, og hvort brunavörður eigi að vera til staðar, og þá nafn hans. Heimildin á að vera undirrituð af ábyrgðaraðila brunavarna á viðkomandi stað eða af viðurkenndum fulltrúa hans.

Suðumaðurinn á að hafa afrit af heimildinni á meðan verkið varir. Því má ekki kasta fyrr en eldhættan er að fullu liðin hjá.

Suðuheimildin gildir fyrir einn dag í einu og þarf því að fylla hana út fyrir hvern dag fyrir sig meðan á vinnu stendur.

**Takið enga  
áhættu!  
Bæði þitt líf og  
annarra er í húfi!**

**Að sjóða án heimildar þar sem  
hennar er krafist getur orðið  
suðumanninum dýrt spaug!**

## Vinna í lokuðum rýmum þar sem eld- og sprengihætta er

Fyrir suðumenn má segja að öll vinna í lokuðum rýmum sé hættuleg; Súrefnisskortur, eld- og spengihætta og hætta á raflosti eru nokkur dæmi um hættu við slíkar aðstæður.

Við byggingu tanka, geyma og annarra álíka mannvirki er hætta á súrefnisskortum ávallt til staðar við vinnu inn í þessum mannvirkjum ef aðstreymi lofts er ekki nægjanlegt.

Hins vegar þarf einnig að varast ofgnótt súrefnis. Með ofgnótt er átt við að súrefnismagnnið verður óeðlilega mikið t.d. vegna leka í slöngum, illa lokuðum krönum o.s.fr. Þetta eykur á eldhættuna.

Í andrúmsloftinu er u.þ.b. 21% súrefni (maðurinn þarf meira en 17% til að lifa). Ef súrefnismagnnið eykst upp í 25% tvöfaldast brunahraðinn, þ.e.a.s. að t.d. samfestingur sem kviknar í, brennur helmingi hraðar. Ef súrefnismagnnið fer upp í 35% áttfaldast brunahraðinn! Súrefniskrani sem lekur getur þannig verið lífshættulegur! Þar sem súrefni er lyktarlaust finnast engin hættumerki. Aftur á móti ætti acetylenleki að uppgötvast fljótt vegna hinnar sérstöku lyktar af acetyleninu.

Með tilkomu súrefnis með lyktarefni\*, sem er t.d. skylda að nota í Finnlandi, hefur hættan minnkað.

Acetylen er hættulegt vegna hins stóra sprengihættusviðs. Frá 2,3% að 82% metnun er sprengihætta af acetylenblöndunni. Margfalt stærra svið en hjá t.d. bensíni, þar sem of sterk blanda verður of mett til að springa.

Í stuttu máli: Varist súrefnisskort og gasleka í lokuðum og þröngum rýmum og sjáið til þess að aðstreymi lofts sé nægjanlegt.

### Minnkið eldhættuna:

#### Áður en vinna hefst

- Fáðið suðuheimild!
- Hreinsið burt rusl og óhreinindi.
- Fjarlægið ef hægt er, eða þekið yfir eldfimt efni nálægt suðustaðnum. Athugið líka hvort eldfimt efni sé inni í því sem á að sjóða.
- Hafið slökkvibúnað, hlífðarhanska og ef þarf, lykil á hylkisloka, við hendina.
- Hafið brunavakt, þegar soðið er þar sem hætta er á íkveikju.
- Athugið að suðubúnaðurinn sé í lagi.

#### Meðan á vinnu stendur

- Gætið reglulega að því að bráðinn málmur eða gjall kveiki ekki í.
- Hafið augun á loganum og gætið þess að heitt vinnsluefnið komist ekki í snertingu við neitt eldfimt.

#### Að verki loknu

- Flytjið gashylki á öruggan stað.
- Sjáið til þess að vinnustaðurinn sé vaktaður í a.m.k. eina klst. eftir að suðuvinnu lýkur.
- Tilkynnið suðuverkstjóra að verkinu sé lokið.

\* Odorox sem er eitt af vörumerkjum AGA er dæmi um lyktandi súrefni.

## Vinna við og í geymum sem innihalda, eða hafa innihaldið hættuleg efni

Eldfimt gas/gufa er í öllum geymum sem innihalda, eða hafa innihaldið eldfima vökva. Nokkrir millilítrar eldfims vökva geta myndað nægilega mikið gas til að sprenging getur orðið.

Þess vegna á að forðast alla suðu og hitun þar sem sprengihætta er fyrir hendi.

Ef ekki er hægt að komast hjá suðu verður að ræsta eða skola geyminn/tankinn vandlega þar til allt gas hefur verið hreinsað út.

Suða í minni geyma er undirbúin á eftirfarandi hátt:

- Skolið vandlega með vatni eða vatnsgufu.
- Fyllið geyminn með vatni eins og hægt er til að þrengja hættulegum gastegundum út.
- Gangið úr skugga um að enginn standi framan við gafla geymisins eða veika punkta hans.
- Notið aldrei tanka eða tunnur sem þið vitið ekki hvað hafa innihaldið til að standa á við suðuvinnu!



*Hunsið aldrei sprengihættuna!*

Fyrir vinnu við stærri geyma eða tanka á að kalla til sérfræðinga. Þeir hafa mælitæki sem nema hvort gas sé fyrir hendi eða ekki.

### ATHUGIÐ:

- Það er hættulegt að sjóða í tanka og geyma, þótt soðið sé neðan vökvayfirborðs!
- Yfirgefið aldrei brennandi gasloga!

## Meðferð gashylkja

Verði gashylki fyrir því að hitna mikið, t.d. við bruna, á að bregðast við á eftirfarandi hátt:

1. Skrúfið fyrir hylkislokan, notið til þess hlífðarhanskann.
2. Sprautið vatni á hylkið (fyrst og fremst til að minnka hættuna á acetylenútfalli). Verið á öruggum stað við að kæla hylkið.
3. Hringið í 112 og kallið slökkvilið á vettvang. Fjarlægjið önnur gashylki af svæðinu.

Sjá einnig kafla G 1.2.1.



Verið á öruggum stað við að kæla hylki og hringið í neyðarsímamann, 112.



Hættið ekki lífinu. Acetylenútfall getur leitt til sprengingar!.

HEIMILDIR:

Jan Jónsson, Bengt Westin, Lernia. Teikningar Johan Lorentzon, Snits Bilder.



**GAS**  
**Áfangi G 2**  
**G 2.2 bóklegt nám**



## G 2.2.1 Suðuvírar

### Helstu atriði um logsuðuvíra

Logsuðuvírar eru framleiddir frá 1,5 mm til 5,0 mm í þvermál. Lengdin er 700 til 1000 mm. Suðuvírarir eru merktir með stönsuðum eða máluðum táknum, allt eftir því hver framleiðandinn er.

Eftir prófun brotþols, brotlengingar og hitaþols eru vírarnir viðurkenndir samkvæmt stöðlum viðkomandi lands og/eða alþjóðlegum/EN stöðlum. Í sumu víra er bætt mólýbdeum sem bætir floteiginleikana verulega.

Efnasamsetningin er ólík milli víra. Hér eru nokkur dæmi af því sem ESAB býður uppá:



### OK Gasrod 98.70

Vír með lágt manganinnihald Staðlað samkv.  
til logsuðu (oxyacetylen- AWS A5.2: R 60  
suðu) á óblönduðu stáli. DIN 8554: G II

#### Notkunarsvið:

OK 98.70 er fyrst og fremst ætlaður til suðu á óblönduðu stáli sem hefur að nafni til lágmarks brotmörk sem ekki eru hærrí en 430 N/mm<sup>2</sup>

#### Hlutfall íblöndunarefna %,

#### Dæmigerð gildi

C	Si	Mn	P	S
0,1	0,15	0,9	0,025	0,025

### OK Gasrod 98.76

Mólýbdenblandaður suðuvír Staðlað samkv.  
fyrir logsuðu(oxyacetylen- AWS A5.2: R 60  
suðu) á ó- og lágblönduðu stáli. DIN 8554: G IV

#### Notkunarsvið

OK 98.76 er ætlaður til suðu í óblandað og lágblandað hitaþolið stál í þrýstikúta, geyma og röralagnavirki.

#### Gæðaflokkar efnis

Til dæmis: St 34-35,4  
H II, H III, 17 Mn4, 15 Mo 3,  
16 Mo 5

#### Viðurkenndur af

TÜV

#### Hlutfall íblöndunarefna %,

#### Dæmigerð gildi

C	Si	Mn	Mo	P	S
0,15	0,15	1,1	0,5	0,020	0,020

#### Dæmigerður styrkur suðumálmisins:

Togþol $R_{el}$	330 N/mm <sup>2</sup>
Brotmörk $R_m$	480 N/mm <sup>2</sup>
Lenging $A_5$	26%



## Flokkun logsuðuvírs

Suðuefni fyrir logsuðu kallast logsuðuvír. Gæði suðuvírsins verða að vera meiri en grunnefnisins. Til er suðuvír fyrir flest þau grunnefni sem henta til logsuðu. (sjá töflu t.h.)

SS	AGA	BÖHLER	ELGA	ESAB
1312	H-44	DMO	H-44	OK 98.70
1330	H-44	DMO	H-44	OK 98.70
1434	H-44 Mo	DMO	G4	-
2912	H-44 Mo	DMO	G4	-
2216	HL 53	DCM 5	-	-
2218	-	CM 2	-	-

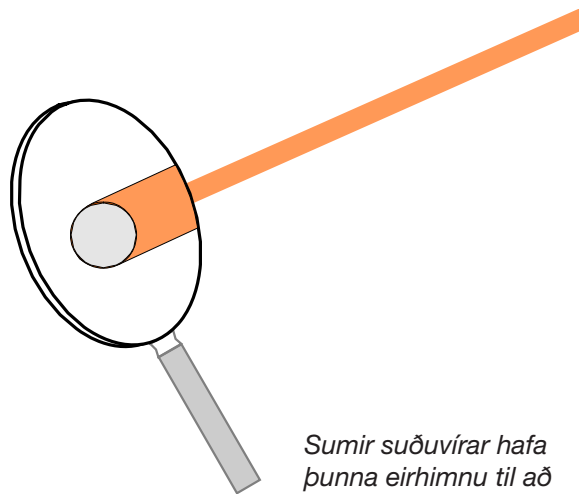
## Suðugas fyrir logsuðu

Sjá kafla G1.2.1.

## Geymsla

Suðuefni á að geyma á þurrum og hlýjum stað. Þetta á líka við um suðuvír sem notaður er til logsuðu.

Sumir logsuðuvírar eru með þunna eirhimnu sem ysta lag. Þetta er til að hindra ryðmyndun og henta þeir sérstaklega vel til suðuvinnu í röku umhverfi og utanhúss.



*Sumir suðuvírar hafa þunna eirhimnu til að hindra ryðmyndun.*

**ALLT SUÐUEFNI – SAMA FYRIR HVAÐA  
SUÐUADFERÐ ÞAÐ ER ÆTLAÐ – Á AÐ  
GEYMA Á HLÝJUM OG ÞURRUM STAÐ**

HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, Lernia AB.

## G 2.2.2 Framkvæmd suðunnar

### Suðustillibreytur – ferlisfrávik

Suðustillibreyturnar við logsuðu eru stærð suðuspíss, stillingsuðulogans, gasþrýstingur, færsluhraði, suðurauf og suðutækni.

**Stærð suðuspíssins** ræðst af þykkt grunnefnisins. Upplýsingar um spíssastærðir er hægt að nálgast í töflum frá framleiðendum suðubúnaðar.

**Stærð gaslogans** er einnig háð efnisþykktinni en líka suðustöðunni. Stöður PA og PF þola nokkru heitari loga en hinar stöðurnar. Við rörasuðu verður að taka tillit til upphitunar rörsins meðan á suðunni stendur, þ.e.a.s. loginn er hafður dálítið heitari í byrjun og kaldari í lokin þegar rörið er sem heitast.

**Gasþrýstingur** verður að passa fyrir hvern suðuspíss en framleiðendur hafa þaulprófað hvaða þrýstingur hentar hverri stærð og fylgja þær upplýsingar í töflu með spíssastærðum.

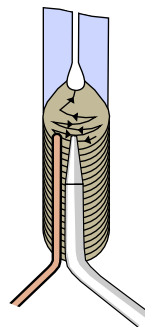
**Færsluhraðinn** er nokkuð sem tilfinning fæst fyrir með þrotlausri æfingu, en hann er líka háður efnisþykkt og hita logans.

**Suðuraufin** er yfirleitt jöfn þvermáli suðuvírsins. Til að vege upp á móti samdrætti er hægt að hafa hana u.þ.b. 1 mm stærri.

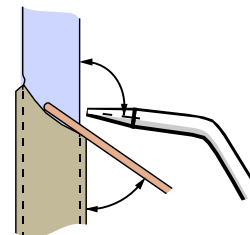
**Suðutæknin** sem notuð er, er annaðhvort frásuða eða mótsuða.

Almennt má segja að frásuða sé notuð við suðu á þunnu efni eða  $t < 3$  mm þykkt. Mótsuða er aftur á móti notuð í þykkara efni eða  $t > 3$  mm þar sem aðferðin gefur dýpri innbræðslu og einnig þegar fullrar gegnumsuðu er krafist.

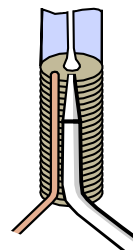
Í kafla G 1.2.2 er frá- og mótsuðu lýst, en myndirnar hér til hægri gefa einnig nokkra hugmynd um framkvæmdina.



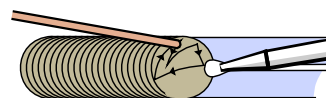
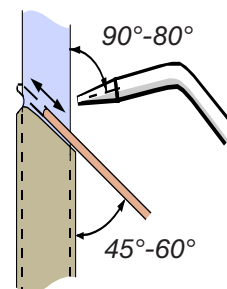
Lóðrétt stígandi.



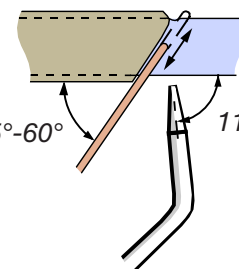
Séð frá hlið.



Uppundir

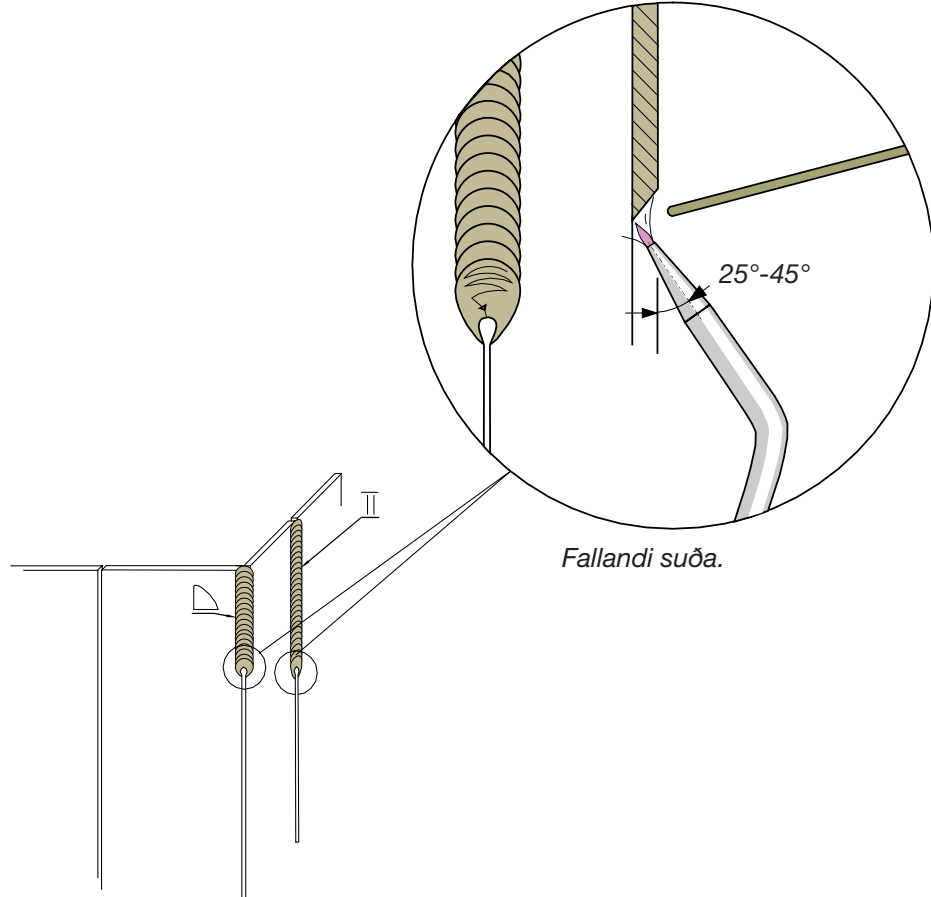


Lárétt þilsuða (í hlið).



Í suðustöðu PG (plötu eða rör) er oft notuð mótsuða fallandi. Þessi suðutækni er algeng hjá vönum rörasuðumönnum sem vinna ofan í skurðum við hitaveitulagnir o.þ.h. Kosturinn við fallandi suðu er að verkið gengur hraðar og jafnframt verður orkustreymið minna (minni upphitun efnisins).

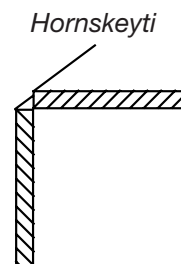
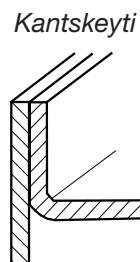
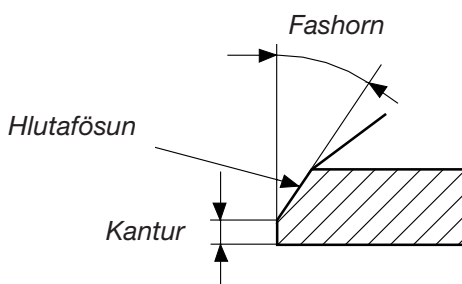
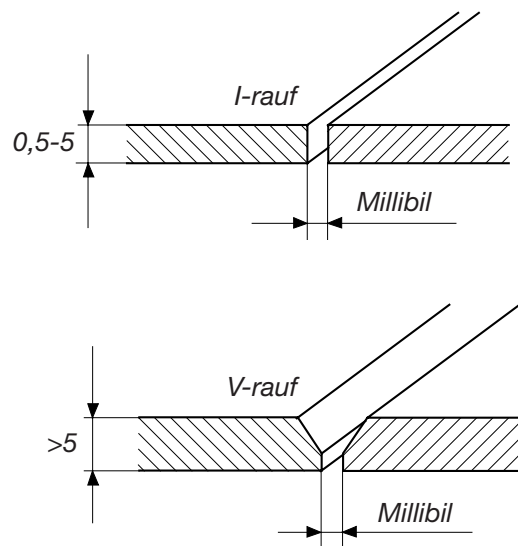
Vanir suðumenn nota nokkru heitari loga en hinn vanalega (vægt afoxandi), en það eykur einnig á suðuhraðann. Með réttri staðsetningu kjarnalogans í suðuraufinni er hægt að stjórna bæði hitastigi og suðupolli. Ef loganum er stungið djúpt niður í gatið framan við suðupollinn minnkar hitinn, en ef hann er nokkra millimetra fyrir ofan gefur hann mesta mögulega hita.



## Stúfsuða, eiginleikar og mál

Raufarundirbúningur fyrir logsuðu er oftast ein-faldur. Mest er soðið í I-rauf, þar sem raufin er gerð með sögun, skurði eða slípirokk. Munið að hreinsa vandlega burt gjall og óhreinindi sem kemur við raufargerðina.

V-rauf kemur fyrir þar sem efnisþykktin er meiri en 5 mm, en þá er oftast önnur suðuaðferð líka með í dæminu, t.d. MMA.



## Suðugallar

Suðugallar geta líka komið fyrir við logsuðu. Algengastir eru bindigallar, þ.e. ónóg festa milli grunnefnis og suðumálms.

Oft koma þessar „kaldsuður“ fyrir þar sem aftur er byrjað á suðu, og þá vegna ónógrar upphitunar, þ.e. að byrjað er á suðunni áður en grunnefnið og fyrri suða hafa náð bræðsluhita.

Í PC stöðu (íhlið) kemur fyrir að efri kanturinn bráðnar, en ekki sá neðri, og afleiðingin verður bindigalli við neðri fúgukantinn.

Við fallandi suðu getur bráðin runnið fram fyrir og valdið því að fúgukantarnir bráðna ekki.

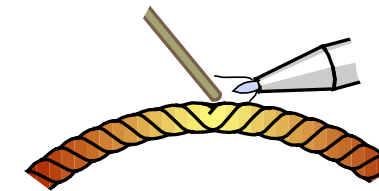
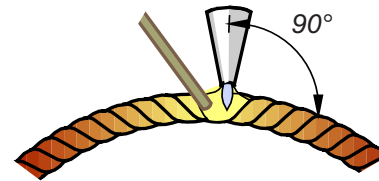
Við hvert suðuhlé verður samdráttarholrými í suðunni, eða „pipe“ eins og það er kallað. Oftast hverfur þetta ef endurstartið er framkvæmt á réttan hátt, en ef suðumanninum liggur of mikið á getur þetta orðið eftir í suðunni.

Það er mikilvægt að suðumaðurinn ráði við þá sérstöku tækni sem þarf til að ljúka við suðu í rör gallalaust. Til að komast hjá holrúmi í lokin er hitinn minnkaður u.þ.b. 5-10 mm áður en suðurnar koma saman. Suðan heldur síðan áfram 5-8 mm inn í „gömlu“ suðuna til að bræða saman mögulegar kaldsuður í byrjuninni, sjá mynd.

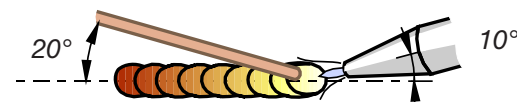
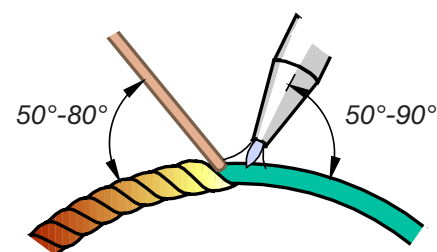
Kantsár er líka algengt við logsuðu, sérstaklega í PC-stöðu. Til að forðast þetta er hægt að beina loganum meira að neðri kantinum samtímis því sem mötun suðuvírsins er aukin.

## Eftirlit með stillibreytum

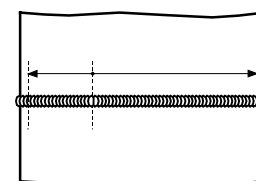
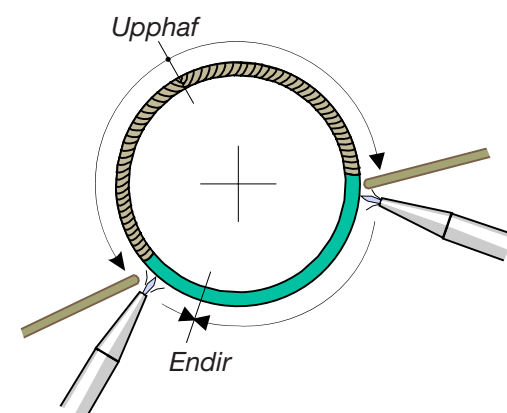
Suðustillibreyturnar við logsuðu eru, eins og áður var nefnt, tiltölulega fáar og einfaldar, miðað við aðrar suðuáferðir. Það er erfitt að gera nokkrar gildismælingar á gasþrýstingi eða stærð suðuspíssins. Það verður að treysta á flæðimæli þrýstijafnarans og ef grunur leikur á að eitthvað sé að spíssinum, þarf að skipta um hann.



Þegar samsuðan er tilbúin er loganum hallað rólega frá suðupollinum. Fyllið nú í gíginn án þess að bræða í gegn. Færið logann hægt frá svo suðan kólni rólega.



Dæmi um halla á suðuefni og spíss.



Dæmi um suðustefnu.

HEIMILDIR:

Jan Jönsson, Bengt Westin, Ulf Bergström, Lernia AB.

## G2.2.3 Suðupróf (M3.2.1, E32.2.1, T3.2.1)

### Tilgangur suðuprófa

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

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

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

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

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

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

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

### Tenging við viðurkennd WPS

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

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

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

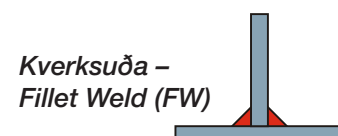
- 111 - Ljósbogasuðu með húðuðum pinna
- 114 - Ljósbogasuðu með rörþræði án hlífðargass (s.k. Innershield)
- 12 - Duftsuðu
- 131 - MIG-suðu
- 135 - MAG-suðu
- 136 - MAG-suðu með rörþræði
- 137 - MIG-suðu með rörþræði
- 141 - TIG-suðu
- 15 - Plasmasuðu
- 311 - Logsuðu

### Skeytagerðir

Staðallinn fjallar um skeytagerðirnar stúfsuðu (BW = Butt Weld) og kverksuðu (FW = Fillet Weld) í plötuefni

 Stúfsuða –  
Butt Weld (BW)

 Plötuefni– Plate (P)

 Kverksuða –  
Fillet Weld (FW)

 Rör – Tube (T)

(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 rótarstuðnings o.s.frv. kemur fram í eftirfarandi skammstöfunum:

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

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

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

**nb** (no backing) suða án bakleggs.

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

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

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

### Efni

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

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

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

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

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

**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> Þegar suðuefni úr flokki W11 er notað

● Sýnir efnisflokk notaðan við viðurkennt hæfnispróf.

■ Sýnir þá efnisflokka sem prófið nær einnig yfir.

▲ Sýnir efnisflokka sem prófið nær ekki yfir.

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

### Málstærðir

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

Hægt er að taka próf fyrir hvert og eitt hinna þriggja

sviða efnisþykktar plötuefnis og röra, og þrjú svið röraþvermáls.

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 $t$ , í mm	Gildissvið mm
$t < 3$	$t - 2t^1$
$3 < \bar{t} < 12$	$3 - 2t^2$
$t > 12$	$> 5$
<sup>1</sup> Fyrir gassuðu (311): $t - 1,5t$	
<sup>2</sup> Fyrir gassuðu (311): $3 - 1,5t$	

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

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	

Þvermál prófstykkis og gildissvið prófs:

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:

- A Súrur (járnoxíð)
- B Basískir
- C Sellulósa
- R Rútl
- RA Rútl-súrur
- RB Rútl-basískir
- RC Rútl-Sellulósa
- RR 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'	○		○	○	*

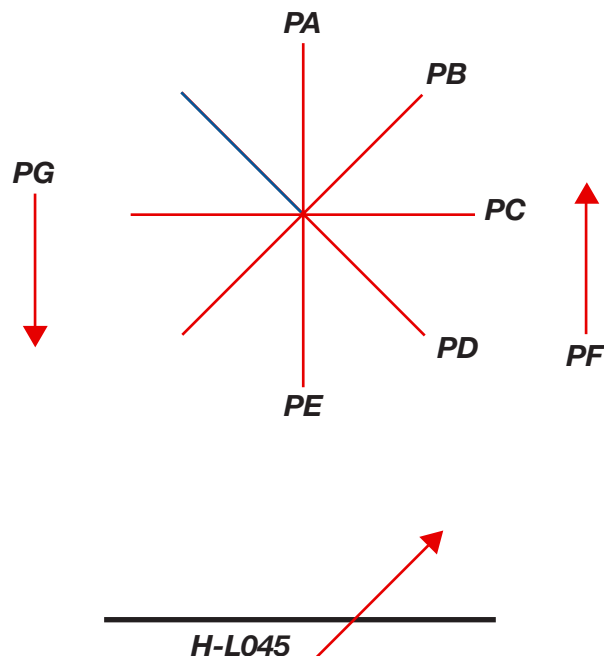
<sup>1</sup>S Próf með pinna í S flokki gildir aðeins fyrir þá sérstöku gerð sem notuð er í prófinu.  
 \* Sýnir pinnagerð sem notuð er við suðupróf.  
 ◆ Sýnir þær pinnagerðir sem gildissvið prófsins einnig nær yfir.  
 ○ Sýnir þær pinnagerðir sem gildissvið prófsins nær ekki yfir.

### Hlífðargas og duft

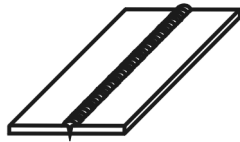
Skipta má um hlífðargas og duft. Hinsvegar ef skipt er frá virku í óvirkt hlífðargas eða öfugt þarf nýtt suðupróf.

### Suðustöður

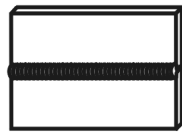
Í þessum staðli er miðað við suðustöður ásamt halla og snúningshornum samkvæmt myndinni og í samræmi við ÍST EN ISO 6947. Suðustöður og hallar í suðuprófi



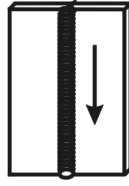
**STÚFSUÐUR**



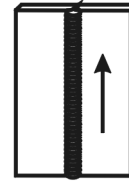
PA Lárétt niður



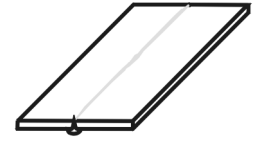
PC Í hlið / lárétt þilsuða



PG Lóðrétt fallandi

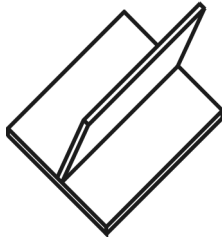


PF Lóðrétt stígandi

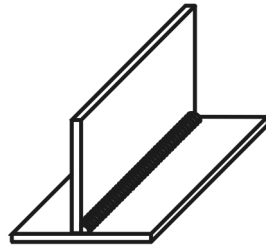


PE Uppundir

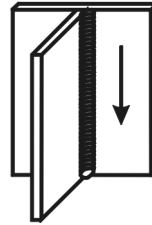
**KVERKSUÐUR**



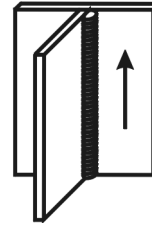
PA Lárétt niður



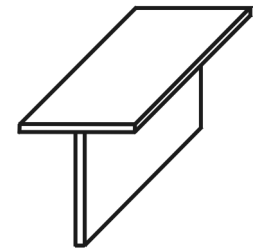
PB Standandi kverksuða lárétt



PG Lóðrétt fallandi

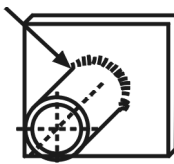


PF Lóðrétt stígandi

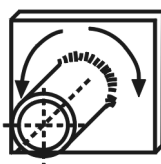


PD Standandi kverksuða uppundir

eiga að vera sem líkast því sem gerist í framleiðslunni.



PB Standandi kverksuða lárétt



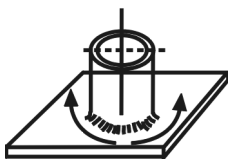
PG Lóðrétt fallandi



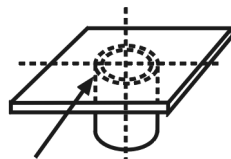
PA Lárétt niður



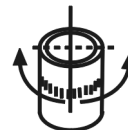
PG Lóðrétt fallandi



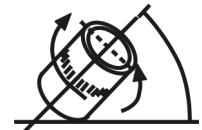
PB Standandi kverksuða lárétt



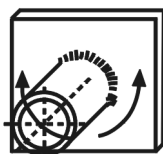
PD Standandi kverksuða uppundir



PC Í hlið



H-L045 45°halli stígandi suða



PF Lóðrétt stígandi



PF Lóðrétt stígandi

*Suðustöður í plötuefni*



## 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*

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

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

<sup>2)</sup> Þetta er staða sem önnur, skyld próf ná yfir.

**Skýring**

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

Gildissvið fyrir suðustöður.

1) PB fyrir rör má sjóða á tvo vegu:

Nánari útfærsla hæfnisprófs				Gildissvið							
				Stúfsuða í plötuefni				Stúfsuða í rör			
				Soðið frá annarri hliðum: bs		Soðið frá báðum hlið: ss		Soðið frá annarri hliðum: bs		Soðið frá annarri hliðum: 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 rótarst.	nb	◆	☆	◆	◆	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.

## Grundvallarþættir varðandi skilning á EN 287

PG stöðu (Lóðrétt fallandi).

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 framleiðsluáðstæðum 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

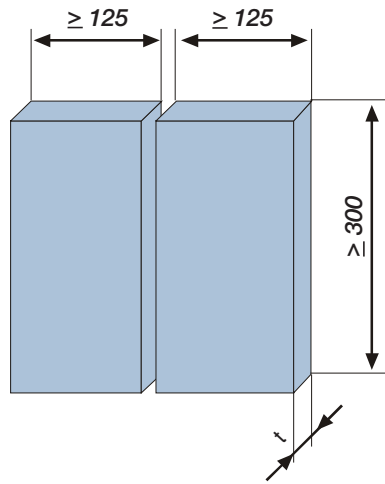
Prófunar- aðferð	Stúfsuður plötuefni	Stúfsuður rör	Kverk- suður
Sjónskoðun Gegnumlýsing	☆ ☆ (1)(5)	☆ ☆ (1)(5)	☆
Beygjuprófun	☆ (2)	☆ (2)	+
Brotprófun	☆ (1)	☆ (1)	☆ (3)(4)
Makróprófun (án pólerunar)	+	+	☆ (4)
Segulduft / sprunguleit	+	+	+

- (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.

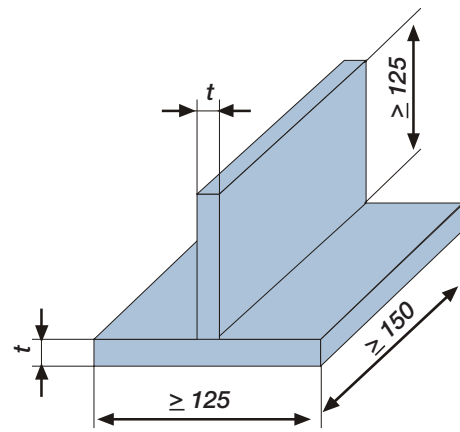
### Skýring:

- ☆ Sýnir að skylda er að nota prófunaraðferðina.
- +

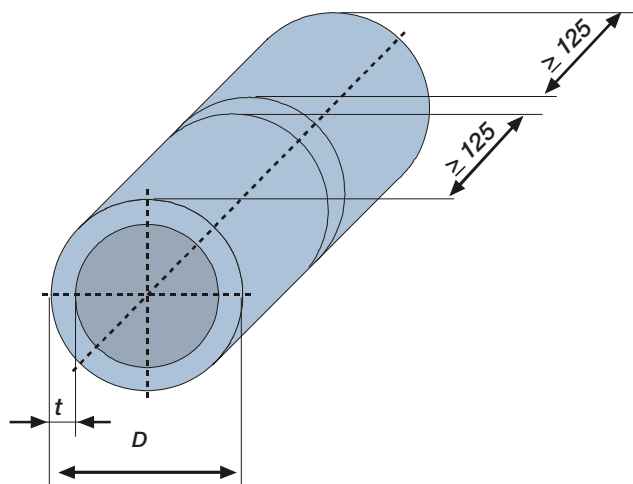
### Prófunaraðferðir



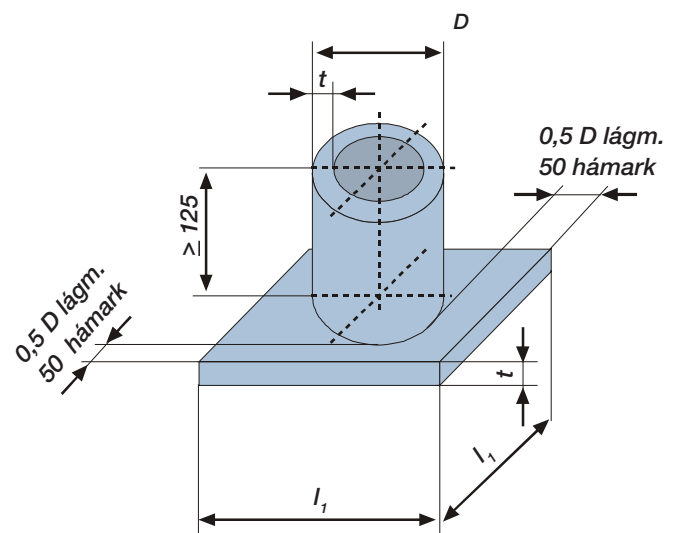
Mál prófstykkja fyrir stúfsuður í plötuefni (mál í mm).



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).

prófun, í vissum tilfellum makróprófun á stúfsuðum.

## Suðuaðstæður

Suðuprófið á að líkjast aðstæðum í framleiðslunni og skal soðið samkvæmt bráðabirgða- eða samþykktri suðuferilslýsingu í samræmi við ÍST EN ISO 1509-1.

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

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

#### Hvað er WPS ?

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

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

#### 1. hluti

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

#### 2. hluti

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

#### 3. hluti

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

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

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

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

## Hvenær og hvernig hefur

### ÍST-EN 288 áhrif á suðumanninn?

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

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

## Samantekt yfir gerð suðuferilslýsinga, WPS

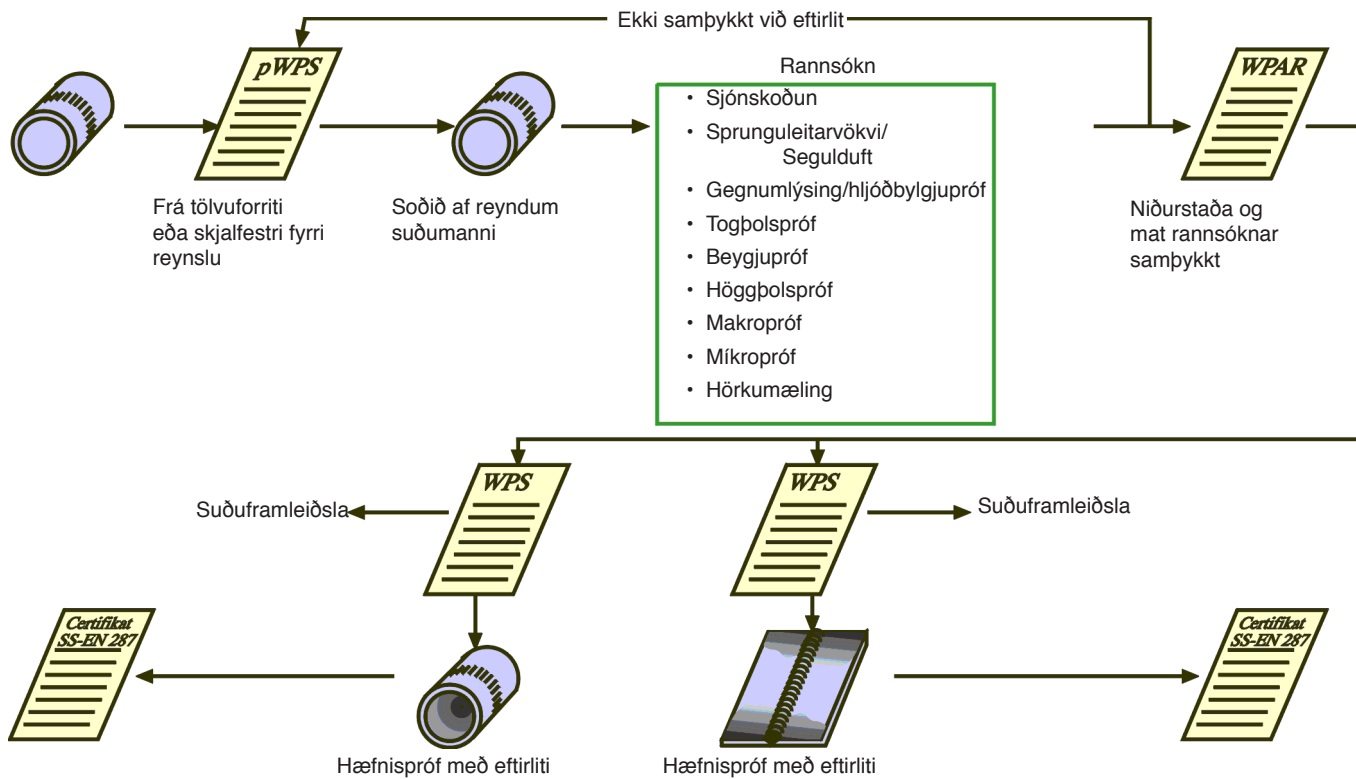
pWPS (ÍST-EN 288)

WPAR (ÍST-EN ISO 15614-1)

WPS (ÍST EN ISO 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 288-3.



SAMANBURÐARTAFLA	
Stálflokkar	
Hæfnispróf samkv. EN 287	Ferilspróf samkv. EN-15614-1
W01	1
W02	4, 5, 6
W03	2, 3, 7 Þó ekki stál með $5% < NI \leq 9%$ <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 varmaaffræðilega 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



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

### Framleiðsla stáls

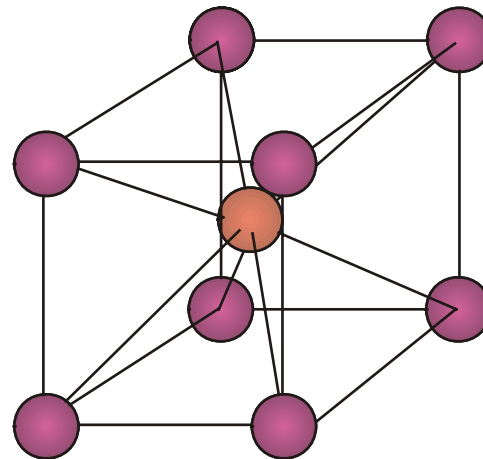
Í kafla G3.2.2. er fyrsta hluta stálframleiðslunnar lýst.

#### Járn-kolefnislínuritið

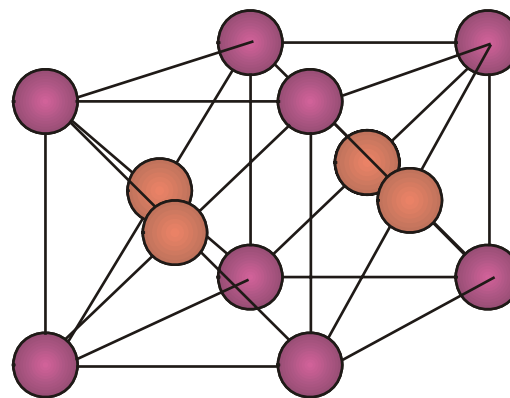
##### Uppbygging

Við stofuhita hafa járnkristallar uppbyggingu sem er kölluð *miðfyllt*. Sjálfur kristallinn líkist teningi, með járnatómi á hverju horni, samtals 8 stk. Að auki er atóm í miðjum teningnum og þaðan kemur nafngiftin, miðfyllt (eða *BCC* = Body Centred Cube eins og það heitir á ensku). Í þessu ástandi er málmurinn mótanlegur og segulnæmur.

Hreinn járnkristall er kallaður *ferrít* og getur bara bundið (tekið til sín) lítið magn kolefnis. Ef þessi kristall er hitaður upp í  $+910^{\circ}\text{C}$  (*efri breytimörkin*) breytist uppbygging hans úr ferrítiskri 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).



Miðfyllt bygging (BCC).



Flatarfyllt bygging (FCC).

Í þessu ástandi getur kristallinn bundið mun meira kolefni, að því tilskildu að kolefni sé til staðar.

Og þá byrjum við upp á nýtt.

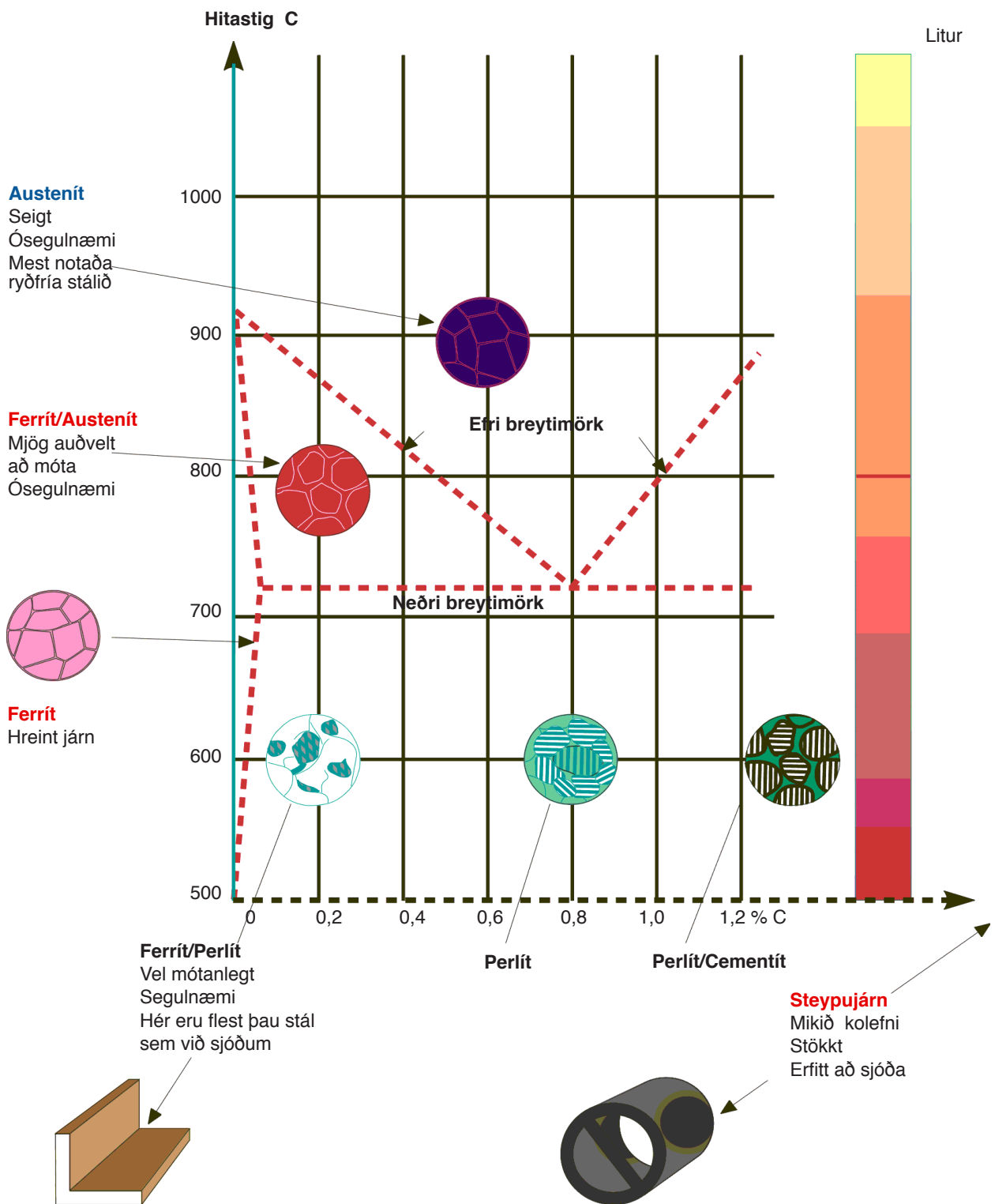
Hreinn járnkristall er kallaður ferrít. En ef kolefni er bætt í hann breytist innihald kristalsins. Kolefnið þarf sitt pláss, sem það fær í flöguformi. Þessi uppbygging járn og kolefnis er kölluð **cementít**, það getur haft allt að 6,67% kolefni, og heitir á efnafræðimáli ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ).

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 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 sjálfsögðu.

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

Við ljósbogasúðu er farið yfir bæði 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, efnasamband járn (Fe) og kolefnis (C). Til þess að mega kallast stál á kolefnismagnið að vera minna en 2%. Í suðuhæfu kolefnisstáli á magnið ekki að fara yfir 0,25%.

Kolefnismagnið stýrir að miklu leyti eiginleikum óblöndaðs stáls, t.d. seiglu, álagsþoli og hörku.

Fyrir utan kolefni er, í óblönduðu stáli, alltaf visst magn kísils, mangans, fosfórs og brennisteins. Þetta eru snefilefni sem koma frá þeim brotamálmi sem er notaður við stálframleiðsluna. Þrátt fyrir hið lága hlutfall þeirra, nokkra þúsundustu hluta, geta þau haft mikil áhrif á eiginleika stálsins.

### Flokkun

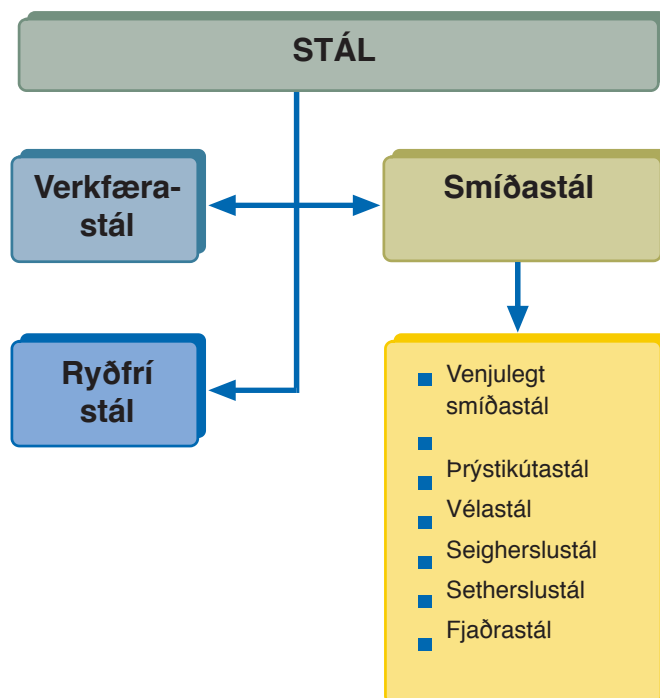
Stáli er skipt í þrjá flokka eftir notkunarviði:

**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 mólýbden 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 - mikroblönduð 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 titáni í stálið. Í báðum tilfellunum í köfnunarefnissambandi (AlN eða TiN). Þessi íblöndunarefni setjast á *kornamörkin* og valda því að kornin verða lítil og seig.

*Míkróíblöndun* þjónar sama tilgangi, þ.e.a.s. að minnka kornin. Hér er notað níob eða vanadíum + köfnunarefni (NbN eða VN).

Míkróíblöndun 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 uppbyggningar.

Króm og bór (B) er notað til að gera stálið herðanlegt.

## Hita- og vélunnin stál (TMT-stál)

Eins og nafnið gefur til kynna eru þessi stál vélunnin, oftast með völsun og við ákveðið hitastig. Þau eru míkroblönduð með níob, titán 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 skriðdrekaþrum er að mestu leyti TMT-stál.

## Kaldmótunarstál

Kaldmótunarstál er frampróun ákveðinna kol- og kolmanganstálgerða, ásamt míkroblönduðu smíða-stáli, 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 flat-stangir. Það hefur betri beygjuhæfni en eldri stálin (þolir minni beygjuradíus) og tiltölulega lág brotmörk en mikla brotlengingu.

Ástæðan fyrir hinum góðu beygjueiginleikum er að stálið inniheldur fá og smá brennisteinssambönd með t.d. seríum, kalsíum og titán.

## Þrýstikútastál

Eins og nafnið gefur til kynna er það notað við gerð þrýstikúta og þrýstilagna.

## Gallar í málumum

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

Það koma fyrir ýmsir gallar (brestir) í málumum, 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 færist örlítið til.

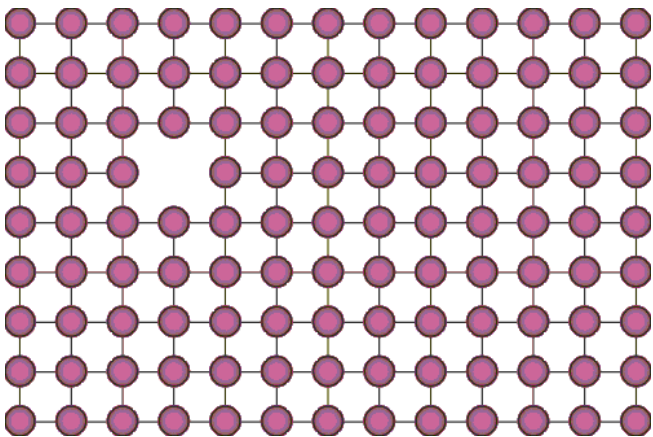
Ef efnið verður fyrir tog- eða þrýstispennu getur það smám saman leitt til sprungumyndunar.

*Óboðin atóm* er einnig hægt að líta á sem galla. Efni eins og brennisteinn, fosfór, kolefni og köfnunarefni hafa lítil atóm sem geta „þrengt“ sér á milli járnatómanna.

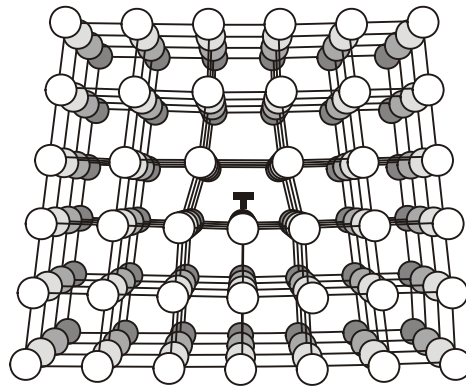
Enn ein gerð galla eru *misfellur*, en það má segja að þær séu duttlungar náttúrunnar. Þeim er hægt að lýsa sem aukalagi af atómum sem getur tekið enda hvar sem er í kristallinum.

Allir málmar hafa fjölmarga innbyggða galla og þeir stefna í allar mögulegar áttir. Á meðan efnið afmyndast ekki (breytir lögun) eru misfellurnar hlutlausar, en strax og álag kemur til, þá er það við misfellurnar sem efnið gefur eftir. Efnið verður *teygjanlegt*.

Misfellurnar færast þá yfir á næsta atómlag, flytja sig um eitt skref eða um eitt atóm í kristallinum, og ef álagið helst, færast þær í gegnum allan kristallinn. Þá verður varanleg aflögun. Kristallinn breytist *plastískt*, hann breytir varanlega um lögun.



Í holrými vantar atóm.



*Misfellur eru aukalag atóma sem getur færst í gegnum efniskristallinn.*

Misfellur ásamt öðrum göllum verða þess valdandi að efnið hefur þessa ummyndunareiginleika, þ.e.a.s. hæfileika þess til að breyta um lögun. Ef efnið væri alveg fullkomið, án þessara „meðfæddu“ galla, þá væri hægt að gera stálið margfalt sterkara!

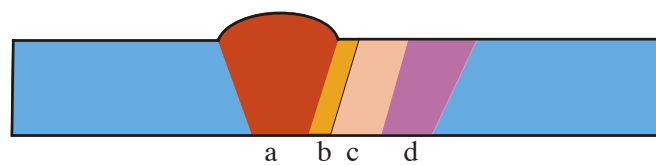
En gallarnir eru til staðar, og ef við viljum fá sterkara efni verður að losna við gallana með einhverjum hætti.

Og þá komum við aftur að herslunni, en e.t.v. að annars konar herslu en lýst er í járnkolefnislínuritinu.

## Áhrif suðunnar

### Áhrif suðu á vinnsluefnið

Við suðu verður vinnsluefnið næst bráðinni fyrir miklum hitaáhrifum. Þetta svæði er kallað hitaáhrifasvæðið eða HAZ (Heat Affected Zone) á ensku.



HAZ er þó ekki einsleitt svæði heldur verður hver hluti svæðisins fyrir mismunandi áhrifum.

**Suðumálmur (a).** Sá hluti vinnslustykkisins sem hefur bráðnað við suðuna og blandast suðuefni.

**Innbræðslusvæði (b).** Sá hluti suðumálmsins sem var vinnsluefni fyrir suðuna.

**Kornavaxtarsvæði (c).** Sá hluti vinnsluefnisins þar sem kornastærð efnisins hefur breyst.

**Formbreytingasvæði (d).** Sá hluti vinnsluefnisins sem tekið hefur breytingum án þess að kornastærðin hafi aukist. Normalglóðun á sér stað á hluta svæðisins.

Ofhitað svæði myndast í vinnsluefninu og suðu þegar hitinn fer yfir ca. 1050°C.

Uppbyggingin verður grófkornótt á þessu svæði, sem er galli, þar sem það þýðir minni seiglu og meiri hörku þ.e. stökkara efni.

Því lengur sem vinnsluefnið er á þessu hitasvæði, því grófkornóttara verður það.

(Sjá meira í kafla E5.2.1.)

misfellur, þetta er m.a. það sem skeður við íblöndun.

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

### 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.

### 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.

Íblöndunar-efni	Magn %	Efnatákn	Eiginleikar
<b>Kolefni</b>	0,1-0,3	C	Harka og álagsþol vaxa með auknu magni kolefnis, á meðan seigla, höggþol og suðuhæfni minnkar.
<b>Kísill</b>	>0,15	Si	Eykur álagsþolið og hersluhitastigið, ásamt því að jafna efnablönduna í efninu í heild. (0,15% Kísill= þettað stál).
<b>Mangan</b>		Mn	Eykur álagsþolið og slitþol.
<b>Krómi</b>		Cr	Eykur hörkuna, hitaþolið ásamt seiglunni. 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. (Krómi eykur stöðugleika ferríts – stökkt).
<b>Nikkel</b>		Ni	Eykur álagsþol og seiglu. (Nikkel eykur stöðugleika austeníts – seigt).
<b>Mólybden</b>		Mo	Eykur hörku, höggþol, álagsþol ásamt hitaþoli
<b>Wolfram</b>		W	Bætir herðanleika. Myndar með kolefni harða wolframkarbíta.
<b>Kóbolt</b>		Co	Eykur álagsþol og seiglu. Bætir tæringarmótstöðuna
<b>Vanadín</b>		V	Eykur álagsþol og seiglu Bætir efnisuppbýggingu.

**Fráskiljuhersla/sameindahersla**

Ál og jafnvel aðra málma er hægt að *fráskiljuherða*. Þá er efnið hitað upp, og það veldur enduruppþróðun atómanna. Þetta ferli er nokkuð tímafrekt og er því einnig kallað *öldrun*.

Enduruppþróðun 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 málmarir eru glóðhitaðir minnkar þéttleiki misfellanna og málmurinn mýkist aftur.

**Eykur flotstyrk – minnkar seigluna****Fínkornameðhöndlun/Kornamarkahersla**

Fyrir stál er *kornamarkahersla* einnig algeng. Það er alþekkt að stór korn (kristallar) eru stökkari og hafa minna álagsþol en smá. Stálið fær við framleiðsluna og við suðu, stærri og þar með stökkari korn.

Stórum kornum má líkja við „hraðbraut“ fyrir misfellur, sem komast á skrið og ryðja sér inn í næsta korn.

Smá korn bjóða hins vegar bara upp á stuttar leiðir og misfellurnar hægja á sér við kornamörkin. Fínkornótt efni hefur þar að auki mun stærra samanlagt kornamarkayfirborð en grófkornótt, og fínkornótt efni þarf því mun meiri spennu („meiri kraft“) en það grófkornótt til þess að formbreytast. Það er vegna þess að misfellurnar safnast við kornamörkin og reyna að hrinda hver annarri á brott. Sú spennu 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 Materiallára.

*EWS-efni* – Tomas Thulin - Lernia

**GAS**  
**Áfangi G 3**  
**G 3.2 bóklegt nám**





## G 3.2.1 Eftirlit og prófun (E7.2.3, M5.2.5, T5.2.5)

### Upprifjun: Suðugallar

Sjá kafla G 3.2.5.

### 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 ISO 5817 skilgreinir suðugæði í þremur mismunandi flokkum:

- B -Hár
- C -Meðal
- D -Lágur

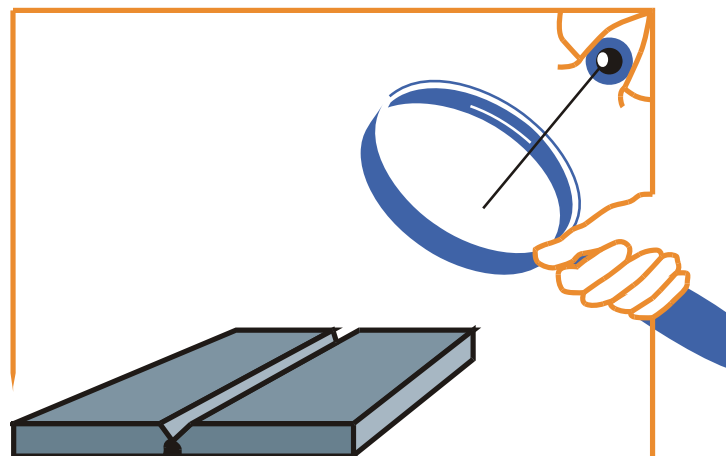
ÍST EN ISO 6520 gefur frekari skýringar/lýsingu á einstökum göllum í suðum á stáli.

### Sjónrænt eftirlit

Algennt er að þessu sé skipt í þrjá þætti: fyrir, á meðan og eftir suðuna.

#### Fyrir suðuna er gengið úr skugga um:

- Að lögun fúgunnar sé í samræmi við kröfur
- Að yfirborð fúgunnar og aðliggjandi svæði séu hrein og án galla
- Að þeim hlutum sem á að sjóða saman sé rétt stillt upp og vel fest



#### Á meðan soðið er skal gengið úr skugga um:

- Að millistrengir fái fullnægjandi innbræðslu í grunnefnið og fyrri strengi við fjölstrengjasuðu
- Að uppgefið vinnsluhitastig sé rétt
- Að millistrengjahitastig sé rétt við fjölstrengjasuðu
- Að meðhöndlun suðuefnis sé rétt samkvæmt leiðbeiningum

#### Eftir suðuna er gengið úr skugga um:

- Að vinnslustykkið sé hreinsað og laust við suðulús, gjallleifar 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. steinolía, 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 *rauður*, *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 sprunguleitarvökvan eins og þerripappír og sést hann þá eins og strik í framköllunarvökvanum

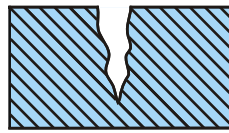
### Segulduftsprófun

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. steinolíu.

### Sprunguleitarvökvi



Yfirborðið er hreinsað.



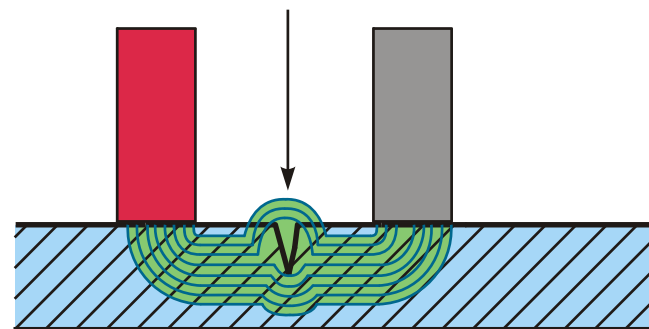
Vökvinn þrengir sér niður í sprunguna.



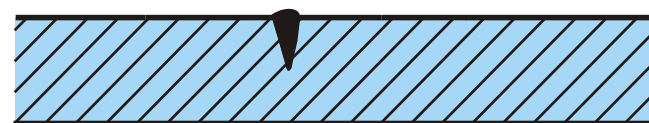
Umframvökvinn er fjarlægður.



Framköllunarvökvinn dregur upp sprunguleitarvökvan og lítast af honum.



Segulduftsprófun.



Járnsvarfið safnast yfir gallanum.

## Innri rannsóknir á suðum með skaðlausum prófunum (Röntgen)

„Gegnumlýsing“ til leitar innluktra galla. Hentar öllum efnum.

Við gegnumlýsingu, röntgen, er nýttur sá eiginleiki röntgengeisla að geta, með sinni stuttu bylgjulengd, farið í gegnum efni.

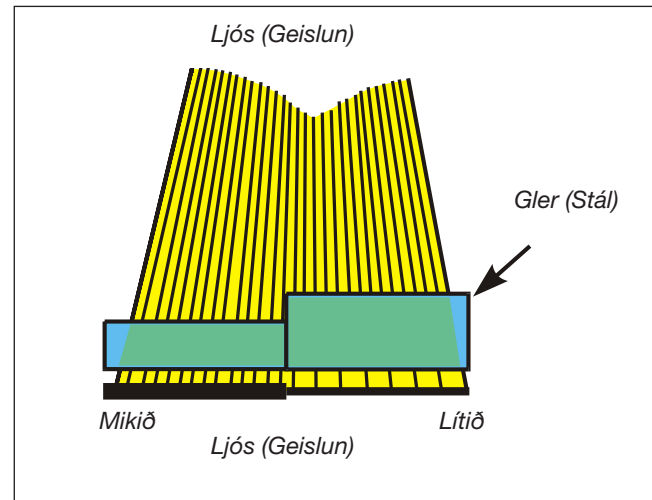
Ef borið er saman við venjulegt ljós, er margt sameiginlegt. Ljósgeislar komast jú í gegnum gler. Reyndar komast ekki allir geislarnir í gegn, hluti þeirra endurspeglast af yfirborðinu og hluti þeirra stöðvast í glerinu.

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.

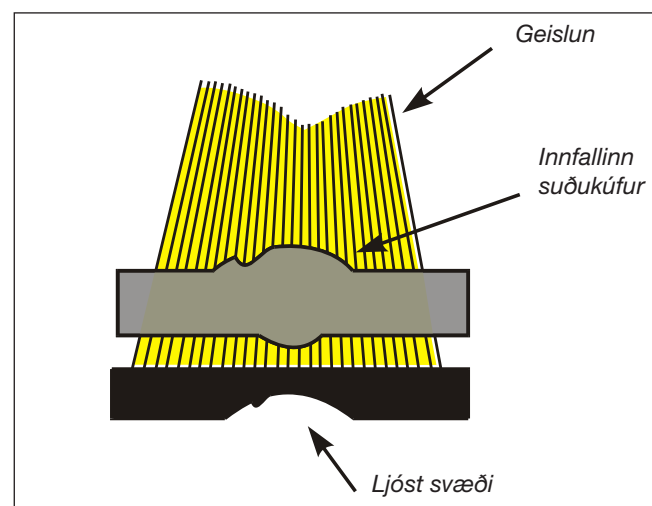
Ef ljósmyndafilma væri sett undir glerið sem lýst var í gegnum, (mynd 1), fengist dökk „negatíva“ þar sem glerið var þunnt og mikið ljós náði í gegn og ljósari þar sem glerið var þykkara. Röntgenfilman bregst við á sama hátt; þau svæði þar sem mikil geislun kemst í gegn verða svört, á meðan svæði undir 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.

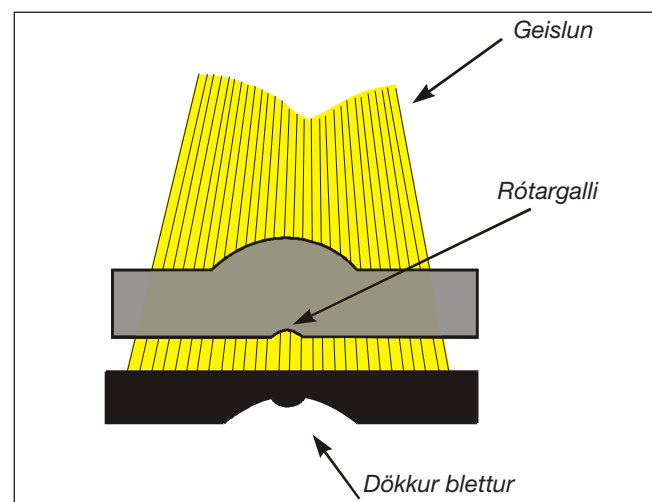
Ef þar að auki er að finna staðbundnar þynningar í efninu, t.d. rötargalla, myndast dökkur blettur á filmunni (mynd 3).



Mynd 1. Filma er sett undir glerið.



Mynd 2. Aukning efnisþykktrar, myndar ljósari svæði.



Mynd 3. Efnisþynningar mynda dökkri svæði á röntgenmyndinni.

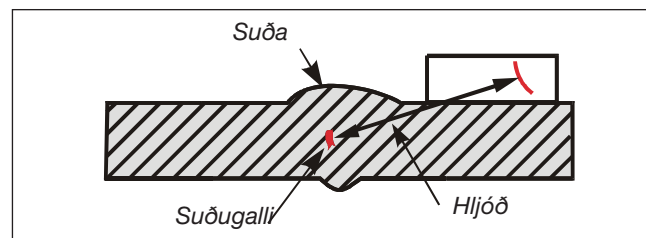
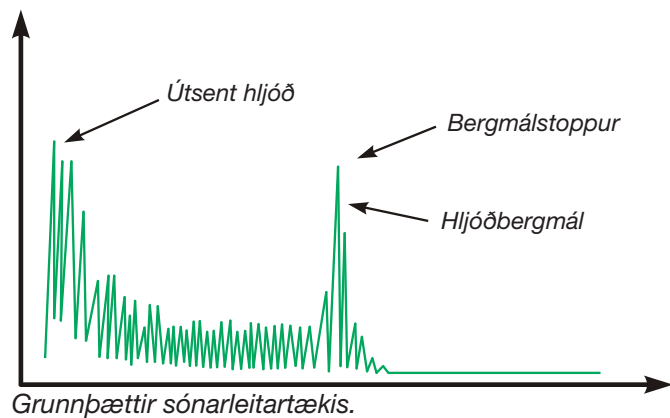
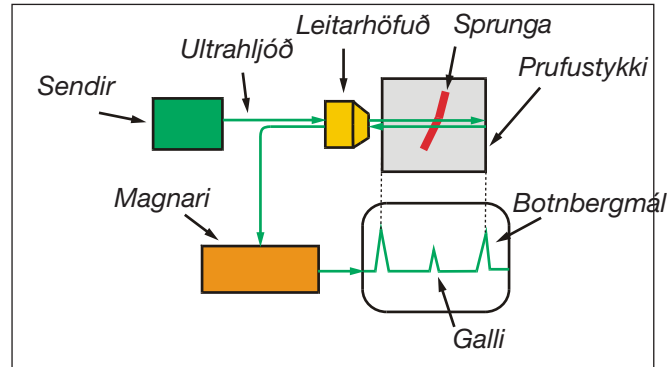
## Innri rannsókn á suðum með hátíðnihljóðbylgjum, (sónar)

Þessi aðferð hentar sérstaklega vel við gallaleit í suðum og efni; til þess að finna innlukta galla, sem og við þykktarmælingar. Aðferðin hentar síður við austenítískt efni.

Þessi aðferð byggir á sömu tækni og bæði fiskileitartæki 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.



Toppur í grafinu bendir til galla í suðunni. Hljóðbylgjurnar eru sendar inn með ákveðnu horni.

## Hvirfilstraumsprófun (Spanstraumsprófun)

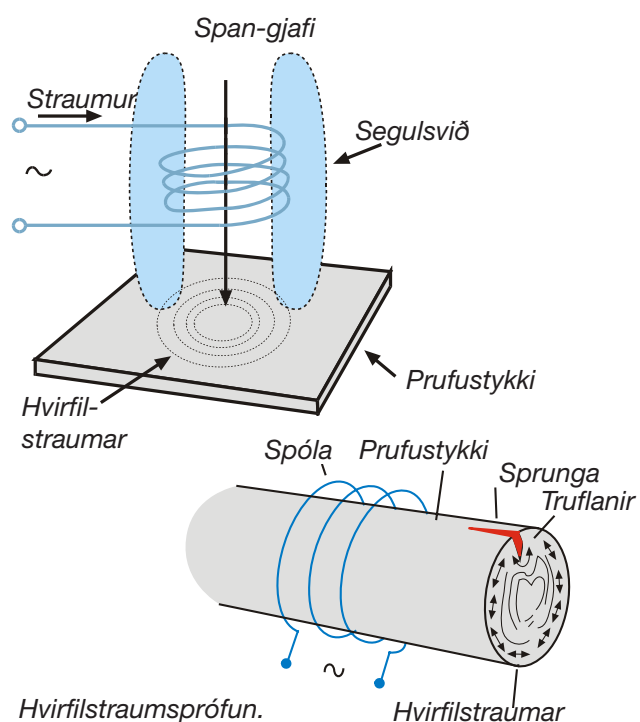
Hvirfilstraumsprófun er oftast notuð sem sjálfstýrð prófun á rörum. Hentar bæði til að finna yfirborðs- og innlukta galla.

Við prófun verður prufustykkið að fara annaðhvort í gegnum eða alveg upp við spangjafann, sjá myndir til hægri. Riðstraumsgjafi er tengdur við spangjafann og rafsegulsvið myndast í honum. Þegar segulsviðið fer í gegnum prufustykkið myndast þar hvirfilstraumar sem hafa áhrif til baka á mótstöðu 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 áðurnefnda eiginleika í prufustykkinu.

Sveiflurnar í mótstöðu spangjafans eru samt svo litlar að það verður að magna þær verulega upp svo hægt sé að lesa úr þeim.



## 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.

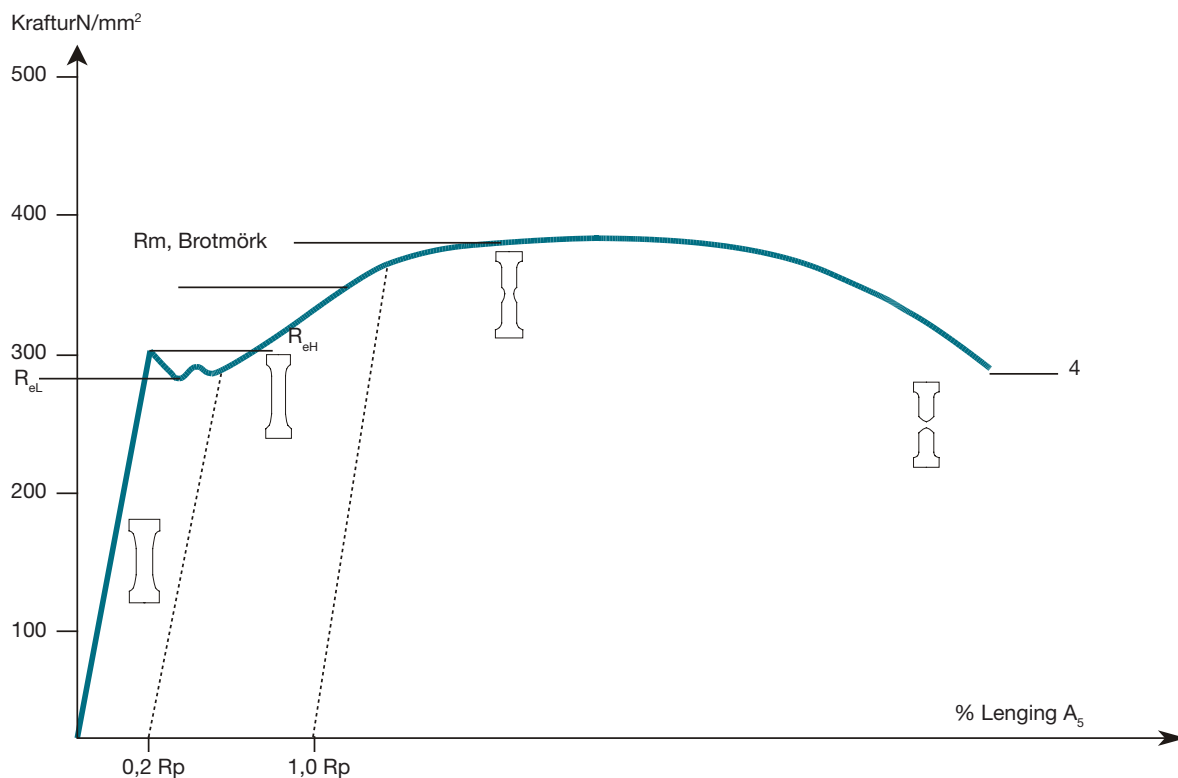
Þessi lenging er skráð í vélinni sem ritar graf af prófunarferlinu. Álagið eykst jafnt og þétt þar til prófstafurinn brestur, sjá graf fyrir neðan.

Þær upplýsingar sem fást með togþolsprófun eru:

- Það álag sem efnið þolir áður en það brestur ( $R_m$ )
- Hve mikil lengingin verður við vissu 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.

Údráttur 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	Smíðastál	50 (50)-250 (250)-500	220 200 200	240 220 220	360-460 360-(460) 360-(460)	27 25 24
13 12-03	Ómeðhöndl. eðahitameðh.	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

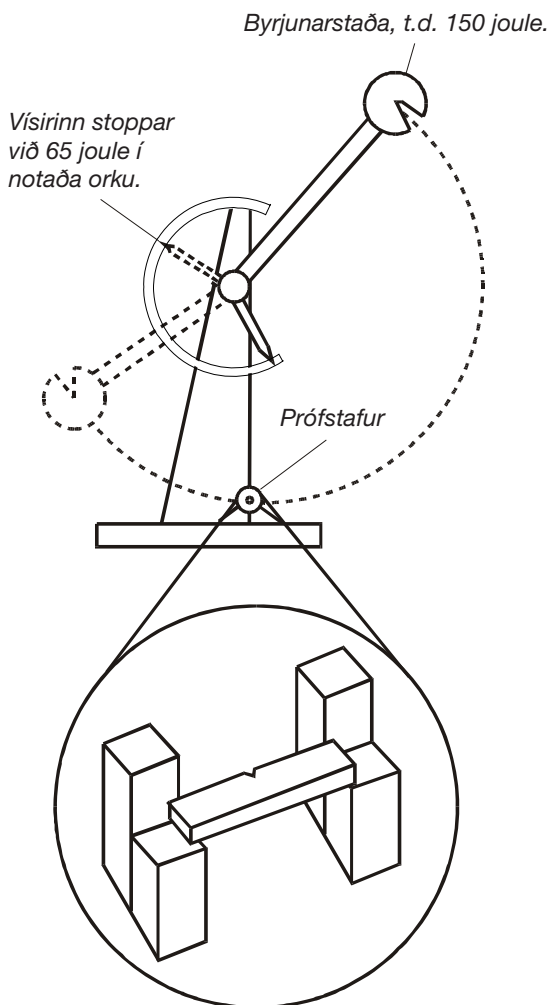
Höggpolsprófun er gerð til þess að meta hve stökkt efnið og suðuskeytin eru.

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 efnnum (Charpy-V)
- U-laga, ætluð stökkum efnnum (Charpy-U)
- Skráargatslöguð, ætluð stökkum efnnum

Með föstum kvarða og vísi sem fylgir pendúlnum 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.

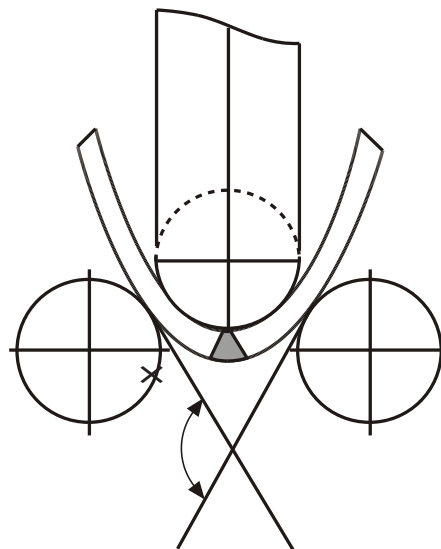
Einnig er hægt að nota prófstafi af öðrum stærðum, t.d. 5 x 5 mm. Þetta er þá gefið upp með kV 150/5.

*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.

Beygjuprófun er notuð til þess að kanna sambræðslu suðuefnis og grunnefnis.

Stúfsuðupróf gerð með MIG/MAG (135) eða gassuðu (311) á að beygjuþróa samkvæmt ÍST-EN 287-1 og SS 06 52 01 sem viðbót við röntgen-myndatöku.

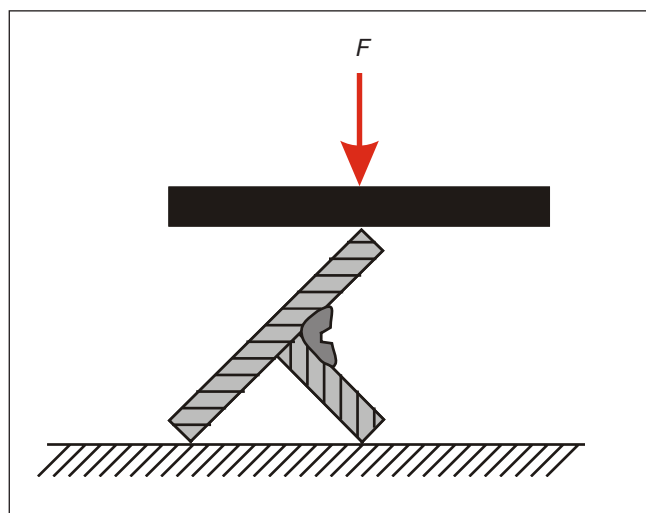
Þegar tekin eru fram WPS samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1 er gert ráð fyrir að prófstafirnir séu beygðir yfir sívala stöng sem er fjórföld efnisþykkt prófstafanna að þvermáli. Stafina skal beygja í 180° (Það geta þó komið til undantekningar vegna ákveðinna grunn- og suðuefna). Í prófstafina mega ekki myndast breistir sem eru meira en 3 mm í nokkra átt. Ekki á að taka tillit til bresta á hornum prófstafanna við mat á prófuninni. Beygjuprófun er ýmist framkvæmd með róthlið eða suðuhlið út.

## Brotprófun

Til að rannsaka gegnheilleika suðuskeytis eftir brot er notað brotpróf til þess að kanna hvort til staðar séu gallar eins og innilukt gjall, loftbólur eða bindigallar. Við suðupróftöku samkvæmt ÍST-EN 287 getur brotpróf komið í staðinn fyrir röntgenmyndatöku (gildir fyrir stúfsuður í rör og plötuefni). Brotpróf er notað við rannsóknir á kverksuðum, aðeins önnur hliðin soðin.

Suðunni sem á að rannsaka má skipta upp í fjóra minni hluta.

Suðukúfinn má slípa burt.

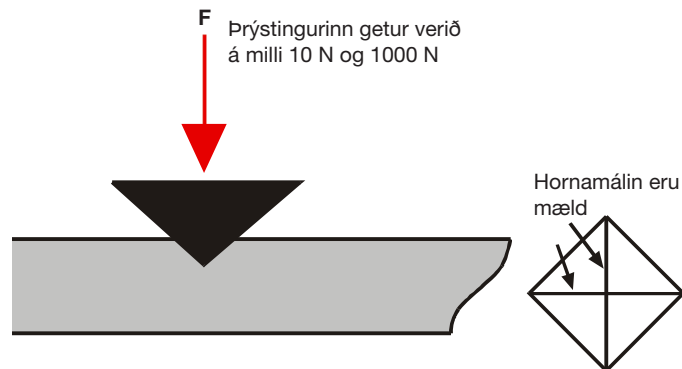


Brotpróf.

## Hörkuprófun

*Fyrir efni og suðuskeyti.*

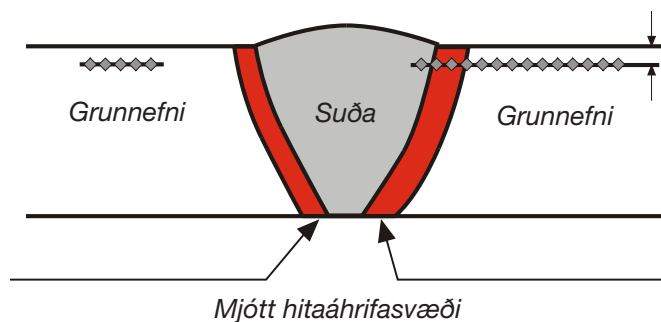
Til þess að mæla hörku efnisins og suðuskeytanna.



Hörkuprófun með Vickersaðferðinni.

Hörkuprófanir eru gerðar til þess að mæla hörku efnis. Með hörku er átt við mótstöðu efnisins gegn „innrás“ framandi hluta. Harkan er prófuð með því að hörðum hlut, ólíkum að lögun eftir mælingaraðferð, er þrýst inn í yfirborð efnisins. Farið, sem verður því stærra eftir því sem efnid er mýkra, segir til um hörku efnisins.

*Hörkuprófun efnis og suðumálm.*



Hörkuprófanir eru m.a. notaðar við prófun suðuferilslýsinga samkvæmt ÍST-EN ISO 15614-1.

Vickers HV 10 er sú aðferð sem notuð er við þær prófanir. Aðrar hörkuprófunaraðferðir eru Brinell og Rockwellpróf. Við prófunina á að marka í suðuna, í HAZ og í grunnefnið til þess að mæla og skrá hörkuna í suðuskeytunum, sjá litlu ferningana á myndinni fyrir ofan.

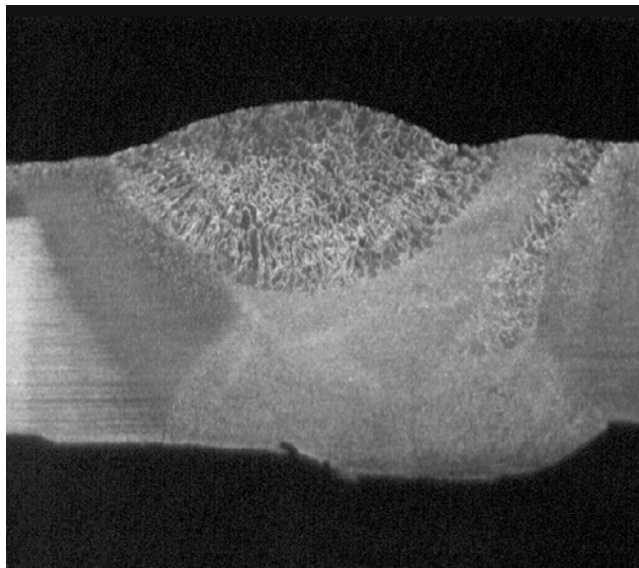
Merkin á að gera samkvæmt myndinni. Útkoma prófunarinnar á að uppfylla skilyrðin samkvæmt töflu 2 í ÍST-EN ISO 15614-1.



## Makróprófun

Til þess að prófa efni og suðuskeyti er hægt að nota makróprófun. Þá er rannsakaður þverskurður suðunnar, gegnheilleiki hennar og innbræðsla í grunn-efnið.

Með makróprófun er reynt að fá mynd af makró-uppbyggingunni í suðuskeytunum. Það á að slípa sárið og fínþússa og síðan er það sýrubrennt þannig að innbræðslan, hitaáverkaða svæðið og hver suðustrengur fyrir sig komi í ljós. Rannsóknin er síðan sjónræn, e.t.v. með prófstafinn stækkaðan 2x og jafnvel er hann þá ljósmyndaður til skjalfestingar í sambandi við prófun WPAR. Í vissum tilfellum er makróprófun gerð á fleti sem aðeins er slípaður, t.d. ÍST-EN 287.



Makróprófun.

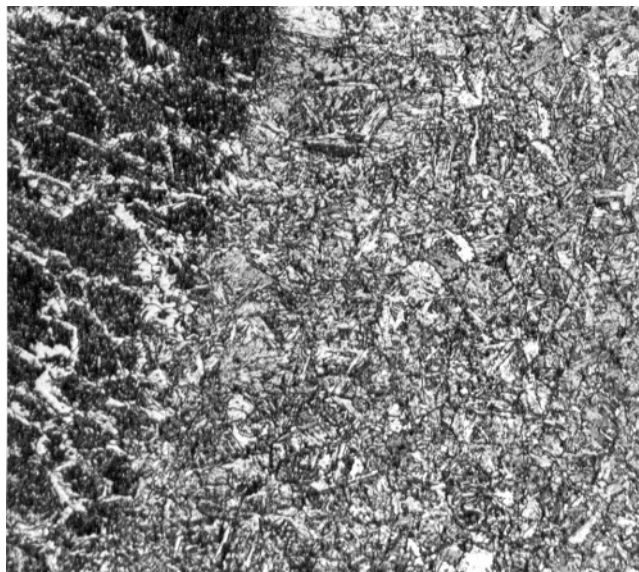
## Míkróprófun

Efni og suðuskeyti er líka hægt að prófa með míkróprófun. Þá er þverskurðaryfirborð suðunnar rannsakað ásamt gegnheilleika og uppbyggingu.

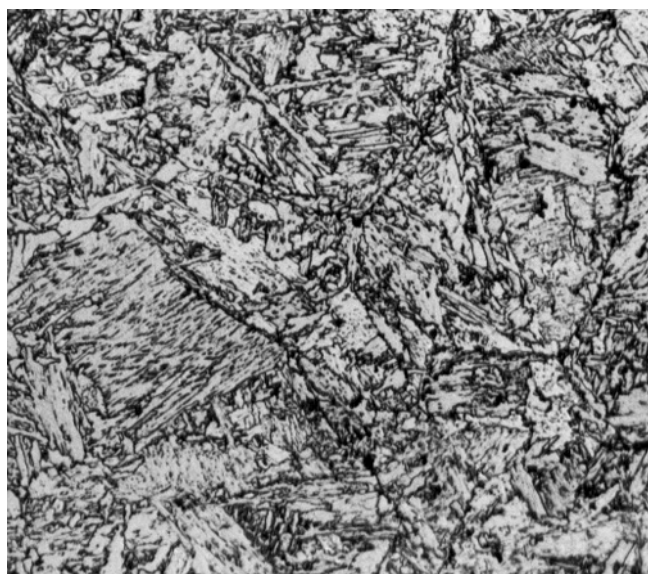
Með míkróprófun er hægt að bera saman uppbyggingu suðunnar, HAZ og grunnefnisins.

Prófstafirnir eru slípaðir, fínþússaðir og sýrubrenndir þannig að suðumálmur og HAZ skilji sig vel frá grunnefninu.

Rannsóknin fer fram í smásjá með 100 til 600 faldri stækkun og oft er prófstafurinn ljósmyndaður til skjalfestingar í sambandi við prófunina.



Míkróprófun, HAZ.



Míkróprófun, grunnefni.



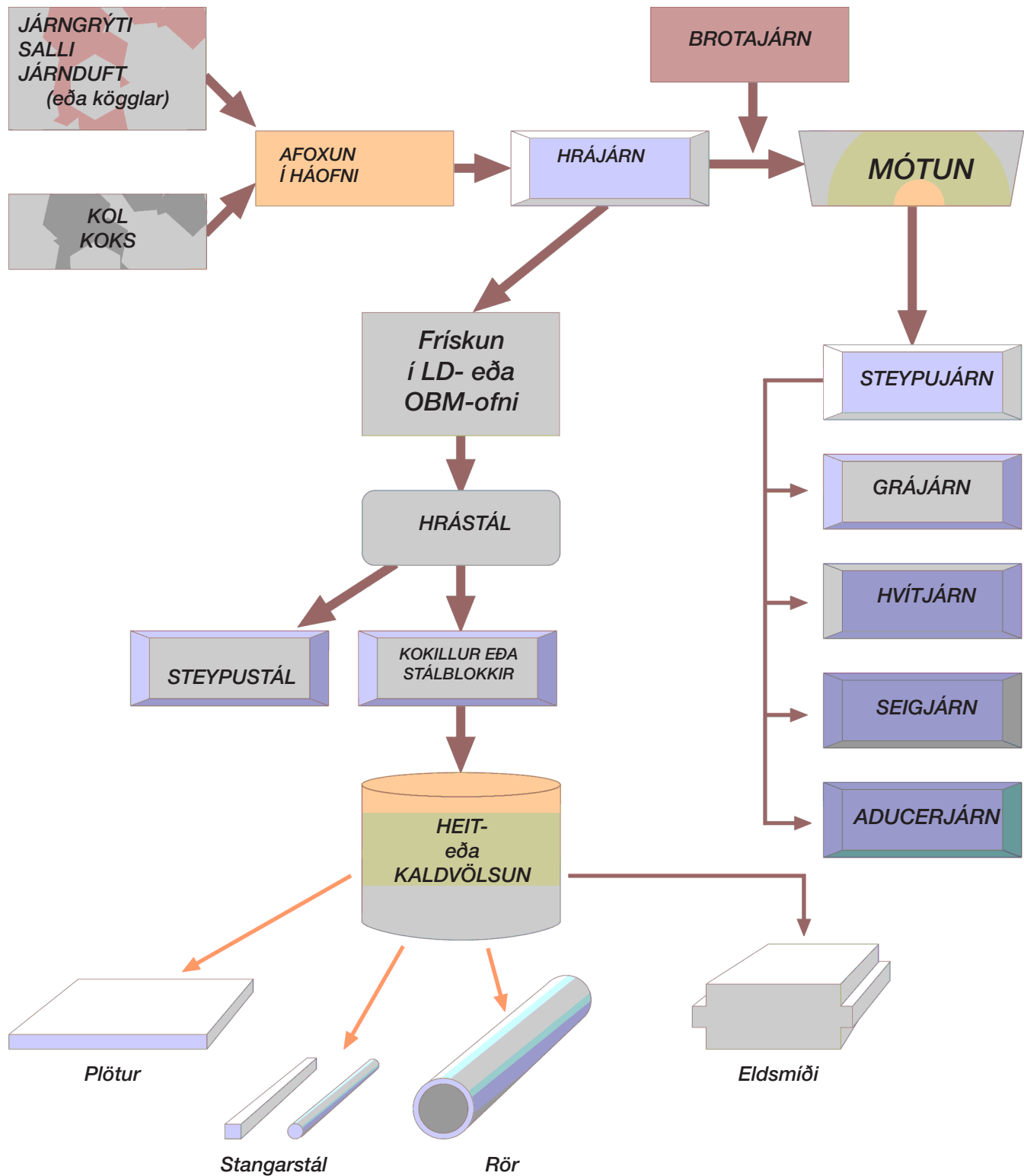
Míkróprófun, suða.

HEIMILDIR:

Suðuprófunargögn Lernia AB

## G 3.2.2 Framleiðslutækni: Plötur og stangaefni úr stáli (E3.2.2, M3.2.2\*, T3.2.2)

### Yfirlit yfir stálframleiðslu



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

Það stál sem við notum er fengið úr járngrýti, 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 járngrýtis er aukið. Í þessu ferli er málmgrýtið malað og það járngrýti 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). Járn-oxíð og koks blandast saman og heitu lofti er blásið inn í neðri hluta háofnsins.

Járn-oxíðið nær háum hita með því að koxsið gengur í samband við súrefni loftsins, en líka við það súrefni sem er í járn-oxíðinu, og úr upphitunni járn-oxíðinu fæst þannig járn.

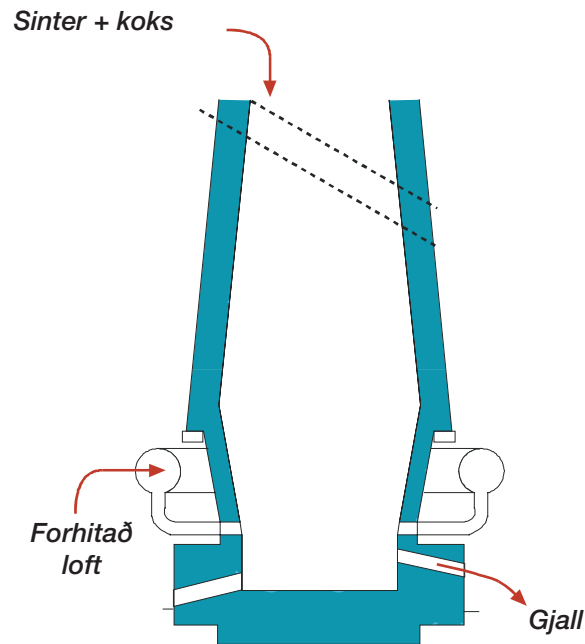
Það *hrájárn*, eða stangajárn, sem nú er fengið inniheldur býsna mikið af kolefni (ca. 3,5%), og þar að auki nokkurt magn kísils, mangans, fosfórs og brennisteins. Hlutfall þessara efna verður að minnka til þess að hægt sé að tala um *stál*. Öðru fremur verður að minnka kolefnið niður fyrir 1,7%.

## Framleiðsla stáls

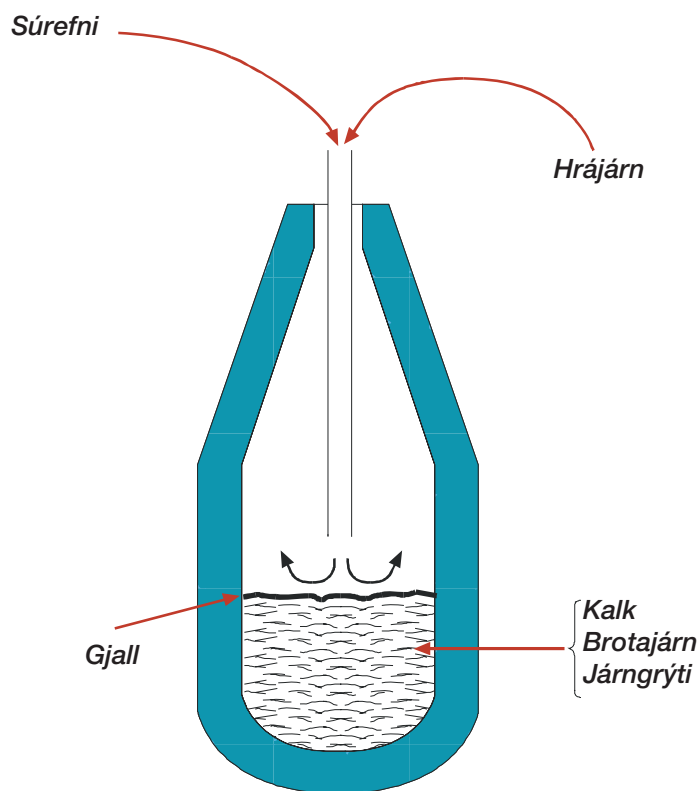
Til þess að fá nothæft stál er hrájárnið meðhöndlað með súrefni. Með súrefninu er bætt í t.d. kalki, til að mynda gjall. Þau efni sem á að fjarlægja bindast súrefninu sem oxíð og safnast fyrir í gjallið.

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

Það kolefni sem losnar við stálframleiðsluna er fjarlæggt sem koltvísýringur.



Háofn



Stálframleiðsla.

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

## Stáldeigljur: Uppbygging Hugtakið hitameðferð Áhrif á eiginleika stálsins

Þegar stálframleiðsluferlinu er lokið er eftir að koma bráðinni í fast form, í deigljur. 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 *deigljur*.

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 deigljunni, en hægt er að valsa þau saman við áframhaldandi vinnslu. Þetta stál er kallað *ópétt*. Kolefni, fosfór og brennisteinn verða eftir í miðju deigljunnar, en við yfirborðið verður minna magn kolefnis og óhreininda. Samsöfnun óhreininda í miðju deigljunnar kallast *skiljun*.

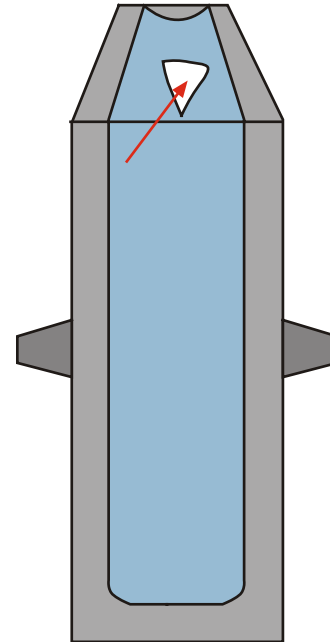
### Þétt (róað) stál

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

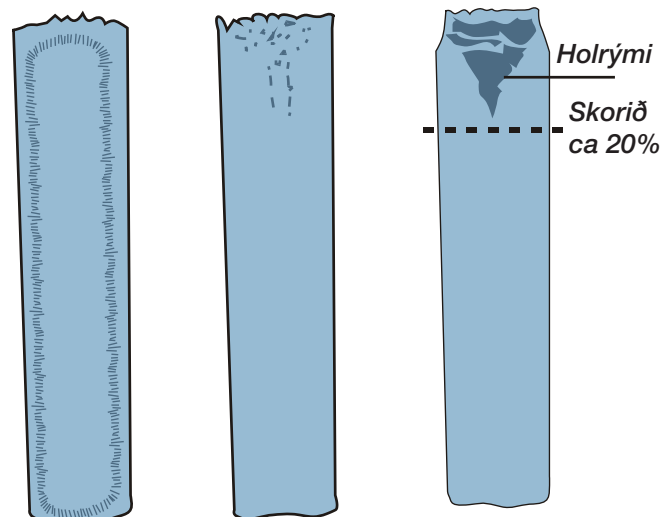
Með sérstökum hætti er efsti hluti deigljunnar látinn storkna síðast, og þar safnast líka óæskileg efni í holrými, „pipe“. Efsti hluti deigljunnar er síðan skorinn af og verður brotajárn. Vegna þessa er ekki öll deiglan nothæf til frekari úrvinnslu.

### Hálþétt (hálfroað) stál

Millstig 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.



Deigla úr þéttu stáli. Takið eftir holrýminu.



Frá vinstri: ópétt, hálfþétt og þétt stáldeigla.

## Stálverkið og völsunarverkið

Pegar 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.

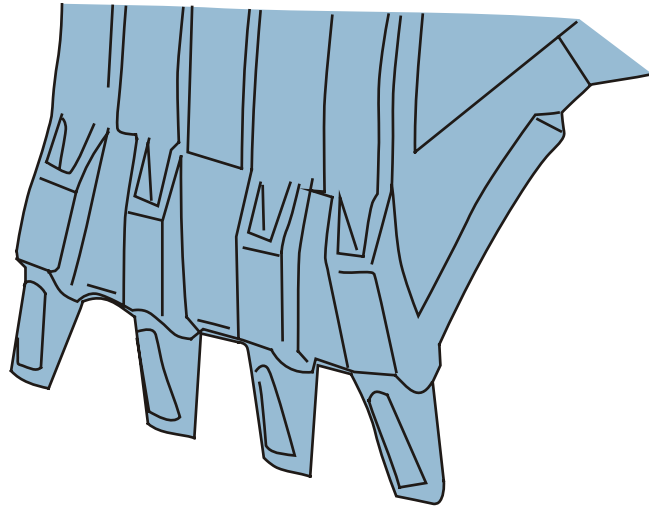
Eiginleikar steypustáls eru nokkuð lakari en hjá völsuðu stáli, en valsaða stálið er mun seigara og hefur hærri brotmörk en t.d. grájárn.

Hlutir úr steypustáli eru til dæmis gámafestingar, gröfutenur 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

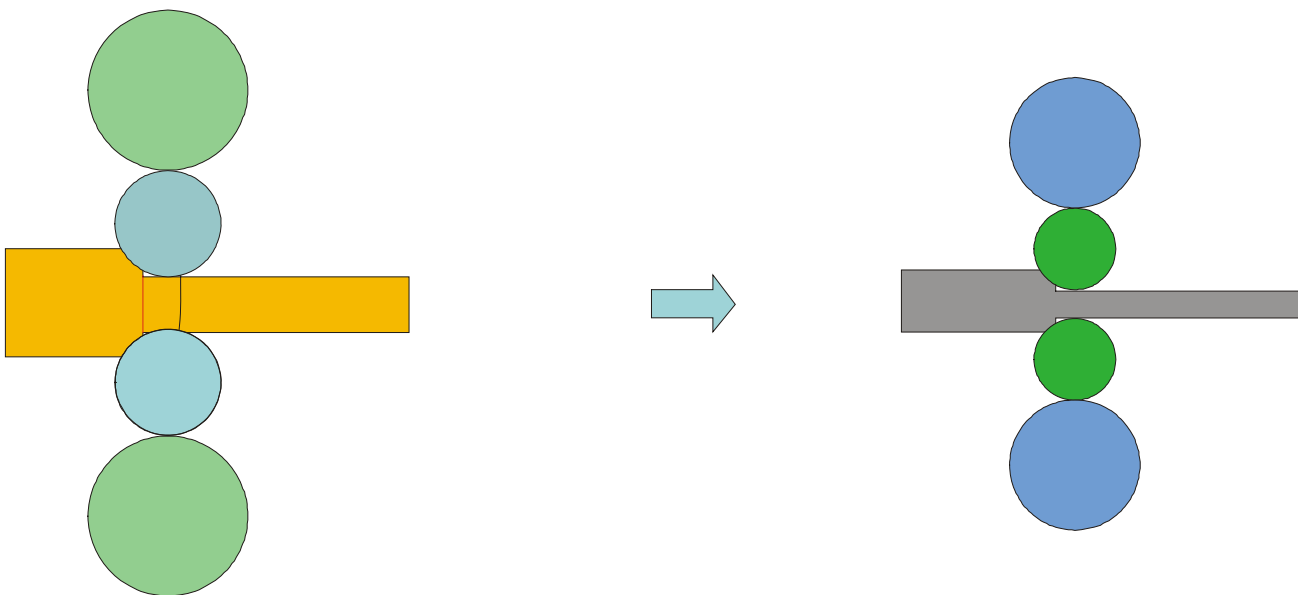


Gröfuskófla með tönnum

auðveldara er að forma stálið, heldur eykur aðferðin jafnvel gæði stálsins. Það grófkornótta stál sem myndaðist í deigluinni 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

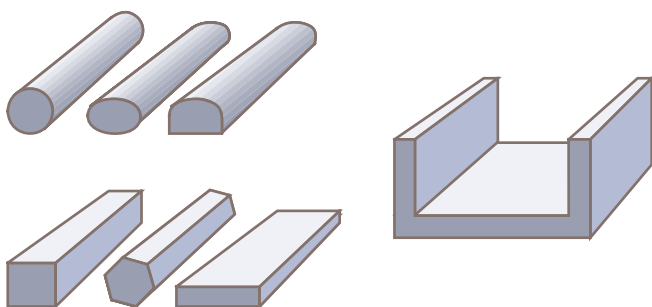
Það eru ekki bara plötur sem eru valsaðar. Margar gerðir stangaefnis eru framleiddar og notaðar við mannvirkjagerð af ýmsu tagi. Það geta verið bitar, sívalt, ferkantað eða flatt stangaefni, sívöl eða ferköntuð rör.

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 þver-skurðarsniði: Sívalt, sporöskjulagað, hálfsporöskjulagað, ferningslagað, fer-, sex- og áttkantað.

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

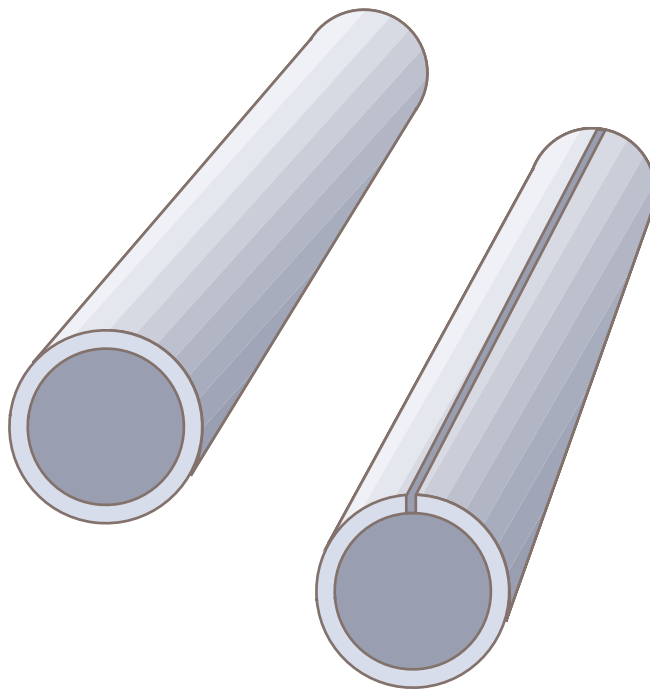


Stangaefni með ólíka lögun.

Þráður er efnisform sem notað er í mörgum gerðum og gæðastigum í suðuefni. Grófari þráður, frá 5 mm og sverari, er framleiddur með heitvölsun. Grennri þráður er framleiddur með *kaldvölsun*. 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 búin til.

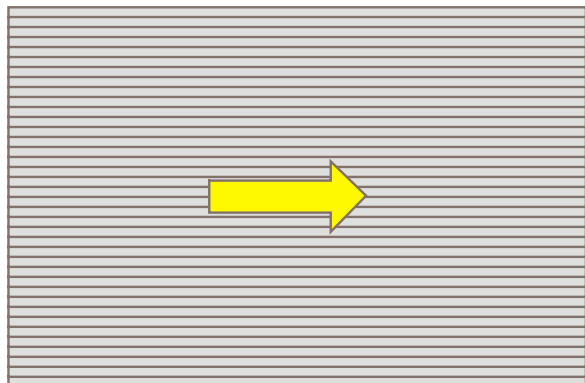
Soðin rör eru gerð úr stálræmum sem eru beygðar eða valsaðar í rörform. Síðan eru samskeytin soðin með heppilegri suðuaðferð.

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

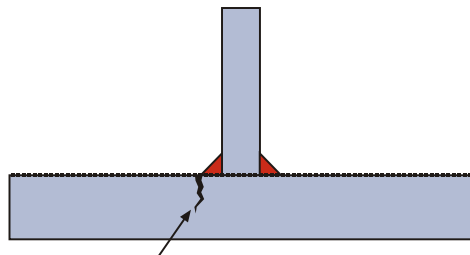
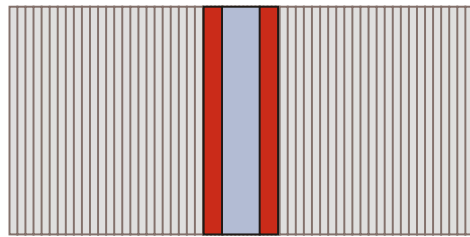
Afbrigði af t.d. ryðfríum rörum er einnig hægt að spíralsjóða. (Meira um röraframleiðslu í E 6.2.1.)

## Yfirborðseiginleikar í völsuðu efni

Valsað efni er afhent annaðhvort sem kald- eða 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 nikkel.

Fyrir suðumanninn er það áriðandi að vera meðvit- aður um völsunaráttina, þ.e.a.s. á hvern veginn för- in eftir valsana liggja. Ef suðan liggur í sömu átt og

valsaförin er meiri hættu á broti meðfram suðunni en ef suðan liggur þvert á völsunaráttina. Þetta þarf að hafa í huga við raufarundirbúning! Ef beygja á stálplötu getur völsunaráttin líka haft mikil áhrif á endanlegt burðarþol smíðahlutarins.

### HEIMILDIR:

*Framleiðsla og vörur* – Stál: Järnbruksförbundet 1985.

*Efnisfræði* : Karlebo Materiallára 1993.

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

## G3.2.3 Suðuskeyti röra (M5.2.2, T5.2.2, E6.2.2)

### Stúfsuðuskeyti í rör: eftir lengdarás eða þvert á, gerð soðinna beygja úr röri

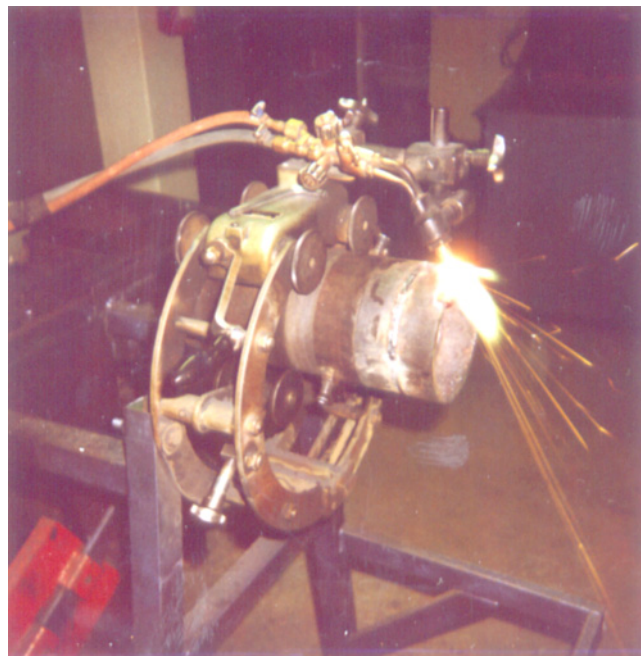
Rörasuða og meðferð röra krefst sérstakrar tækni ef borið er saman við vinnu með plötu- eða stangaefni. Þetta á öðru fremur við um uppstillingu og festingu röraskeytanna og skipulag suðunnar.

### Forvinna við rörasuðu

Skilyrði þess að gæði suðunnar verði bestu mögulegu, er að endar röranna séu skornir vinkilrétt, að fúgan sé fösud (ef þörf er á því) og að rörendarnir séu vel festir áður en byrjað er að sjóða.

### Skurður

Rör er hægt að saga, skera með gasi, plasma eða með skurðarskífu í slípirokk. (Sjá kafla E 2.2.3.)



Rörskurðarvél fyrir gas.

### Fösun

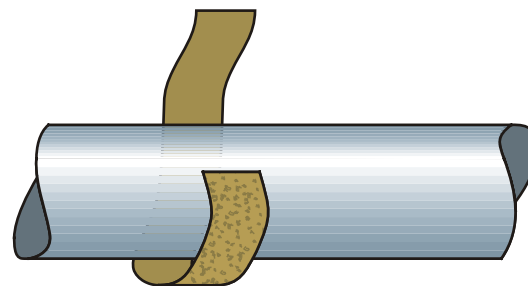
Rör er hægt að fasa í rennibekk, með slípirokk eða með rörskurðarvél sem bæði sagar og fasar rörið í einni aðgerð. Slíkar vélar eru til fyrir flest minni rör.

Rörskurðarvél fyrir gas getur í mörgum tilfellum hentað vel fyrir rör úr óblönduðu og lítt blönduðu stáli. Slík vél getur skorið og fasað í einu. Gallinn er sá að vélin tekur allnokkuð pláss og í notkun er af henni töluvert neistaflug.

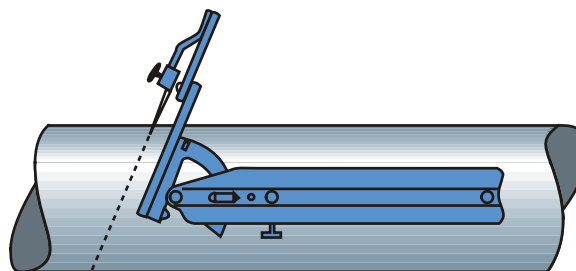
Að skera „fríhendis“ á best við þegar taka þarf göt fyrir greinar eða lúgur fyrir lúgusuðu, einnig ef skera þarf til rör eða beygjur.

Til þess að fá beinan og vinkilréttan skurð er notaður borði af einhverju tagi (slípiband hentar vel). Borðanum er vafið um rörið og hann stilltur af. Síðan er merkt meðfram borðanum, t.d. með krít.

S.k. Contour Marker er hægt að nota til merkingar bæði í 90° og í önnur horn. Að auki er hægt að nota tækið við að merkja fyrir greinum o.þ.h.



Merking með borða.



Contour Marker.



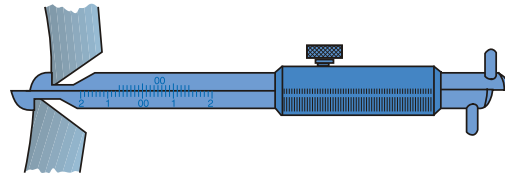
## Festing

Svo rörendarnir passi hver á móti öðrum án misbrýningar verður að festa þá vel. Ódýr rör geta verið misjöfn að þvermáli og þá er best að jafna misbrýninguna út allan hringinn.

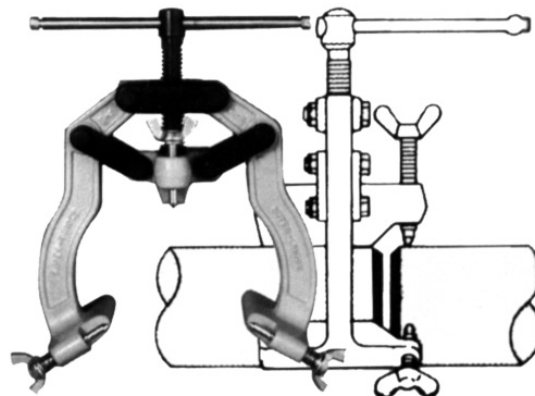
Misbrýningu er hægt að mæla með sérstökum mælum.

Festing með klöfum er aðferð sem er mest notuð á gróf rör. Aðferðin krefst nokkurrar for- og eftirvinnu. Rörin eru lögð í t.d. U- eða H-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 skurðarskífú. Þá er hægt að brjóta klafann af og slípa burt það sem eftir er af suðunni. Sár á rörinu verður að fylla með suðu og slípa slétt.



Mælitæki til að mæla misbrýningu röra.



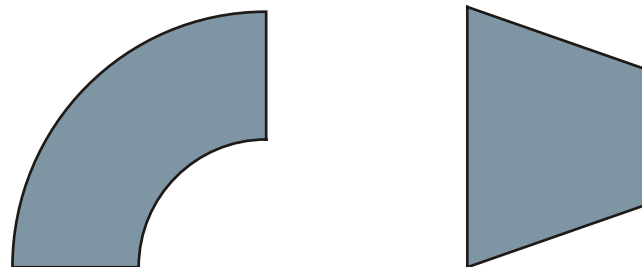
Röraklemma af gerðinni Hajo Super Bridge.

## Rörasuðuklemmur

Mest eru notaðar rörasuðuklemmur af einhverju tagi við roravinnu. Til eru nokkrar gerðir af klemmum sem eru mjög góðar og gefa möguleika á að stilla nákvæmt upp og festa vel. Klemman er fest á annað rörið og hitt stillt á móti því með stilliskrúfunum, sem jafnframt festa það.

Fyrir ryðfrítt efni eru til sérstakar klemmur sem einnig eru úr ryðfríu stáli.

Jafnvel eru til sérstök festiverkfæri fyrir beygjur, trektar og flangsa. Það sem ræður valinu er m.a. suðuáferð, rörastærð, þyngd og gæðakröfur sem settar eru.

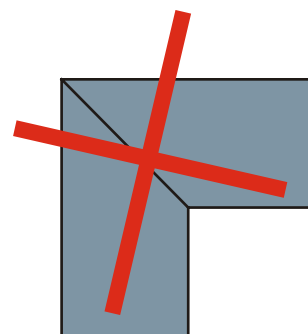


Beygjur og minnkanir eru framleiddar alsjálfvirkir.

## Framleiðsla á rorum og beygjum

Lengdarskeyti á rorum eru soðin í sjálfvirkum vélum (sjá kafla E 6.2.1). Það á líka við um trektar og beygjur, sem með nokkrum undantekningum eru framleiddar alsjálfvirkt.

Hvað varðar beygjur með 90° horni (sjá mynd t.h.) má ekki nota þær í lagnir fyrir olíu, gas, vatn o.s.frv.



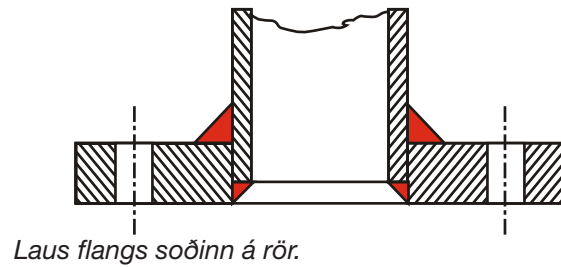
Slíkar beygjur má ekki nota t.d. fyrir olíu.

## Skeyti milli rörs og flangs

Í flestum röralögnum koma fyrir flangsatengi. Þau geta verið af ýmsum gerðum, allt eftir efni og notkunarviði. Hér verða kynntar nokkrar gerðir.

### Suðuflangsar án stúts

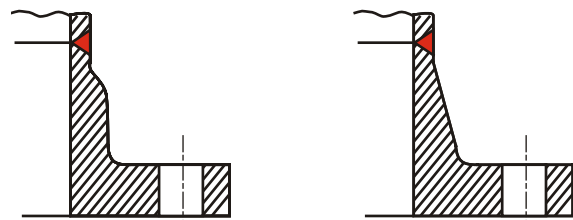
Þetta skeyti felur í sér lausan flangs sem er soðinn beint á rörið, að innan og utanverðu, eða þar sem kröfur eru litlar, bara að utanverðu.



Laus flangs soðinn á rör.

### Suðuflangsar með stút

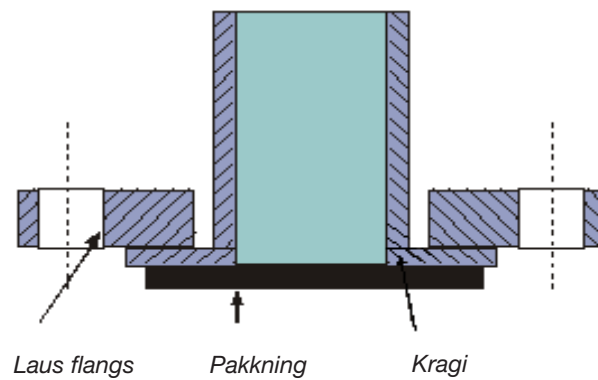
Stútar á flöngsum geta verið misjafnir að lögun. Þeir geta t.d. verið jafnþykkir eða kónískir.



Flangs með jafnþykkum stút t.v. og kónískum t.h.

### Lausir flangsar

Lausir flangsar með tilbúnum krögum eru algengir við rötatengingar úr ryðfríu stáli. Kraginn er soðinn á rörið með flangsinn þræddan uppá. Eftir suðuna eru flangsarnir skrúfaðir saman með pakkningu á milli. Athugið að það er auðvelt að skekkja lausflangsa.



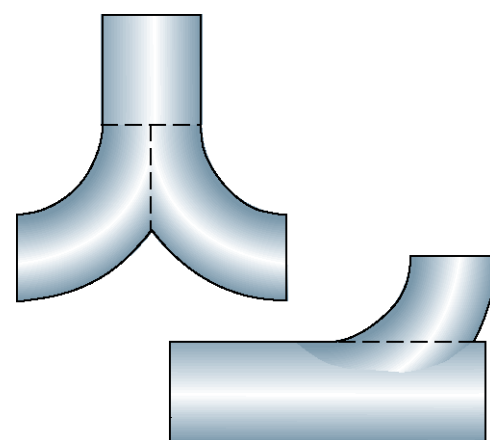
Laus flangs Pakkning Kragi

## 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.



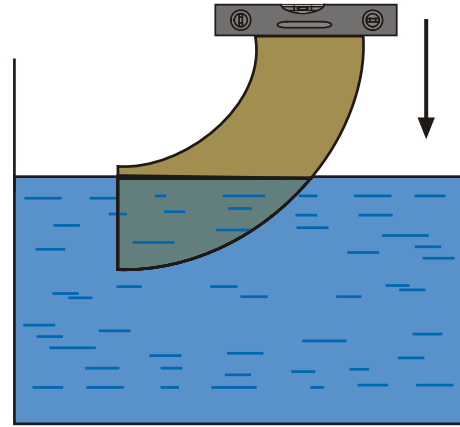
Ólíkar gerðir röragreininga.

## Gerð greinar úr beygju

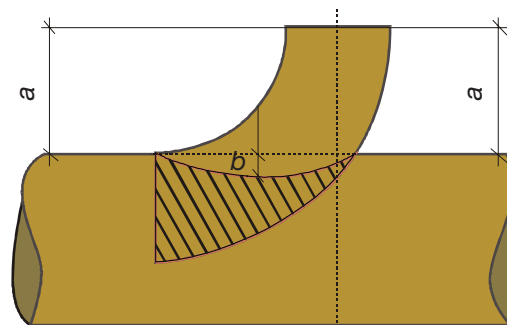
Á stofnrör sem er  $\varnothing 114,3$  mm á að setja mjúka greiningu sem er  $\varnothing 60,3$  mm.

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 beygjuni upp og merkið eftir vatnslínunni með krít og bætið við  $b$ -málinu.
3. Skerið „hnakkann“ af beygjuni (það strikaða á myndinni), svo eftir verði greiningin.
4. Merkið á stofnrörið fyrir greiningunni.
5. Skerið gatið fyrir greininguna á stofnrörið. Stillið saman stofnrör og greiningu og punktið.

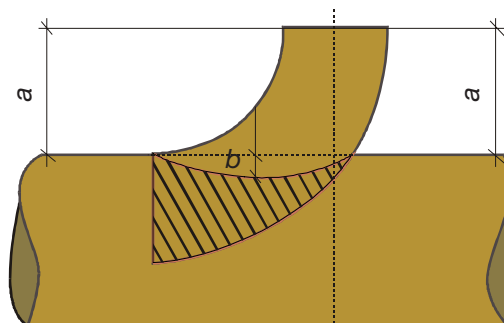
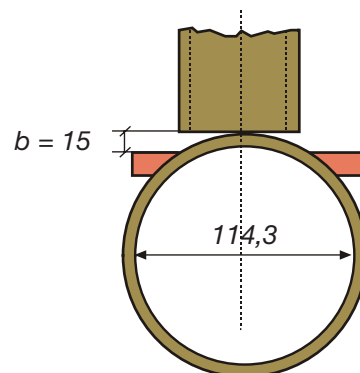


Merking eftir vatnsyfirborði.



Hér er annað afbrigði:

1. Mælið  $b$ -málið með því að setja annan enda beygjunnar að stofnrörinu, sjá mynd.
2. Merkið  $b$ -málið á beygjuna. Ritið jafnan boga, fríhendis.
3. Skerið „hnakkann“ af beygjuni (það strikaða á myndinni), svo eftir verði greiningin.
4. Merkið á stofnrörið fyrir greiningunni.
5. Skerið gatið fyrir greininguna á stofnrörið. Stillið saman stofnrör og greiningu og punktið.



## Lúgusuða

Á illa aðgengilegum suðustöðum, þar sem ómögulegt er að komast að til þess að sjóða rör að utanverðu (í hornum o.s.frv.), er gripið til s.k. lúgusuðu. Gat eða lúga er skorin á rörið og suðan soðin að innanverðu. Þegar því er lokið er lúgan soðin í aftur, og með henni hinn helmingur rörskeytanna.

Lúgusuða fer þannig fram:

1. Merkið fyrir lúgunni. Notið máta svo allar lúgur verði eins.
2. Skerið út lúguna.
3. Fjarlægjið skurðargjall og slípið hreint.
4. Sjóðið rörið að innanverðu eins langt og þarf.
5. Sjóðið að utanverðu eins og komist verður að.
6. Punktið lúguna í gatið.
7. Sjóðið lúguna og það sem eftir er af skeytunum.

Önnur aðferð við að sjóða á illa aðgengilegum stöðum er að nota suðuspegil. Með honum er hægt að sjá til þess að sjóða á „bakhlið“ rörsins. Það þarf hins vegar mikla færni/þjálfun af hálfu suðumannsins til að sjóða eftir spegli!

## Punktun (almennt)

Þegar á að punkta beygjur, greiningar, trektar o.s.frv. er valið á milli tveggja aðferða og ræðst valið af efnisþykktinni.

Í þunnt efni eru gerðir punkta sem eru bara á yfirborðinu, og sem er auðvelt að slípa burt jafnóðum og skeytin eru heilsóðin.

Þegar punktað er í þykkara efni mega punktarnir vera lengri og geta síðan orðið hluti suðunnar (eftir slípun).

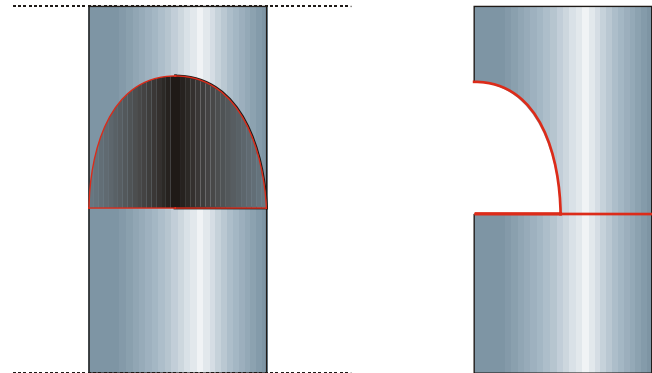
## Skipuleggið suðuna

Skipuleggið framkvæmd suðunnar þannig að rof í framkvæmdinni verði eins fá og mögulegt er. Eitt ráð er að gera s.k. „dry run“ þ.e. að látast sjóða án þess að kveikja ljósbogann. Þannig sést hve langt verður komist í hverjum áfanga og þá er framkvæmdin skipulögð eftir því.

Í suðustöðu PF (lárétt fast rör – soðið lóðrétt stígandi) er best að byrja suðuna „kl. 7“ og ljúka henni „kl. 11“. Þessi suðuröð auðveldar til muna byrjun næstu suðu, ekki síst vegna þess að það verður að slípa suðulokin.

## Hnútar og aðrar tengingar

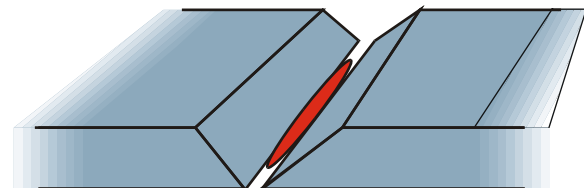
Þegar tvö rör eða annað sem á að stúfsjóða saman í þrýstilögnum (rör, geymar o.fl.) hafa ólíka efnisþykkt, þá á að þynna hið þykkara niður í sömu þykkt og hitt sem þynnra er.



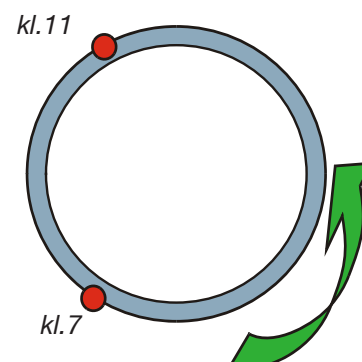
Um það bil þannig á suðulúga að líta út.



Látið ekki punkta í þunnt efni rista djúpt.



Í þykkara efni geta punktarnir orðið hluti suðunnar.



Þetta lýtur að sjálfsgöðu vissum reglum.

Hallinn á þynningunni má mest vera 1:3 í þrýstikútum og 1:2,5 í röralögnum.

Ef þykktarmunurinn er minni en 10% + 1 mm þarf ekki að þynna. Þó má munurinn aldrei vera meiri en 3 mm.

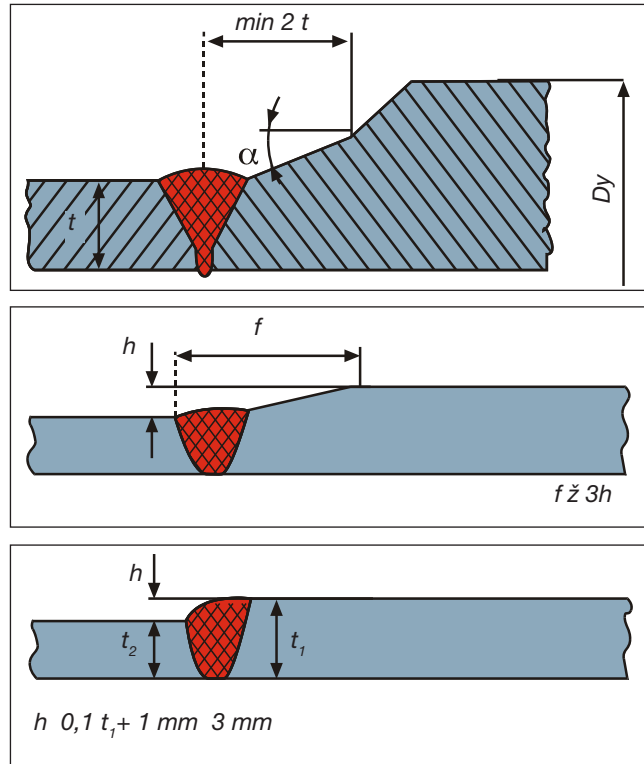
Sú regla gildir líka að allar suður eiga, ef mögulegt er, að vera sýnilegar á róthlið og að nota á skaðlausar prófunaraðferðir.

## Kragatengi

Kraga- eða stúttengi koma líka fyrir í röralagnavinnu, bæði í sambandi við rör og geyma. Kröfum um gerð slíkra tenginga er lýst í SS 06 41 01 *Svetsade behållar-konstruktion, tillverkning och kontroll*.

Kragar geta byrjað sem hluti stofnsins (uppbeiting), eða sem suðutengi.

Uppbeiting byrjar þannig að stærð gatsins er reiknuð



út. Gatið er merkt og skorið.

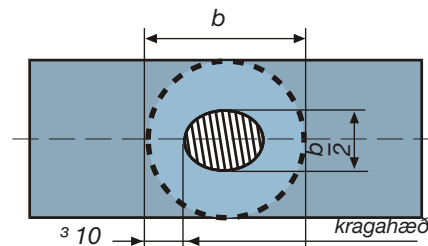
Ef efnið er ó- eða lítt blandað stál er hægt að skera gatið með gasi, en í ryðfrítt efni verður að skera með plasmabrennara. Helst vélrænt innanfrá.

Skurðargjallið verður að hreinsa burt áður en byrjað er að beita upp.

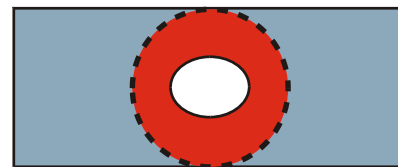
Sjálf uppbeitingin fer þannig fram að ca. 10 mm breitt svæði kringum gatið (breiddin fer eftir því hve hár kraginn á að verða) er hitað vel rautt og beygt u.þ.b. 45° með skiptilykli eða álíka verkfæri. *Forðist að gera merki í efnið!*

Efnið er síðan hitað aftur og restin af kraganum hömruð út.

Að lokum er hæð kragans jöfnuð með þjöl eða slípi-rokk.



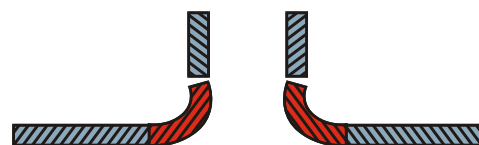
Byrjað er á því að reikna út hve mikið efni þarf í kragann. Síðan er merkt og gatið skorið.



Efnið sem á að beita upp er hitað.



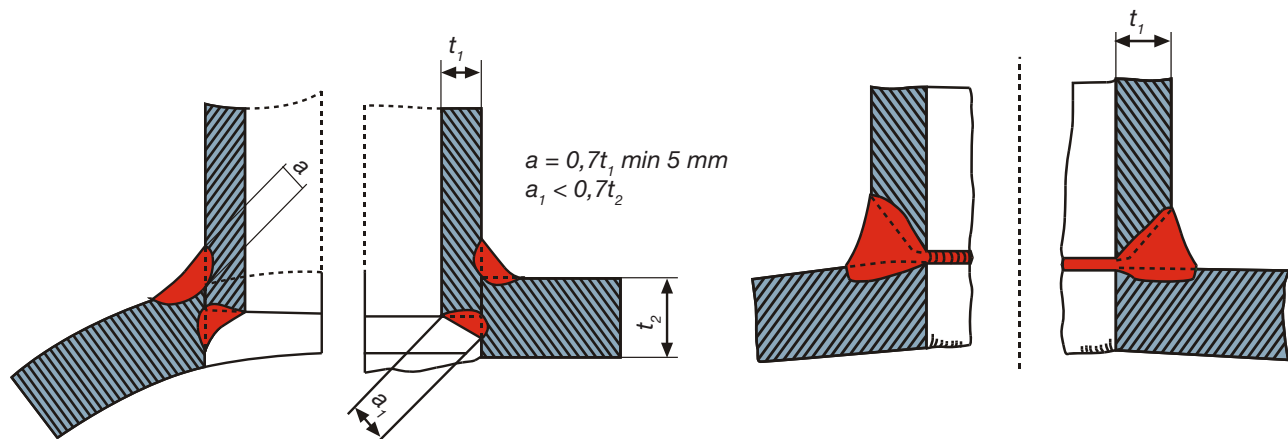
Kantarnir eru beygðir upp.



Restin er hömruð út og kantarnir jafnaðir.

Þegar stútar eru soðnir beint á rör eða á belg þrýsti-geyma verður að gæta þess að ekki verði truflanir á flæði, þ.e. að gerð fúgunnar á að vera hin besta mögulega og stærð og lögun suðunnar í samræmi við þetta, sjá myndirnar.

(Sjá einnig um greiningar og flangsa)



Dæmi um suðu stúta á geyma.

HEIMildir:

Suða, ISBN 91-79-52-0391, SAQ. Eigið efni, Jan Jönsson, Bengt Westin

## G3.2.4 Suðuhæfni stáls (M3.2.5, T3.2.5, E5.2.1)

### Áhrif suðu á stál

Suða á hefðbundnu smíðastáli veldur yfirleitt engum vandræðum. Þau þola miklar sveiflur í orkuflæði, spennu o.þ.h. og eru tiltölulega einföld í efna-samsetningu sinni. Það er hægt að sjóða þau með öllum suðuaðferðum og úrvalið af suðuefnum er mikið.

Aftur á móti er suða á hástyrktarstáli svo sem HS, EHS, Weldom 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 ferilslýsingum 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 suðuaðferð 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 efnið mikið. Það er jú í eðli suðunnar að bræða saman hluta vinnslustykkisins, á einn eða annan hátt.

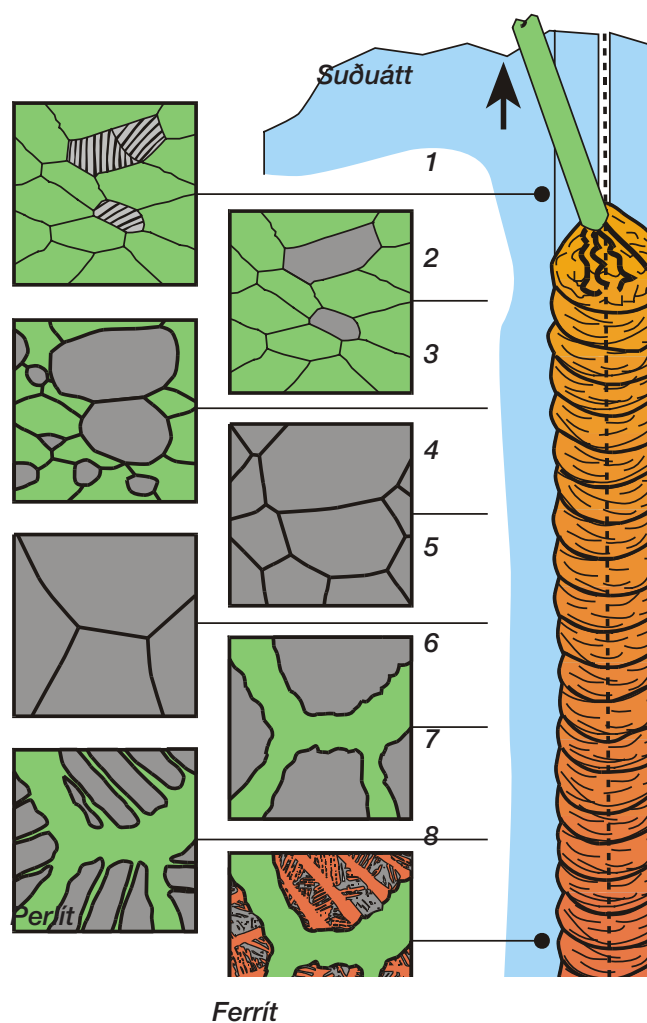
Hinn háhi hiti veldur miklum breytingum á eiginleikum stálsins. Í járn-kolefnisgrafinu er hægt að fylgja eftir ferlinu, frá hinum miðfyllta ferrít-perlít-kristalli við stofuhita, hinum flatarfyllta austenít-kristalli við ca. 850°C og smám saman að bræðslumarkinu, sem fyrir járn er 1.536°C. Ennþá gerist 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 ferrítnálar sem þrengja sér inn í *austenít*kornin, s.k. *Widmannstättenferrít*.
8. Þetta langt frá suðupollinum hefur stálið fengið sína endanlegu uppbyggingu (hitastigið er komið niður í u.þ.b. 700°C) sem er með lausu ferríti í fíngerðum flögum. Þetta er sú uppbygging sem æskilegt er að ná við suðu, þar sem hið harða og stökka cementít er umlukið seigu ferríti.



## Hvað gerist við kólnunina á mörkum suðubráðarinnar

Ef kólnunin gerist hratt frá stigi 5 að stigi 8 á myndunni fyrir ofan, nær ekki kolefnið – sem var laust í *austenít*inu – að mynda cementítflögur, heldur festist í þvinguðu ástandi sem kallast *martensít*. Þetta *martensít* er hart og stökkt. Í töflunni fyrir neðan sjást hörku- og lengingargildi fyrir hinar ólíku kristallagerðir.

Við ólík kólnunarskilyrði myndast blönduð afbrigði, þ.e.a.s. að magnið af *martensít* og öðrum þáttum er mismunandi, en það skapar ólíka eiginleika í suðuskeytunum.

Til þess að hindra myndun *martensíts* er efnið oft forhitað, en það hægir á kólnuninni. Þá þarf að muna að

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

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 hægar en óblandað. Kólnun verður hraðari við suðu í þykkt efni, við lágan hita.

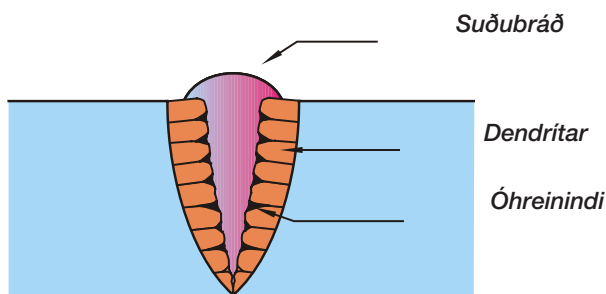
Þegar hitastigið fer undir u.þ.b. 900°C, byrjar *austenítið* að breytast í *ferrít* og *perlít* (eins og á myndinni fyrir ofan) og hin endanlega uppbygging verður eins og við stig 8 á myndinni.



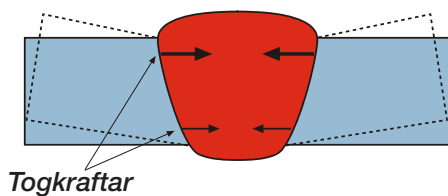
## Hvað gerist í suðunni?

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 austenítkornum, 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 óásættanleg og því eru valdar aðrar aðferðir til samsetningar.

Það sem stýrir hæfi efnis til suðu er fyrst og fremst eftirfarandi:

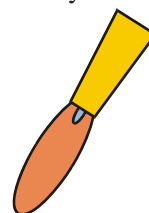
- Efnasamsetning
- Uppbyggingmálmsins
- Hitastig við suðu
- Efnisþykkt
- Suðuaðferð
- Suðubreytur og stöður
- Lögunvinnslustykkisins

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).

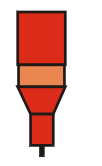
*Uppbygging málmsins* fellur að vissu leyti undir efnasamsetningu.

*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).

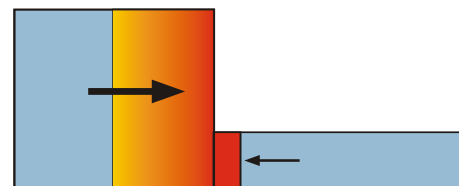


Logsuða hefur mikla hitadreifingu...



...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 „pinnabæðaranum“.

## Suðumálmurinn

Þegar suðuefnið bráðnar niður í suðuraufina myndar það, með vinnsluefninu, *suðumálm* eða *suðustreng*. Á mörkum suðunnar og vinnsluefnisins er svæði þar sem blandast saman suðuefni og vinnsluefni.

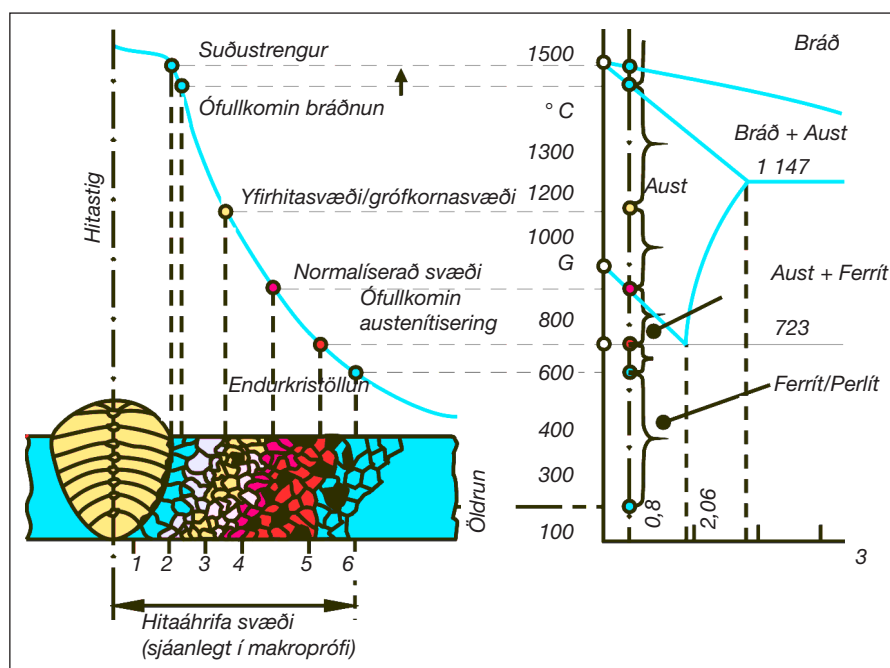
Næsta svæði er *yfirhitada svæðið* eða *grófkornasvæðið* eins og það er líka kallað vegna þess að kristallarnir þar hafa orðið stórir. Það svæði sem verður fyrir mestum áhrifum af suðuhitanum er svokallað HAZ (Heat Affected Zone) eða *hitaáhrifasvæði*.

Það svæði innan HAZ sem helst getur verið til vandræða fyrir stálvirkið er fyrst og fremst *yfirhitada svæðið* (*grófkornasvæðið*). Hér eru kristallarnir stórir og stökkir. Á þessu svæði hefur hitastigið verið milli 1.100 og 1.500°C.

Þarnæstkemur normalglóðaða svæðið (870-1.100°C) og svæði niður undir 700°C þar sem kristallaumbreytingin 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:

$$\text{Orkustreymi} = \eta = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v} = \text{Joule/mm}$$

$$\text{eða... } \eta = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} = \text{kílójoule/mm}$$

Fyrir MMA:

$$\text{er það... } \eta = \frac{U \cdot I \cdot bt}{L \cdot 1000} = \text{kílójoule/mm}$$

Þar sem

$\eta$ = Virknitala	$L$ = Suðulengd,
$U$ = Bogaspenna	pinnalengd í mm
$I$ = Suðustraumur	$1000$ = Fasti, til þess að
$60$ = Sekúndur	breyta joule í
$v$ = Suðuhraði í	kíló-joule
mm/mín	(1000 joule)
$bt$ = Bogatími	

Orkuflæðið er reiknað út áður en byrjað er að sjóða og er að finna á suðuferilslýsingunni í samspili uppgefinna 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 duftbogasúða hafi hitadreifinguna 1,0. Duftbogasúða hefur nefnilega enga hitageislun í samanburði við aðrar suðuaðferðir.

VIRKNITALA ( $n$ ) FYRIR:

Duftbogasúða (SMAW)	1,0
Hlíðargassúða, virkt gas (MAG)	0,85
Handstýrð pinnasuða (MMA)	0,8
Hlíðargassúða, óvirkt gas (MIG)	0,7
Gaswolframsúða (TIG)	0,6

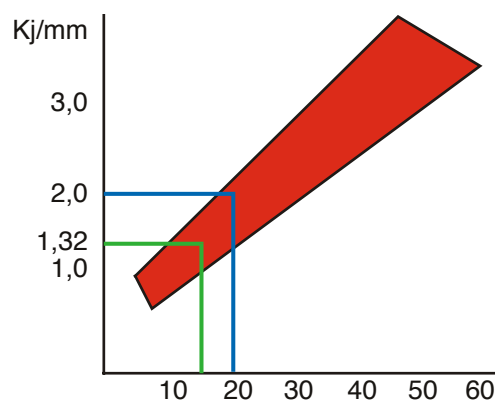
### Útreikningur orkustreymis

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 mætast við suðuna. Lengd suðunnar er mæld í suðufúgunni þegar allur pinninn er niðurbræddur. Bogatímann er að finna í vörulista framleiðanda suðuefnisins.

Á grafinu sést að dæmið lendir innan litada svæðisins, sem verður að teljast mjög gott.

## Kolefnisjafnan Ec

Annar mikilvægur þáttur til ákvörðunar vinnsluhitastigs er *kolefnisjafngildið*. Það er að finna á efnisvottorðinu (charge-staðfestingunni) 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: Þrýstilagrarör 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:

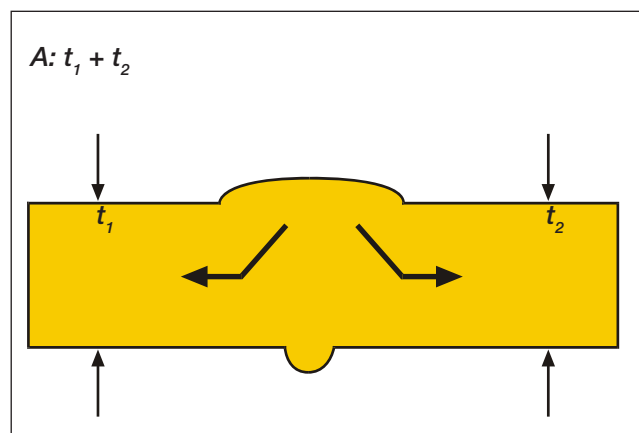
- Einfalt  $Ec = C + \frac{Mn}{6} + 0,004$
- PLM – sem reiknar nákvæmar fyrir lágkolefnis stál.
- YURIOKAS – tvær jöfnur sem notaðar eru í suðuiðnaði.

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

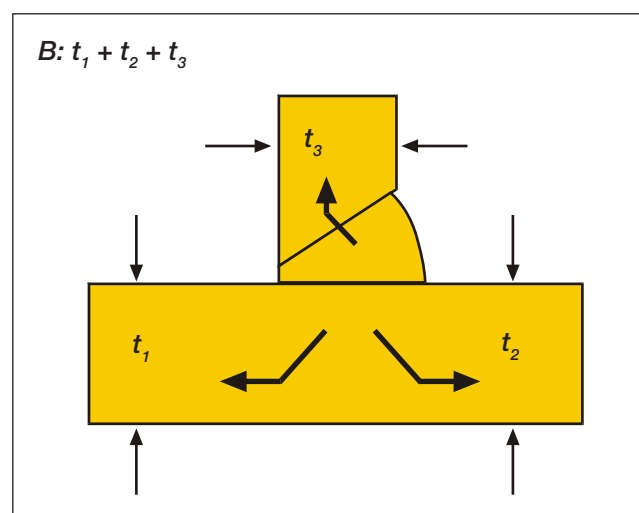
## Áhrif efnisþykktar

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

$$\text{MMA } 0,8 = \frac{23 \cdot 110 \cdot 85}{130 \cdot 1000} = 1,32 \text{ kJ/mm}$$

$$\text{Kolefnisjafngildi } E_c = 0,41$$

$$\text{Heildarþykkt efnis } 30 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

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 innspennnt suðuskeyti og við suðu á byggingarstað skal auka hitastigið um a.m.k. 25°C.

Lægsta vinnsluhitastig við ljósbogasúðu kolefnisstáls, kolmangan-stáls og míkróblandaðs stáls með húðuðum rafsuðupinum.

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 hærra vinnsluhitastig. Til þess að ná góðum árangri við suðu getur verið gott að lesa ráðleggingar framleiðanda stálsins og suðuefnisins.

## Suðuhæfnispróf

Það er til gott úrval suðuhæfnisprófana og það er því ekki svo einfalt að gera þeim góð skil í stuttu máli. Höfundar þessa efnis mæla með því að lesið sé um suðuhæfnispróf í „MNC-Handbok nr. 15“. Þessi handbók fjallar um vetnis- og hitasprunguprófanir ásamt hörkuprófunum Sumar prófanir eru afar flóknar (þær sem eru með mikilli innspenningu) á meðan önnur eru mun einfaldari (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.

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

### Upprifjun: um lögun suðufúgunnar

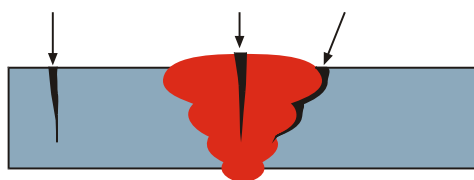
Sjá kafla E 3.2.3

### Ástæður suðugalla: grunnefni, aðferð, suðumaður

#### Grunnefni

Peir suðugallar sem eiga rætur sínar að rekja til grunnefnisins eru fyrst og fremst sprungur, hitasprungur og/eða samdráttarsprungur.

Algengasta orsökina fyrir hitasprungum er að óhreini 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 25817 - Ljósbogasuða á stáli - „Leiðbeiningar um flokkun suðugæða“**. Ásamt ÍST EN ISO **6520** „Málmsuða og skyld ferli - Flokkun rúmfræðilegra ójafna í málmkenndum efnum“. ÍST EN ISO 5817 leysir af hólmi eldri staðla sem notaðir hafa verið um sama efni.

Suðuaðferðir sem staðallinn gildir fyrir eru pinna-suða (11), duftsuða (12), hlífðargassuða (13), hlífðargassuða án notkunar suðuvírs (14) og plasmasuða (15). Hann gildir fyrir handvirkar, vélvæddar og sjálfvirkar suðuaðferðir.

Í staðlinum er bæði fjallað um þær gerðir galla sem kalla má formgalla og hina sem fremur eru útlitsgallar. Með formgöllum er átt við galla eins og sprungur, loftbólur, ónóga innbræðslu og annað þessháttar sem rýfur heildarformið í samsuðunni.

Útlitsgalli er það kallað þegar lögning suðunnar er ekki sem skyldi. Rangt a-mál og of há kúpa á suðu eru dæmi um þetta.

Í staðlinum er göllum 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.

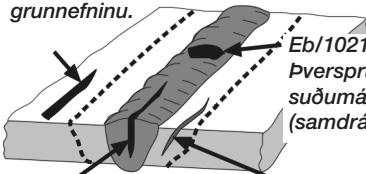
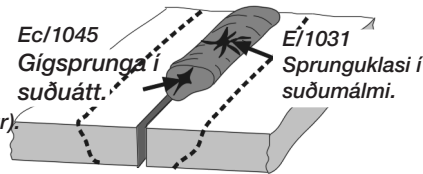
Sprungur eru mjög alvarlegir suðugallar sem ófrá-víkjanlega valda falleinkunn fyrir suðana, hvort sem um suðupróf eða framleiðslu er að ræða.

### Flokkur 1: Sprungur

IIW-lykill	IST-ISO 6520	Gerð	Lýsing suðugallans galla	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 réttri 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 hersluáhrifa í suðu- eða grunnnefni.	Almennt: Gætið þess að sjóða með réttum stillibreytum. Forðist hraða kælingu eftir suðuna. Kveikið aldrei ljósbogann fyrir utan suðufúguna.
Ec	104	1045 1046 1047	Gígsprunga í suðuátt. Gígsprunga þvert á suðu. Stjörnulaga gígsprunga.	Gígsprungur geta myndast vegna rangt endaðrar suðu samhliða röngu suðuefni.	MMA/MAG/MIG: Endið suðuna með réttri hreyfingu. Notið passandi suðuefni. TIG: Notið „slope-down“ stillingu til að fá rétta endingu suðunnar.

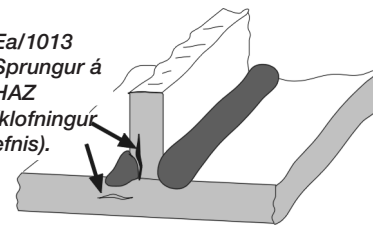
Ea/1014

Sprungu í suðuátt í grunnnefninu.

Eb/1021  
Þversprungur í suðumálminum.  
(samdráttarsprungur)Ec/1045  
Gígsprunga 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.

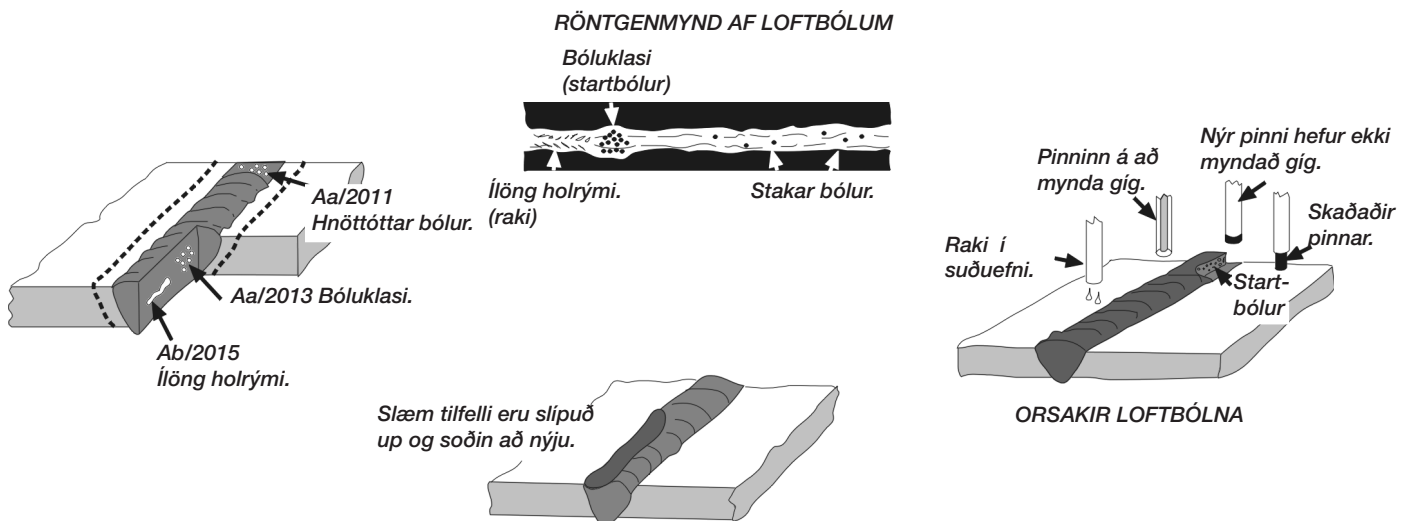
Dæmi um sprungur.

## Holrými

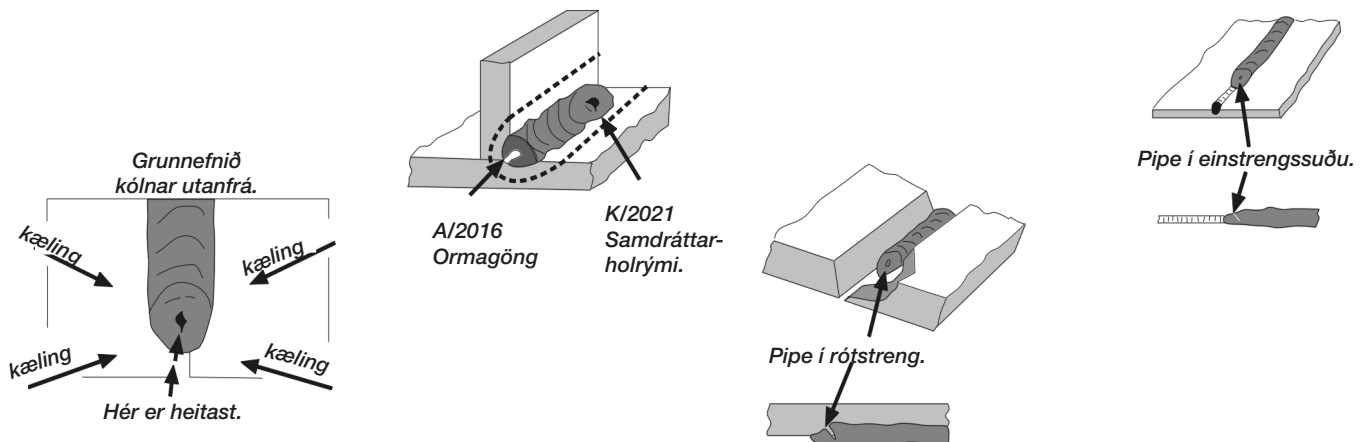
Holrými geta myndast bæði sem loftbólur og sem samdráttarholrými (pipes). Loftbólur innihalda gas og er gerður greinarmunur á milli margra gerða þeirra. Hér er hins vegar aðeins fjallað um þrjár gerðir þeirra.

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

Flokkur 2: Holrými					
IIW -lykill	IST-ISO 6520	Gerð	Lýsing suðugallans galla	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.



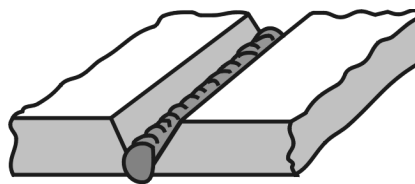
Dæmi um samdráttarholrými.



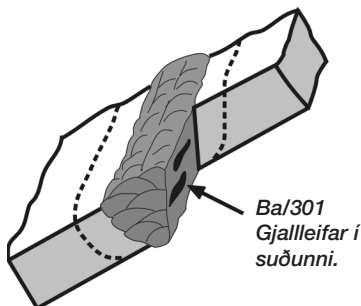
## Inniluktar agnir í föstu formi

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

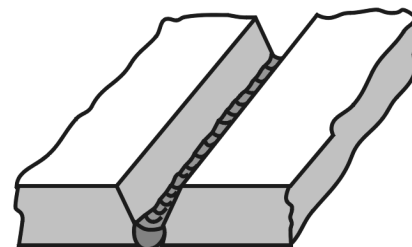
Flokkur 3: Inniluktar agnir					
IIV-lykill	IST-ISO 6520	Gerð	Lýsing á suðugallanum galla	Sennileg orsök gallans	Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann
Ba	301	301	Gjalleifar í suðu er gjall sem verður eftir í bráðinni þegar hún storknar. Það geta verið einstaka gjallagnir eða.....	Kæruleysi við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



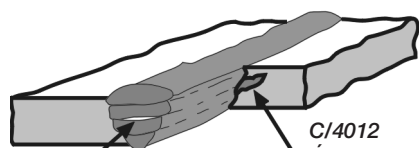
Íhvolfar suður gera slípun og aðra vinnslu suðunar óþarfa.

Dæmi um inniluktar agnir í föstu formi.

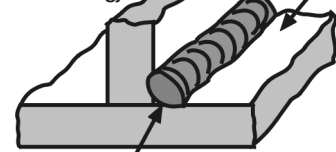
## Ónóg samsuða eða ófullnægjandi gegnumsuða

Ónóg samsuða þýðir að sambræðslan milli suðumálms og grunnefnis eða á milli suðustrengja er óviðunandi. Ófullnægjandi gegnumsuða (rótargalli) kemur fram á bakhlið (rótargalli) suðunnar þegar soðið er frá annarri hlið eða falin inni í henni við suðu beggja megin frá.

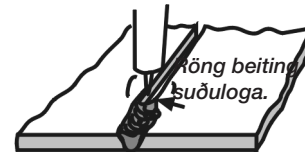
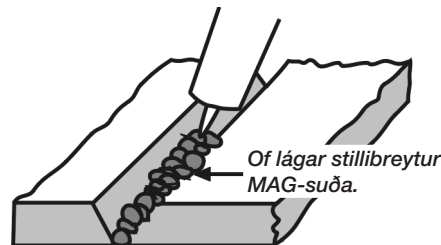
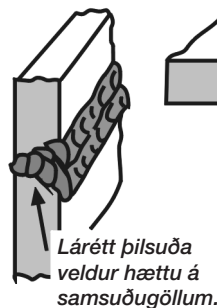
Flokkur 4: Ónóg samsuða eða ófullnægjandi gegnumsuða					
IIV-lykill	IST-ISO 6520	Gerð galla	Lýsing á suðugallanum	Sennileg orsök gallans	Ráðlögð aðgerð til að koma í veg fyrir gallann
C	401	4011 4012	Ónóg samsuða við grunnefnið. Ónóg samsuða við annan suðustreng.	Ónóg samsuða er algeng við MIG/MAG-suðu 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 (lárétrri 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.



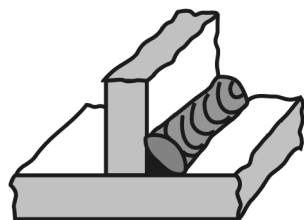
C/4011 Ónóg samsuða milli strengja.  
C/4012 Ónóg samsuða við grunnefnið.



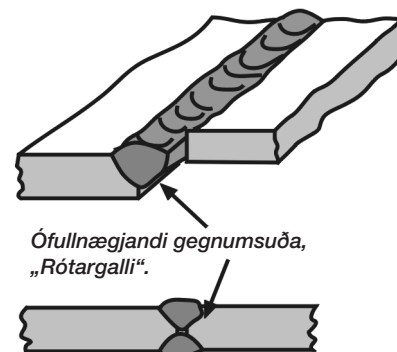
Frásuða með MAG veldur oft samsuðugalla í röt.



Dæmi um ónóga samsuðu.



Of lágar stillibreytur geta orsakað „rótargalla“.



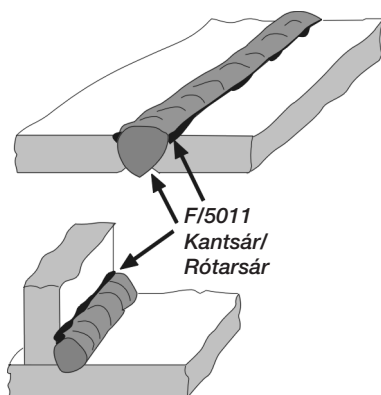
Dæmi um ófullnægjandi gegnumsuðu.

## Útlitsgallar

Útlitsgalli er það kallað þegar suðan fylgir illa lögum suðuraufarinnar eða þegar lögum eða stærð suðunnar er röng. Röng stærð getur verið rangt a- eða z-mál, röng lögum er t.d. of stór eða of lítill kúfur á suðunni, kantsár

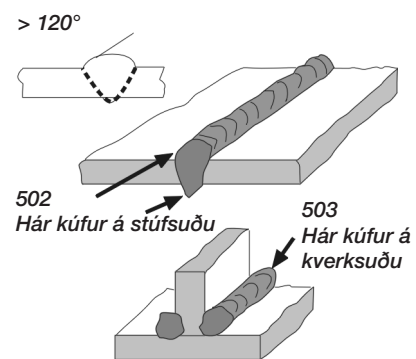
eða fallin suða, of mikil gegnumsuða o.fl. Það getur líka verið of stórt eða of lítið bil milli hluta sem tengja á saman.

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.	Lögum suðunnar er röng.	Almennt: Of lítill færsluhraði eða of lágar stillibreytur. Röng uppröðun/stærð strengja.
Enginn lykill			Rangt a- eða z-mál, ósamhverf kverksuða (misstór z-mál).  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 fúguundirbúning svo suðubil og kantar verði réttir. Hitastig og þar með gegnumsuðu er hægt að fínstilla 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.

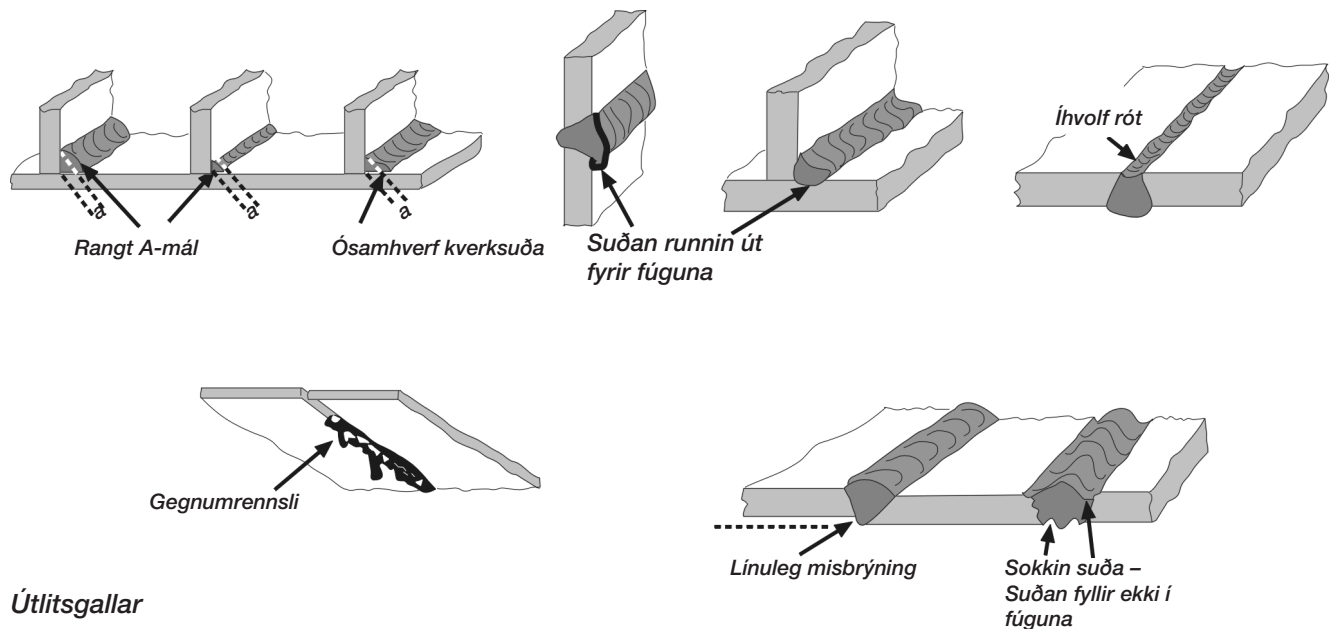


Skörp kantsár skapa misbrest og eru talin með alvarlegri suðugöllum.

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 suðustræmi. MAG: Minnkið spennuna eða aukið á þræðmötunina.
	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: Fjarlægið 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



**GAS**  
**Áfangi G 4**  
**G 2.2 bóklegt nám**



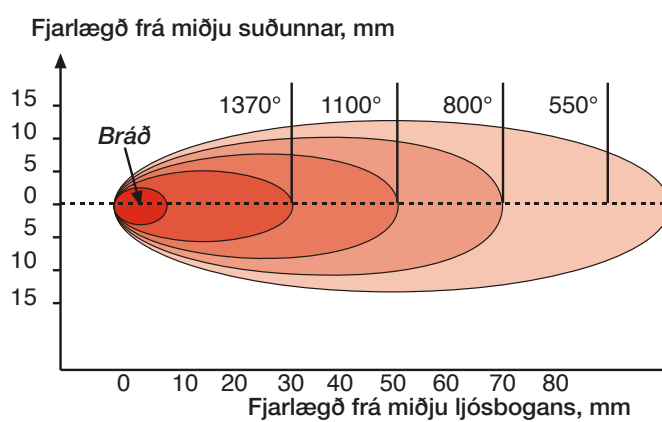
## G4.2.1 Samdráttur, spenna og formbreytingar (M4.2.1, E4.2.1, T4.2.1)

### Varmaútbreiðsla við suðu

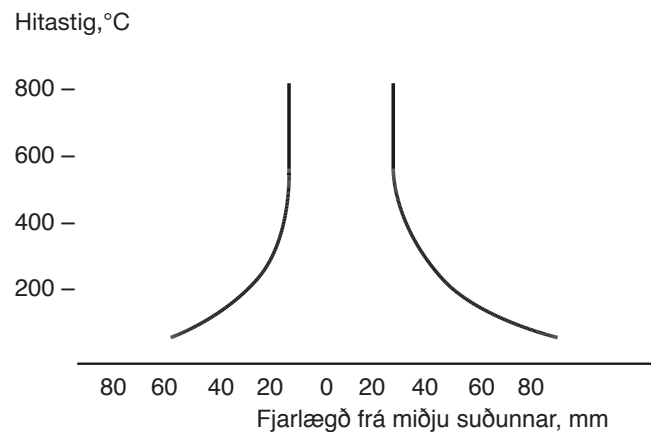
Við suðu breytist rúmmál flestra efna. Við upphitun eykst rúmmálið og við kælingu minnkar það.

Hitinn í grunnefninu er breytilegur og fer eftir suðu-aðferðinni sem beitt er, suðustillibreytum, hitaleiðni

grunnefnisins og stærð vinnslustykkisins. Mestur er hitinn í miðjum ljósbognum og minnkar því lengra sem dregur frá suðupollinum.



Hitadreifing kringum suðu.



Hitadreifing í kringum suðu sem gerð hefur verið í 12 mm efni úr óblönduðu stáli. Orkuflæðið er 4 kJ/mm.

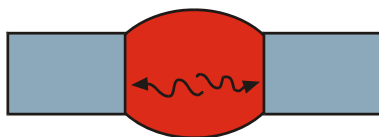
### Tilkoma eftirspennu

Þar sem hitastigið á hverjum stað í efninu fer eftir fjarlægðinni frá suðupollinum, verður þörf efnisins á þenslu við upphitunina ásamt samdrætti og kólnun að vera mismunandi.

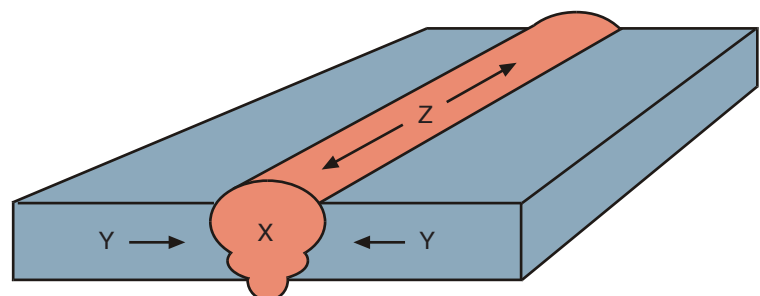
Það efni sem nær að bráðna við suðuna, og efnið næst suðupollinum, hefur mesta þörf fyrir þenslu. Þessi þensla hindrast af kaldara efninu lengra frá

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

Samdrátturinn verður bæði þvert yfir suðuna (Y) og langsum eftir suðunni (Z). Þar að auki verður viss samdráttur á þykkt suðunnar (X).



Þensla upphitaða efnisins hindrast af kaldara efninu í kring.



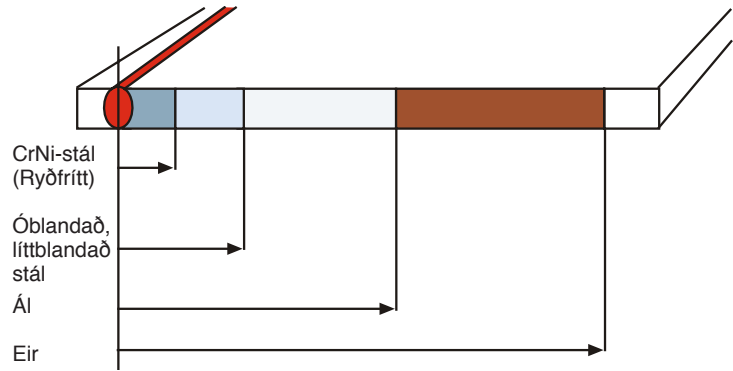
Samdráttur verður í allar áttir.



## 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, þenslu-  
stuðli 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 réttri röð er dæmi um fyrirbyggjandi aðgerð, að sjóða eftir suðuferilslýsingu er annað.

Ef ekkert er gert til þess að fyrirbyggja eða minnka spennuna, getur það í versta tilfalli leitt til þess að efnið brestur.

Viðeigandi aðgerð til þess að losa um spennuna getur t.d. verið að afglóða efnið. Með því að afglóða efnið minnkar/jafnast spennan út sem eru alltaf til staðar í soðnum stálvirkjum.

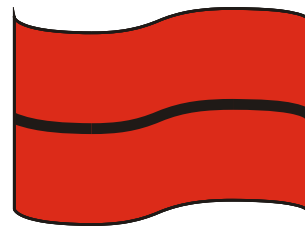
## Áhrif eftirspennu

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

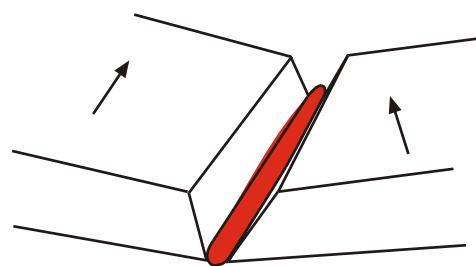
Vinnslustykki úr þunnu efni formbreytist vegna þess að suðan dregst saman á lengdina, styttist. Hluturinn verður ójafn, það koma bylgjur í hann. Samdrátturinn þvert á suðuna hefur lítil eða engin áhrif, vegna þess hve lítil suðan er (mikill suðuhraði) og vegna lítills rúmmáls efnisins.

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 bylgjött.



Hornsamdráttur.

## Afglóðun

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

Sá staðall sem lýsir reglum um þetta er ISO 13916. Ef forhita á efnið fyrir suðu eða afglóða eftir á skal það koma fram á suðuferilsýsingu.

### Vinnsluhiti (forhitun)

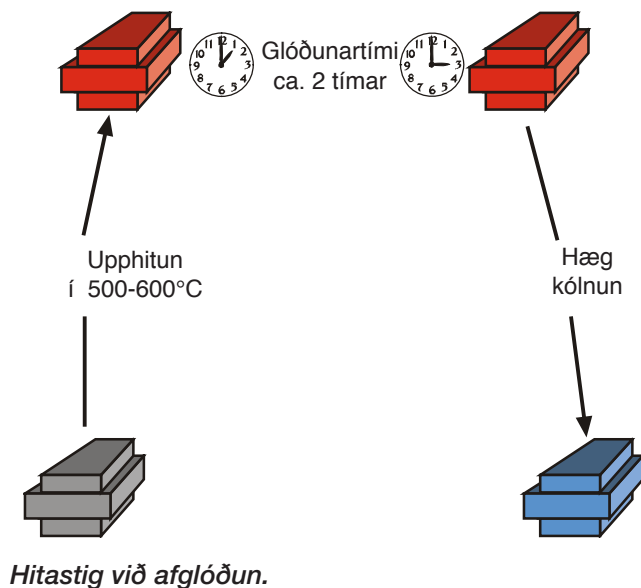
Til þess að ná æskilegum vinnsluhita getur þurft að forhita. Forhitun hefur ýmsa kosti, jafnvel þar sem aukins vinnsluhita er ekki krafist, eins og t.d. að:

- hægja á kælingu frá suðunni, sem minnkar hættuna á sprungumyndun.
- minnka spennu í suðunni og í efninu í kring.
- hjálpa til við að losna við vetni frá suðunni og nánasta umhverfi.
- hækka hitann á efni sem verið hefur utanhúss og ekki náð stofuhita.

### Afglóðun

Afglóðun er gerð til þess að losna við spennu sem verður í efninu þegar það kólnar aftur eftir suðu, hitameðferð eða heitvinnslu.

Ekki er með þessu verið að sækjast eftir breytingu á kristallaupbyggingu efnisins eða minni hörku.



Afglóðunarhitastigið er yfirleitt um 550-600°C, og afglóðunartíminn, sem fer eftir stærð viðkomandi stykkis og efnasamsetningu, er um það bil 2 tímar við þann hita sem valinn er. Eftir afglóðunina á stykkið að kólna hægt.

### Búnaður og hjálpartæki

Til hitunarinnar er notaður rafstraumur eða gas. Rafmagnshitun fer fram með móttöðu- eða spanbúnaði. Straumgjafinn getur verið sérstök vél til hitunar eða suðustraumgjafi.

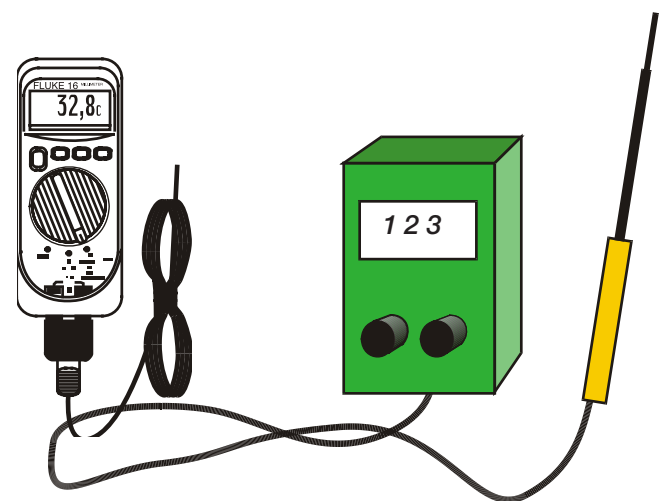


Hringbrennari.

Við upphitun með gasi er notaður hringbrennari eða fjölstútahitari.

Til eftirlits með hitastiginu við forhitun er hægt að nota hitakrítar eða rafmagns hitamælitæki.

Ef mikillar nákvæmni er krafist, t.d. við afglóðun, er rétt að nota stafræn (digital) mælitæki sem sjálfkrafa fylgjast með og skrá hitastig, upphitunartíma, glóðunartíma og kólnunartíma.



Stafræn og rafeinda-hitamælitæki.

HEIMILDIR:

Lernia

## G4.2.2 Stjórnun formbreytinga (M4.2.2, T4.2.2, E5.2.2)

### 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 strengjaupbyggingu.

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 „hlutleysislínu“ plötunnar, geta suðurnar ekki jafnað út samdrátt hvor annarrar, heldur verður formbreyting



Suðuvinna í Arendal skipasmíðastöðinni.

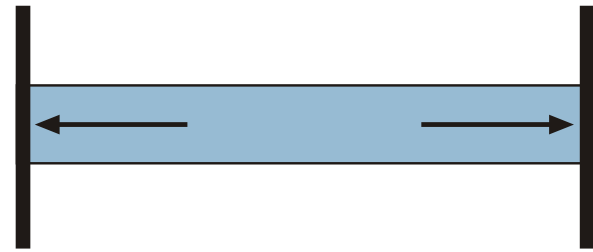
## Hvernig verður formbreyting ?

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.

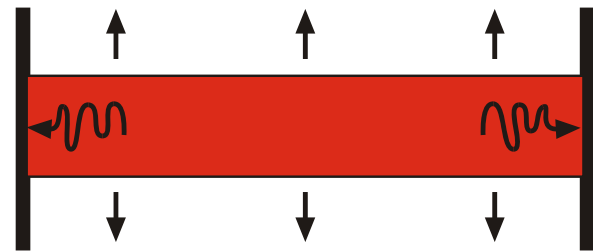
Þegar sjóða á saman tvö vinnslustykki, þýðir það meðal annars að tveir hlutar verða að einum. Við suðuna myndast mjög hár hiti sem hefur í för með sér þenslu. Ef allt vinnslustykkið þenst út samtímis og jafn mikið, gerist ekki mikið. Vinnslustykkið heldur að mestu lögum sinni eftir kólnun og afleiðingin 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 lögum sína og mál.

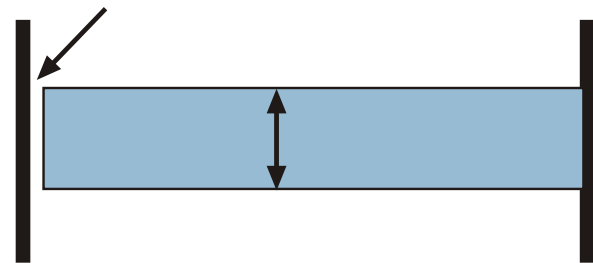
Þensla og samdráttur koma berlega í ljós þegar soðinn er rötstrengur í V-fúgu. Það líður ekki á löngu áður en suðubilið hefur minnkað eða horfið algerlega.



*Innspennt 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.*

## 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.

## Formbreytingar við kverksuðu

Formbreytingar og samdrátt (efnið „kastar“ eða „dregur sig“) er hægt að minnka, ef sjá má fyrir stærð breytinganna.

Hið fyrsta er gert strax við punktun, þegar reynt er að stilla upp hlutum vinnslustykkisins þannig að þeir

verði réttir eftir suðuna.

## Áhrif hitamagns, suðustærðar, innbræðslu og strengjafjölda

Hve miklar formbreytingarnar verða ræðst m.a. af fúgu-gerð, suðustræmi, 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.

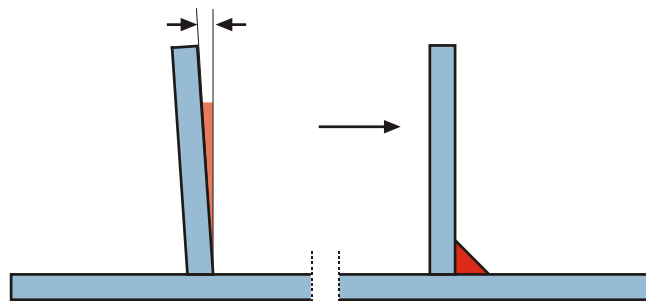
Kverksuða í fúgu án suðubils veldur minnstu formbreytingunni. En ef soðið er í fúgur með suðubili verður formbreytingin meiri.

Hálf- eða alfasaðar fúgur valda minni formbreytingu þar sem suðan getur verið á hlutleysislínunni.

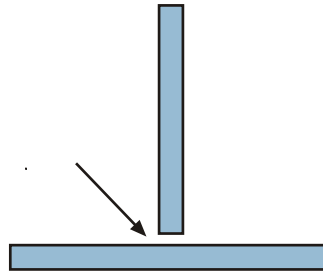
Hár suðustræmur veldur meiri innbræðslu og meiri hitadreifingu sem aftur á þátt í að valda meiri útvíkkun/samdrætti.

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

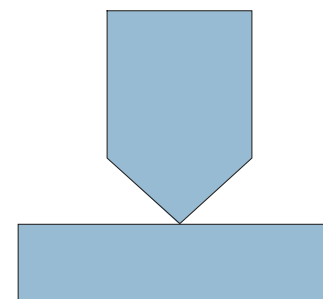
Þar sem margir strengir valda meiri samdrætti en einn, getur þurft erfiða jafnvægisgöngu á milli krafna um takmarkað orkuflæði annars vegar og lágmarks formbreytinga hinsvegar.



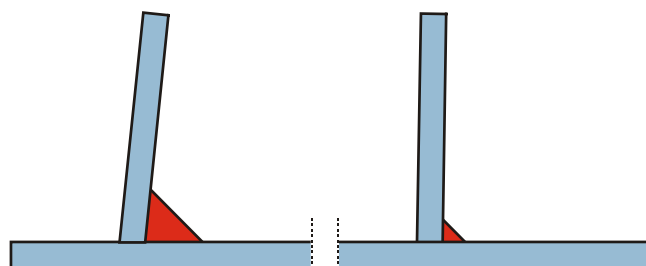
Með forþeygingu er hægt að fá rétt horn eftir suðuna.



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

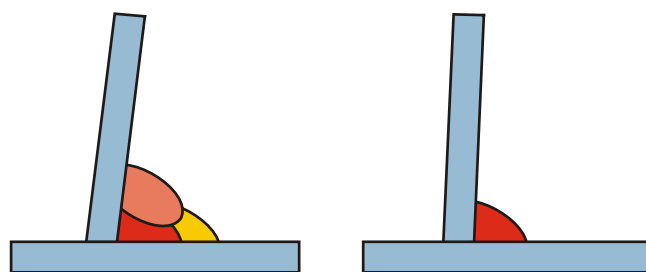


... en ef soðið er í fasaðar fúgur.



Stórar suður valda meiri formbreytingum...

Litlar suður valda

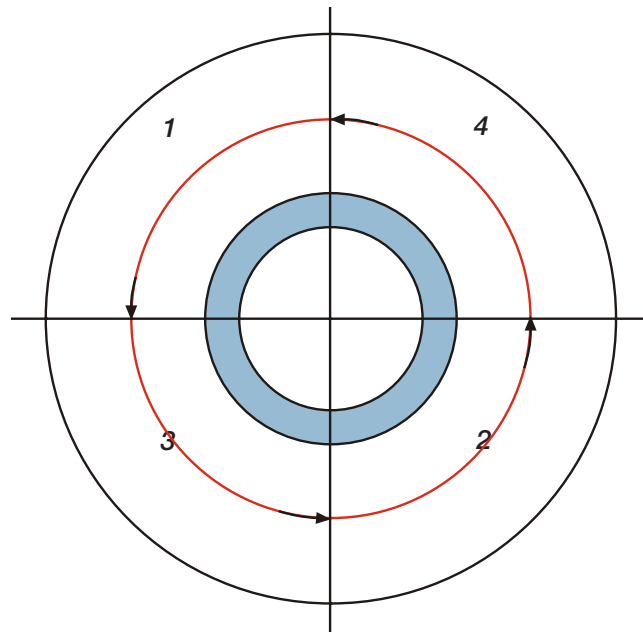


Margir strengir valda meiri formbreytingum en einn.

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 yfirstilt uppstilling ásamt góðri suðuáætlun líka verið til hjálpar.



Suðuröð, rör á flangs.

## Formbreytingar í stúfsuðum

Áhrif hitamagns, suðustærðar og -lögunar ásamt strengjafjölda

Leiðréttandi aðgerðir: Suðuferill, jafnvægi í hitamagni, tækni, suðuröð, fúguvinnsla, forbeyging

Formbreytingar verða líka við stúfsuðu ef undirbúningur er rangur eða ef suðuvinnan er framkvæmd á rangan hátt.

Á sama hátt og við suðu í kverk skipta atriði eins og hitamagn, suðuröð, strengjafjöldi, orkuflæði o.s.frv. hér miklu máli fyrir árangurinn.

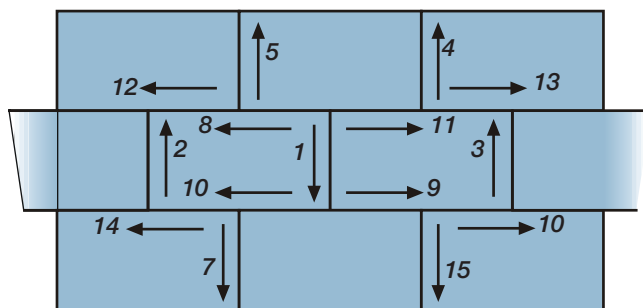
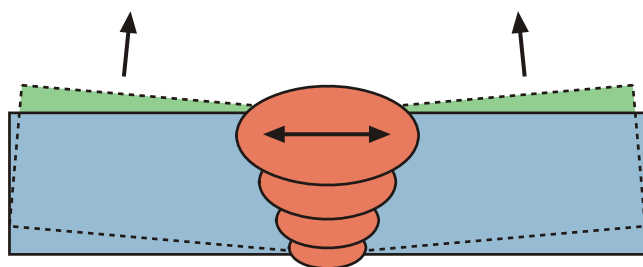
(Um orkuflæði, sjá kafla E5.2.1.)

Hér er reglan sú að suða í I-fúgu veldur minni formbreytingum en suða í V-fúgu. Það er vegna þess að V-fúgan er ekki einsleg, og suðan verður því breiðari (og „dregur“ meira) að ofanverðu. Ef fúgan er „opnari“ en hinar vanalegu 60° eykst hættan á formbreytingum.

Jafnvel hér getur forbeyging verið til hjálpar, en fyrir stúfsuður er yfirleitt mun erfiðara að reikna út forbeyginguna (eða yfirstillinguna), sérstaklega í stórum stálvirkjum.

Suða í tvöfalda V-fúgu getur, með réttu suðuskipulagi og réttu suðuferli, orðið til þess að formbreyting verði lítil sem engin.

Í erfiðum tilfellum er stundum gripið til baksrefs-suðu (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 réttningar eftir suðuna (skipsskrokkar / yfirbyggingar, tankar og geymar, bílayfirbyggingar ofl.)

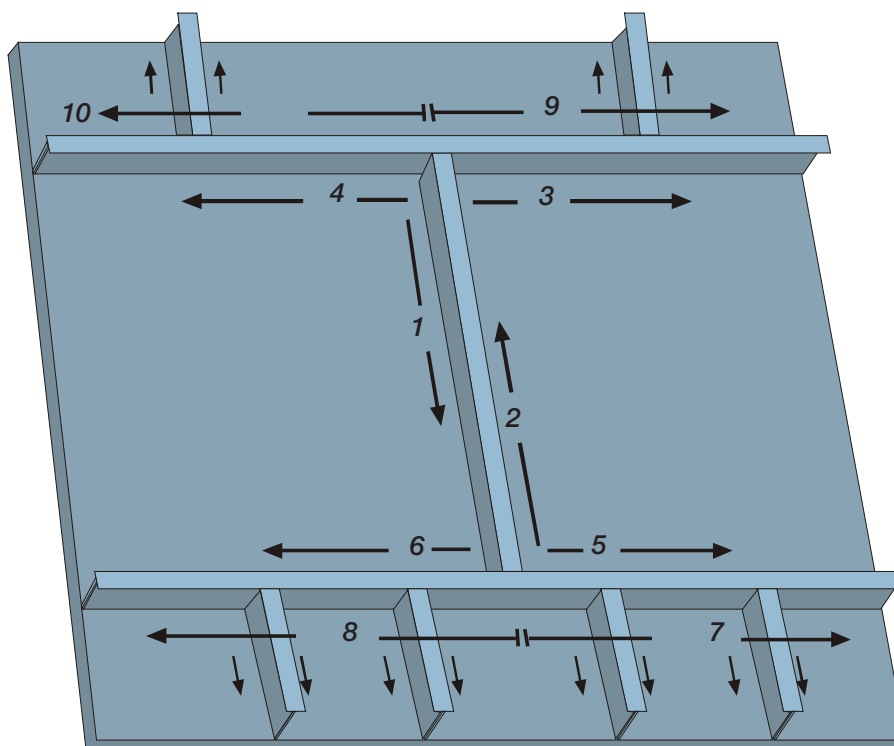
Í grófara efni verða formbreytingarnar ekki eins miklar, en á móti kemur að eftirspennurnar verða meiri. Hér skipta suðuáætlanir og suðuferli miklu máli (kjarnaofnar, olúborpallar o.fl.)



### Formbreytingar í kverksuðum

Við byggingu grindavirkja sem sett eru saman úr ólíku stangaefni þarf nákvæman undirbúning við gerð suðuáætlana og suðuferilslýsinga.

Einnig hér skipta efnisþykktirnar miklu máli, af sömu ástæðum og áður hafa verið nefndar.



## Leiðrétting formbreytinga eftir suðu (rétting)

Ef ekki er hægt að koma í veg fyrir formbreytingar með fyrirbyggjandi aðgerðum eins og suðuáætlunum o.þ.h., verður að grípa til réttinga.

Helstu aðgerðir gegn innri spennu eru:

1. Suðutæknilegar
2. Krafttæknilegar
3. Hitameðferðir

Suðutæknilegar aðgerðir voru kynntar á síðustu síðum.

### Krafttæknilegar aðgerðir

Eitt af því fyrsta sem gert er til þess að minnka formbreytingar, er að gæta þess að hlutar vinnslustykkisins passi vel saman. Kæruleysi á þessu sviði veldur því að suðufúgur og -bil verða óþarflega stór og þar með verður hitamagn mikið, með tilheyrandi samdrætti og eftirspennum.

Hlutar sem falla illa saman fá einnig mikla innri spennu sem getur losnað úr læðingi ef efnið verður fyrir meira álagi en ráð var fyrir gert.

Með hækkuðu hitastigi er auðveldara að forma málma þar sem togmörkin lækka. Þetta er hægt að notfæra sér við lagfæringar á formbreytingum, ásamt krafttæknilegum aðgerðum (ofbeldi).

Í erfiðum tilfellum af samdráttarspennum og formbreytingum getur það verið eina ráðið til þess að ná viðunandi lagfæringarárangri.

Við slíka vinnu eru notuð hjálpartæki eins og fleygar, tjakkar, talúr o.þ.h.

### Hitameðferðir

Þótt afgangur 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 afgangur fyrir síðasta áfanga vélavinnslu. Ef það er ekki gert, getur vélavinnslan losað um spennur og það valdið alvarlegum málskekkjum.



Röravinna við Svenska Maskinverken.



Suðuvinna í Arendal skipasmíðastöðinni.



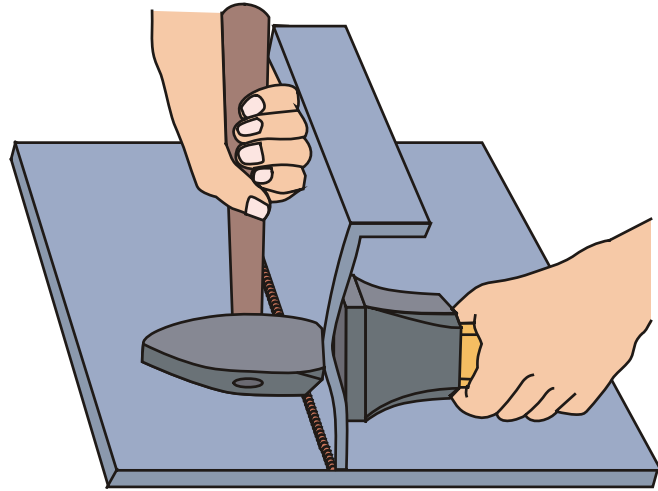
## Rétting

### Kaldrétting

Kaldrétting er framkvæmd þannig að efnið er beitt ofbeldi *án* hitunar, t.d. með hamri.

Réttingin getur verið s.k. „loftrétting“ með viðhaldi eða þá að teygt er á efninu.

Í þunnu efni er réttingin oft framkvæmd með því að „strekkja á“ suðunni. Það er jú fyrst og fremst suðan sem hefur dregist saman. Það verður þó til þess að



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*

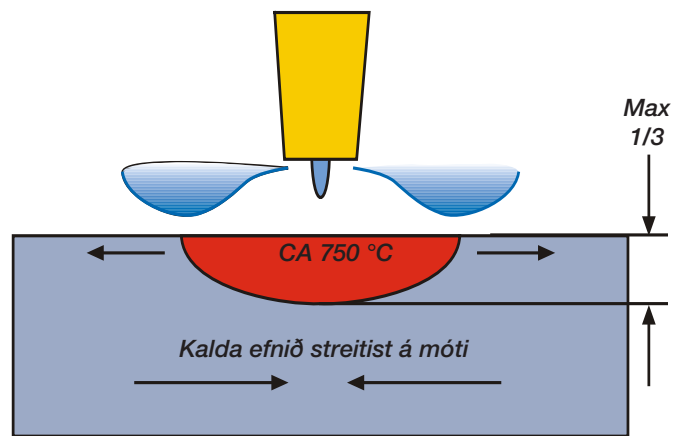
Með *yfirborðshitun* er átt við að aðeins 1/3 hluti þykktar efnisins er hitaður. Hið upphitaða *yfirborð* vill þá víkka út, en efnið undir, hið kaldara, streitist á móti. *Yfirborðið* pressast saman og verður í raun minna að rúmmáli sem hefur í för með sér að þegar efnið kólnar, dregst það saman að miðju hitaða svæðisins og bognar

(Sjá mynd t.h.).

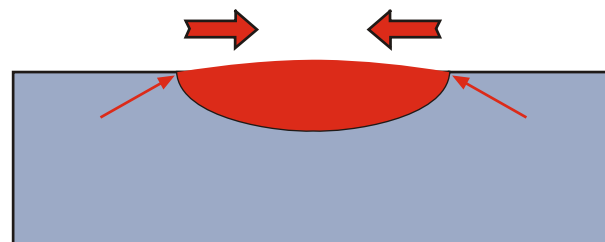
#### *Gegnumhitun*

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.).

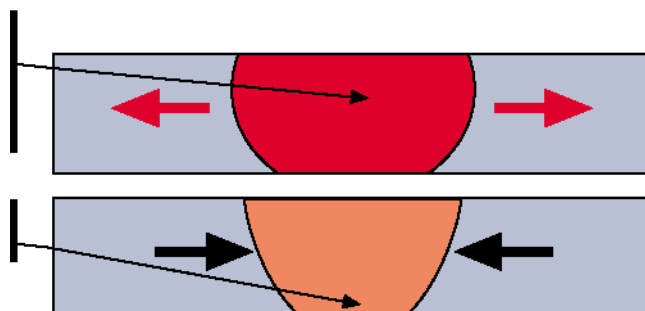
Hitapunktur eru notaðir við réttingu á þunnplötum, ásamt þunnveggja rörum og stangaefni.



*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.*



## Ólíkar aðferðir við hitaréttingu

Hitaréttingu er hægt að framkvæma á ólíka vegu. Algengustu útgáfunar 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 „rétt“ átt.

**VARÚÐ:** Athugið í efnisstöðlum hvort efnið þoli hitameðferð af þessu tagi!

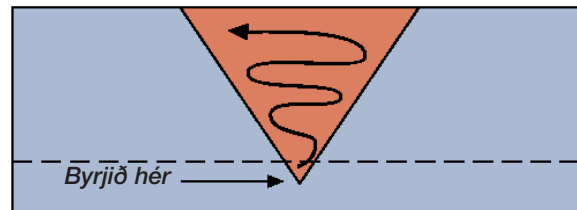
Hitabelti geta verið gegnumgangandi eða yfirborðslæg og eru notuð við plötuvinnu. Gegnhitun er notuð til þess að stytta efnið og með yfirborðshitun er reynt að rétta minni kúlur og beyglur sem myndast í efninu við suðu.

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.

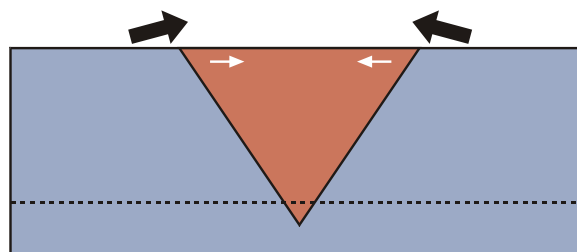
Dragkraftarnir verka hornrétt á hitabeltið, nokkru meir þeim megin sem hitað er.

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.

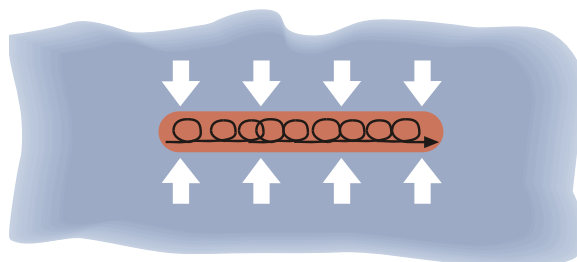
Hitapunktur eru notaðir við réttingu á þunnplötum, ásamt þunnveggja rörum og stangarefni.



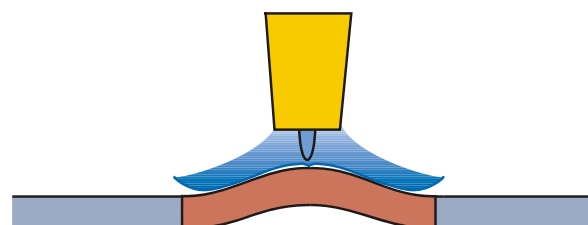
Byrjið innst inni og hitið út á við eins og örin sýnir.



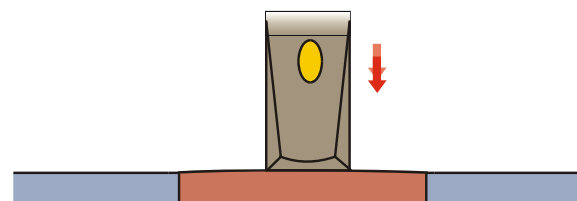
Breiðari hluti fleygsins dregst meira saman.



Hitið með litlum hringlaga hreyfingum.

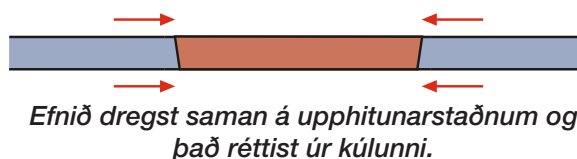


Lítill punktur er gegnumhitaður.



Kúlan er slegin niður.

Látið kólna.



Efnið dregst saman á upphitunarstaðnum og það réttist úr kúlunni.

HEIMILDIR:

*Safnrithitarétting* – Öresundsvarvet í Landskrona. SAQKontroll AB, Curt Johansson.

*Eigin reynsla* – Jan Jönsson, Bengt Westin

## G 4.2.3 Gæðastýring við suðu (E8.2.4, T6.2.2, M6.2.2)

### Trygging gæða framleiðslunnar: gæðakerfi og stjórnun, framleiðslugeta, starfsfólk

Til að tryggja gæði þarf að vinna kerfisbundið, skipulega og samkvæmt áætlunum.

Allt ferlið: hönnun, innkaup, framleiðsla, prófun/eftirlit og afhending verður að vera skipulagt.

Til þess að tryggja þetta byggja fyrirtækin upp gæðastjórnunarkerfi.

### ÍST-EN-ISO 9000

Við uppbyggingu gæðastjórnunarkerfis er hægt að fara eftir staðlinum **ISO 9000**. Hvaða hlutar staðalsins sem notaðir eru ræðst af eðli fyrirtækisins. Sjái fyrirtækið um **hönnun, framleiðsla og prófun** verður fyrirtækið að fylgja **ISO 9001**. Hafi fyrirtækið eingöngu **framleiðslu og prófun** á sínum snærum gildir **ISO 9002**. Staðallinn er í nokkrum hlutum sem nota má sem „tékklista“ 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 **suðu verkstjóri** 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 suðuverkstjórnann, „Starfsmaður sem hefur eftirlit með suðuvinnu“. Í ÍST-EN 719 segir „að suðuverkstjórinn skuli hafa sérhæfða tæknipækkingu sem hæfi verksviði hans. Hún getur fengist með blöndu tæknikunnáttu, menntunar og/eda 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/eda 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 viðskiptavininn 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/eda hitaáhrifasvæðis.
- nákvæmra vinnuáætlanana er krafist
- notaðar eru suðuferilslýsingar og jafnvel líka vinnulýsingar til að stýra suðuvinnunni
- það er soðið í vandmeðfarin og þykk efni
- forhitun og/eda 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)
Aðgerðir			
Skoðun verksamninga samninga	Skjalfest heildarskoðun	Minnna umfang skoðunar	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 til staðar	Nægjanlegir og hæfir starfsmenn starfsmenn skulu vera utanaðkomandi eftir þörfum		Nægjanlegir og hæfir, aðstoð
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, viðhaldsáætlun nauðsynleg	Engar sérkröfur, á að vera fullnægjandi	Engar kröfur
Framleiðsluáætlanir	Nauðsynlegar	Gert er ráð fyrir lauslegum áætlunum	Engar kröfur
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 skulu vera til staðar		Engar kröfur
Skýrslugerð	Nauðsynleg	Ekki gefið upp	Engar kröfur
Prófun úr hverri sendingu suðuefnis	Aðeins ef þess er krafist í samningi	Ekki gefið upp	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 stendur og eftir suðu	Eftir þörfum hvernar aðgerðar		Ábyrgð samkvæmt ákvæðum verksamnings
Frávik	Starfsreglur um viðbrögð skulu vera til		
Kvörðun	Starfsreglur skulu vera til		Ekki gefið upp
Auðkenning	Krafist, þegar það er við hæfi	Krafist, þegar það er nauðsynlegt	Ekki gefið upp
Rekjanleiki			Ekki gefið upp
Gæðaskýrslur	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

## G4.2.4 Fræðslukerfi EWF (M6.2.5, T6.2.5, E8.2.3)

Námskrár frá European Federation for Welding, Joining and Cutting eru gefnar út af menntunar- og þjálfunarnefndinni í samvinnu við eftirfarandi lönd: Austurríki, Belgíu, Bretland, Danmörku, Finnland, Holland, Írland, Ítalíu, Luxemburg, Noreg, Portúgal, Spán, Sviss, Svíþjóð og Þýskaland.

### Samsetning og hlutverk EWF í Evrópu

Suða er framleiðsluáferð sem stýrt er af ýmsum reglugerðum og stöðlum. Þannig hefur það verið síðan samþykkt var að nota suðu við samsetningu málmhluta í iðnaði.

Þar til fyrir fáeinum árum, var suðunni stýrt af hverju landi fyrir sig með eigin landsstöðlum og reglugerðum. Þetta tekur nú hröðum breytingum.

Þeir staðlar sem notaðir hafa verið á Íslandi hingað til hverfa nú sem ódast 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 háttáð. 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 réttra 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



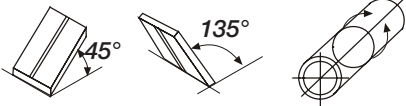

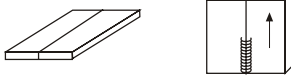
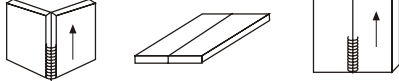
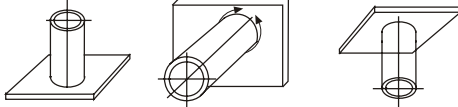
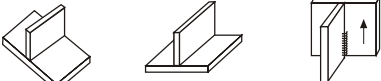
EWP gráða getur verið grunnur að starfi sem suðuverkstjóri í minni fyrirtækjum, eða sem „hægri hönd“ suðuverkstjóra þar sem umsvif eru meiri. Nám til EWP er ekki kennt á Íslandi.

#### 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 rótarstuðnings samkvæmt ÍST EN 287-1. Meðan á náminu stendur þarf að standast tvö suðupróf til viðbótar, soðin í annað efni. Að auki er krafist minnst 2ja ára starfsreynslu úr iðnaði.

Í heild sinni samanstendur EWF-námskeiðið í pinna-  
suðu af áföngunum E1 til E8.

Verklegu æfingarnar sem fylgja hverjum áfanga sjást á  
myndinni hér fyrir neðan.

<p><b>EWF-E8</b> Efnisþykkt 5–10 mm</p>		<p>Verklegt 76 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 90 t</p>
<p><b>EWF-E7</b> Efnisþykkt 5–10 mm</p>		<p>Verklegt 57 t Bóklegt 8 t Próf 5 t SAMTALS 70 t</p>
<p><b>EWF-E6</b> Efnisþykkt 5–10 mm</p>		<p>Verklegt 106 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 120 t</p>
<p><b>EWF-E5</b> Efnisþykkt 4–20 mm</p>		<p>Verklegt 54 t Bóklegt 8 t Próf 8 t SAMTALS 70 t</p>
<p><b>EWF-E4</b> Efnisþykkt 4–13 mm</p>		<p>Verklegt 58 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 72 t</p>
<p><b>EWF-E3</b> Efnisþykkt 3–13 mm</p>		<p>Verklegt 46 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 60 t</p>
<p><b>EWF-E2</b> Efnisþykkt 3–20 mm</p>		<p>Verklegt 64 t Bóklegt 8 t Próf 6 t SAMTALS 78 t</p>
<p><b>EWF-E1</b> Efnisþykkt 4–13 mm</p>		<p>Verklegt 68 t Bóklegt 8 t Próf 4 t SAMTALS 80 t</p>



**Innihald**

EWP-námið inniheldur að hluta til bóklegt nám sem svarar þörfum suðuverkstjóra, og að hluta til verklegt nám þar sem ný suðupróf skulu tekin ásamt námi í öðrum suðuaðferðum.

1. Suðutækni - Suðuferlar	22 tímar
2. Efnisfræði	22 tímar
3. Hönnun	8 tímar
4. Suðuframléiðsla	32 tímar
5. 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 stálmíði 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.

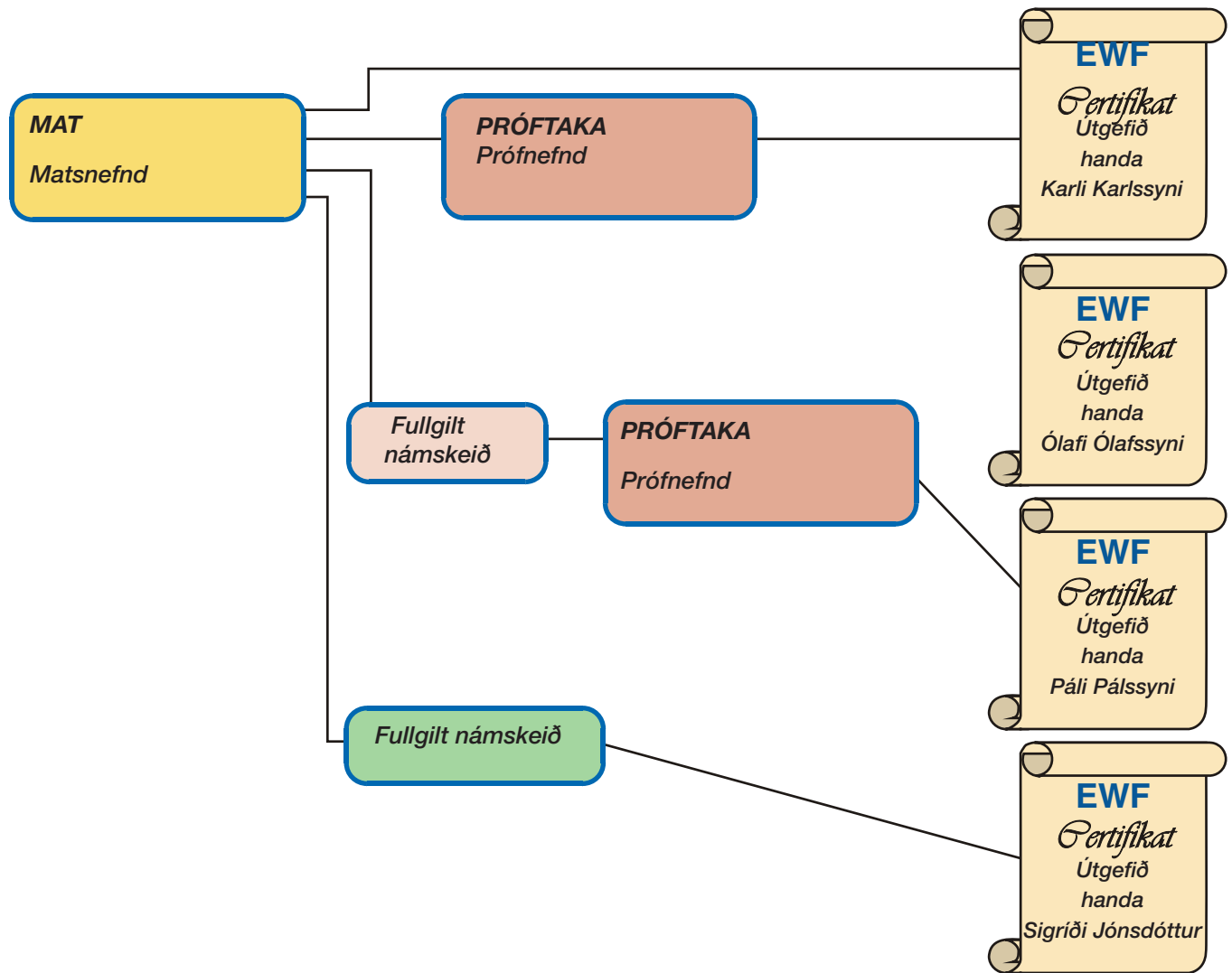
**Aðlögunarreglur**

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.

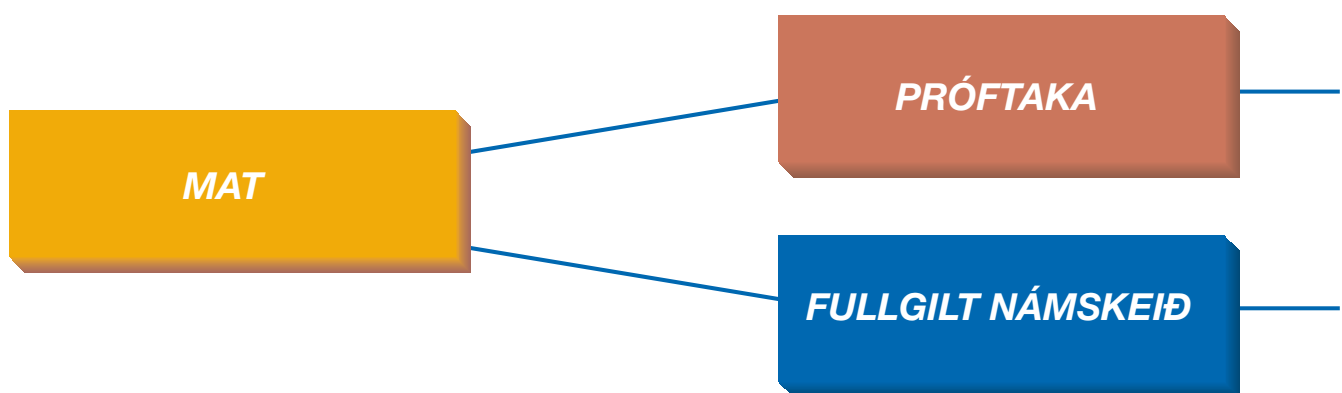
Almennt er reglan sú að til þess að eiga möguleika á að fá skírteini samkvæmt aðlögunarreglunum þarf að hafa að baki sömu tæknilegu grunnmenntun og krafist er til þess að komast inn á fullgilt námskeið. Skírteini sem fengið er eftir aðlögunarreglunum gefur sömu réttindi og hin sem fengin eru að loknu 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 fjölpættu 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

## G4.2.5 Yfirlit yfir málmsuðuaðferðir

### Upprifjun: Ljósboginn sem hitagjafi

(sjá G1.2.2)

### Upprifjun: Suðubúnaður

(sjá G1.2.3)

### Upprifjun: Suðupráður

(sjá G2.2.1)

## Grunnþættir 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.

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.

## 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 ljósbogaspennu. Þetta er til þess að straumgjafinn geti jafnað fljótt út þann mun sem verður á ljósbogaspennunni við breytingar á ljósbogalengdinni, og hafi jafnframt góða kveikieiginleika.

## 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 suðuhraða við lárétta suðu, en eru fljótari öðrum pinnum við suðu í stöðunni lóðrétt stígandi. Ástæða þessa er að basíska pinna er hægt að sjóða á hærri straumi en aðra við lóðréttu suðu.

Að jafnaði er ekki eins auðvelt að hreinsa gjall eftir basíska pinna eins og eftir 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 fljótsoðnir 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, rútlbasísk eða zirkonbasísk. Ryðfrír pinnar eru til bæði sem venjulegir og sem háafkastapinnar. Sérstakir pinnar eru til fyrir suðu á ryðfrú 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 nikkel, nikkelhlutfallið er frá 60% til 100%.
- Álpinnar, til suðu í ál og álblöndur, bæði steipt og valsað efni.
- Koparpinnar, til suðu á breiðu úrvali af suðuhæfum koparblöndum.
- Slit- og harðsuðupinnar, þar sem gerðar eru kröfur um efni sem eiga að þola háan hita, tæringu, slit, högg og þrýsting.
- Djúpsuðupinnar, til suðu á ófösuðum stúfsuðuskeytum og til suðu á bakstrengjum án mikillar róthreinsunar.
- Pinnar, til að fúga/skera í allt stál og aðra málma.
- Cellulósapinnar, fyrst og fremst til suðu lóðrétt fallandi á röralögnum (pipeline). Hár straumur samfara sverum pinnum og góðri innbrennslu gefa mikinn suðuhraða.

## Flokkun rafsuðupinna

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

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

**ÍST EN 499** um flokkun og merkingu rafsuðuvíra

**ÍST EN ISO 6947** um suðustöður

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

**ÍST EN ISO 5817** um flokkun suðugalla

**ÍST EN ISO 2553** um teiknitákn fyrir suðu

**ÍST EN 729** um gæðakröfur

**ÍST EN 1011-1** um framkvæmd rafsuðu

**ÍST EN ISO 15609-1** um suðuferilslýsing

## 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 rakatigið 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.

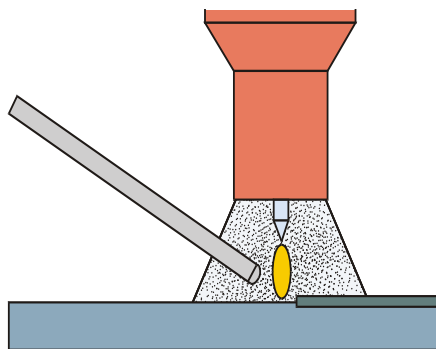
## Grunnatriði TIG-suðu

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 málanna 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 málminum. Það er hægt að sjóða ál á jafnstraumi plúspól (+), en þá er hætta á að wolframrafskautið bráðni.

Við TIG-suðu er hægt að kveikja ljósbogann með því að strjúka skautinu við vinnsluefnið, þ.e.a.s. eins og þegar kveikt er á eldspýtu. Þessi aðferð er notuð þegar búnaðurinn er einfaldur og kröfurnar litlar. Oftast er notuð hátíðnikveiking til þess að kveikja ljósbogann, en þar sem hátíðnistraumur truflar m.a. útvarpsbylgjur hafa aðrar gerðir kveikibúnaðar litið dagsins ljós. Ein þeirra er s.k. „liftarc“, 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

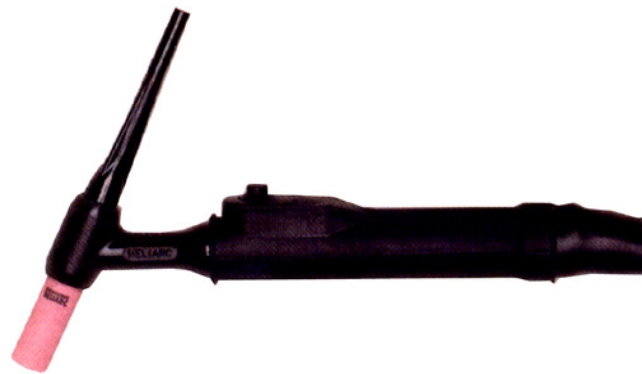
Straumgjafinn fyrir TIG-suðu getur verið afriðill, inverter, transari eða straumgjafi sem hefur bæði rið- og jafnstraum, þar sem hægt er að stilla á þann straum sem hentar hverju sinni. Á eldri búnaði var straumgjafinn sér og kveikibúnaðurinn sér, en á nýrri vélum er allt sambyggt í sömu einingu.

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 zirkoníum, 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.

## Öruggr 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 útidrym. 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 þrýstijöfnunum er gasið leitt eftir gasslögum að handfangi og brennara.

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

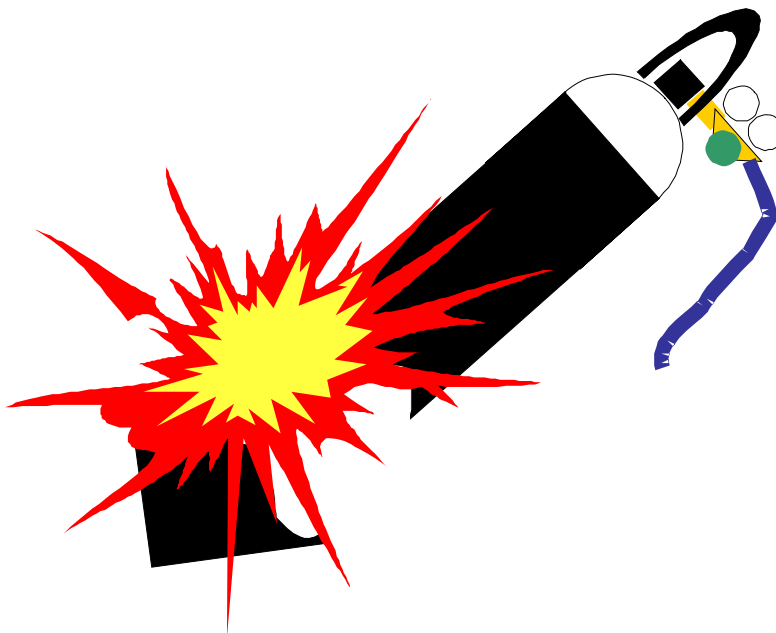
## Örugg vinna við logsuðu

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 ef bruna ber að höndum.



*Gashylki geta sprungið ef meðferð þeirra er röng.*

### HEIMILDIR:

„Suðuhandbækur“ – ESAB, AGA, Kemppi

„Frumsemið efni“ – Bengt Westin

## G4.2.6 Örugg vinnubrögð á byggingarstað (M4.2.6, T4.2.6, E5.2.3)

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

Oft fer meginhluti suðuvinnunnar fram á verkstæðinu, en endanlega samsetningu verður að framkvæma á byggingarstað. 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**

Pegar 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 heppi-legar til útivinnu.

Pinnasuða og sjálfverndandi rörþráður (Innershield) þola vægan vind, en til að tryggja suðugæðin ætti alltaf að reyna að hlífa suðustaðnum á einhvern hátt. Til þess eru ýmsir möguleikar – allt frá einföldum vindhlífum úr segldúk og að því að byggja alveg yfir vinnustaðinn. Færanleg tjöld úr stálgrind og með hvítum eða gulum dúk eru algeng. Ljósir dúkar sem þessir hleypa birtu í gegn.



Dæmi um yfirbyggðan vinnustað.



Unnið við suðu á röralögn.



## Áhrif frumkraftanna

### Vindur

Jafnvel tiltölulega vægir vindar eða einstaka vindgustur getur blásið burt gashlífinni frá ljósboganum og valdið því að suðan verður loftbólufyllt. Þar að auki getur vindkælingin gert suðumálminn stökkan.

### Hitastig

Það ætti að forðast suðuvinnu þegar hitinn er undir frostmarki, þar sem mikil hættu er á að hin hraða kæling valdi því að suðumálmurinn og grunnefnið í HAZ verði stökkt. Þegar soðið er í kulda, á að forhita suðusvæðið. Oft dugir að hita upp í stofuhita (+20°C). Til að hindra of hraða kólnun á síðan að þekja suðusvæðið með einangrunarmottum.

Þar sem málmar leiða vel bæði hita og kulda, sam-tímis 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 set-dýnu.

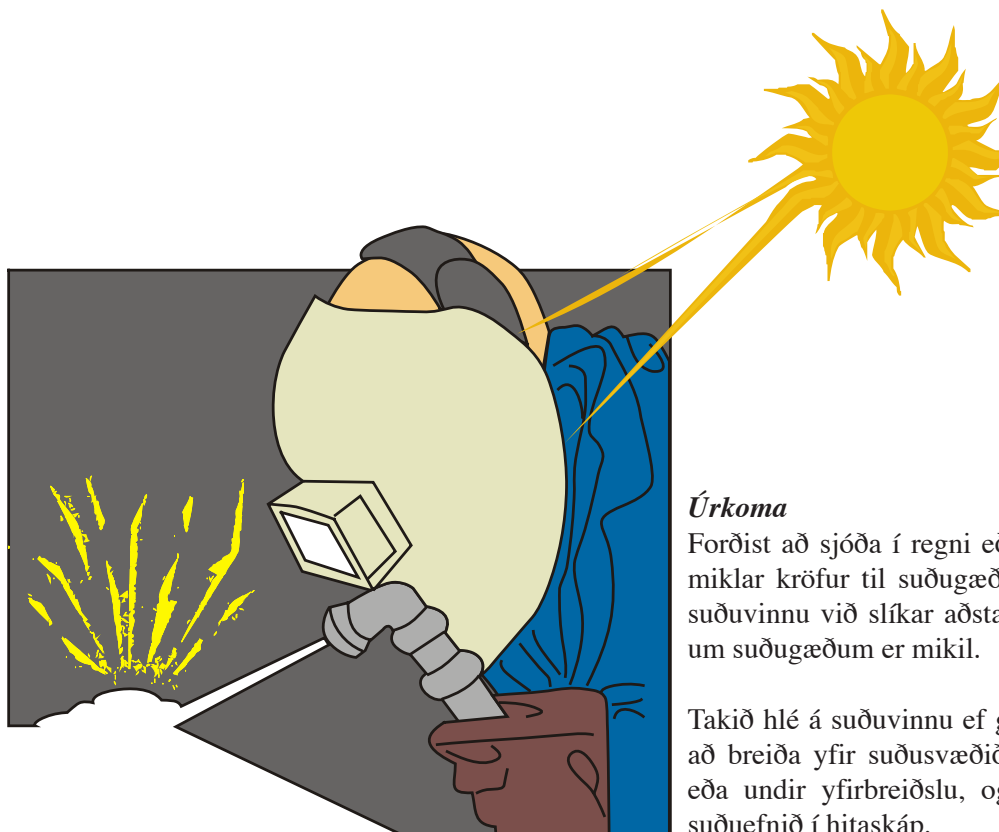
Hitastigið getur líka verið til vandræða á sumrin. Suðuvinna í miklum hita getur verið alveg jafn erfið og suðuvinna í kulda. Það verður að undirstrika mikilvægi þess að nota hlífðarföt þótt heitt sé í vedri. Suðuspraut og

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 vinnuskipu-lagi 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 vinnu-staðnum 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.



Geymið suðuefnið í hitaboxi eða í hitaskáp.



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

### 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 hættu á lélegum suðugæðum er mikil.

Takið hlé á suðuvinnu ef gerir úrkomu. Gleymið ekki að breiða yfir suðusvæðið, koma suðuvélinni í skjól eða undir yfirbreiðslu, og að sjálfsögðu á að setja suðuefnið í hitaskáp.

**Þrumur**

Þrumuveður getur verið hættulegt ef eldingu slær niður í stálvirki.

Að auki getur elding sem slær niður valdið miklu tjóni á rafeindabúnaði nútíma suðuvéla.



Vinna í mikilli hæð krefst stöðugar árverkni, og það er því afar mikilvægt að pallar og annað sem unnið er á sé stöðugt. Það er úr ýmsu að velja; bæði still-ansar og vinnupallar af ýmsum gerðum og færanlegar körfur („sky-liftar“) og skæralyftur.

Stillansar og vinnupallar eiga að vera vel festir og með grindverkum sem hindra fall.

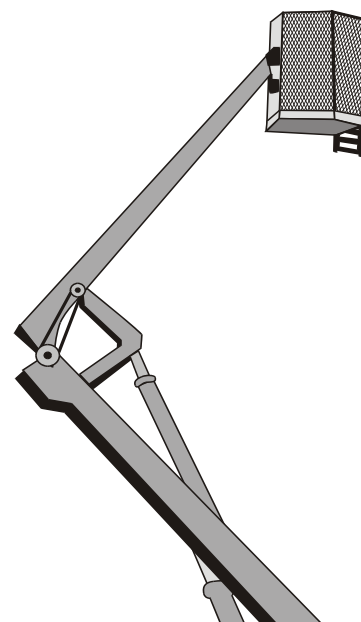
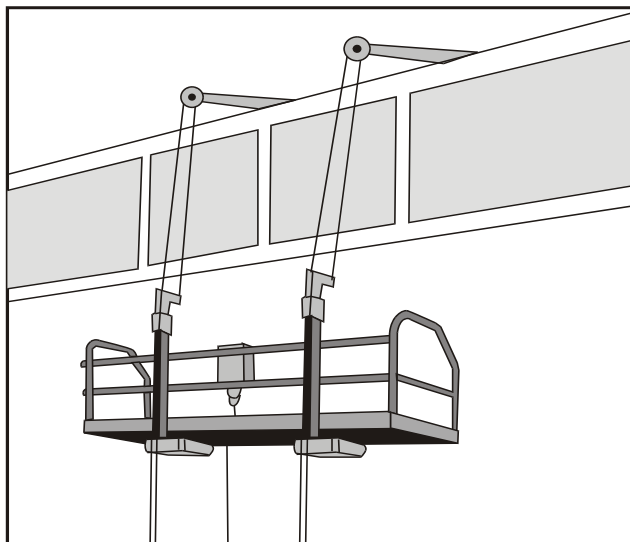
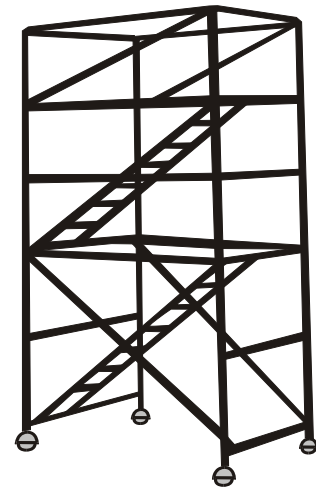
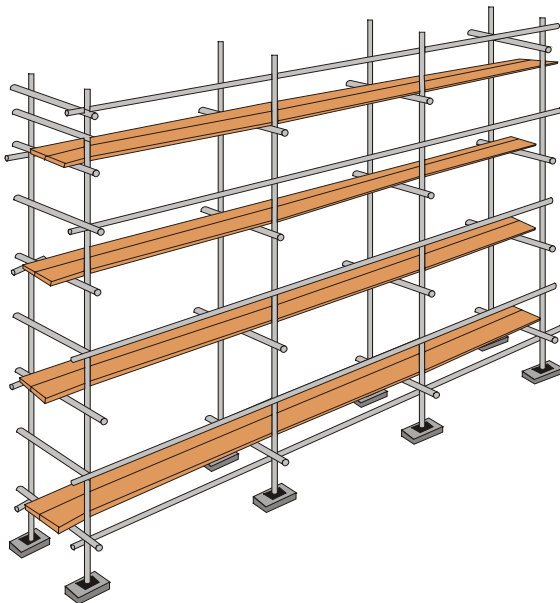
Þegar unnið er í færanlegum vinnukörfum eiga stuðningsfæturnir að vera á stöðugum grunni.

Gætið þess að festa stiga og tröppur vandlega.

**Örugg vinna í mikilli hæð**

Það má aldrei hunsa öryggið þegar unnið er í mikilli hæð. Slys sem verða vegna falls eða þegar hlutir falla niður á þá sem eru undir, eru alltof stórt hlutfall vinnuslysa.

**Vinnið aldrei standandi í stiga!**



Dæmi um vinnupalla og lyftur.

## Örugg vinna í skurðum, grunnum o.p.h.

Það er ekki bara vinna í miklli hæð sem hefur hættu í för með sér, jafnvel andstæðan - þ.e. vinna í skurð-um og grunnum - hefur sína áhættuþætti.

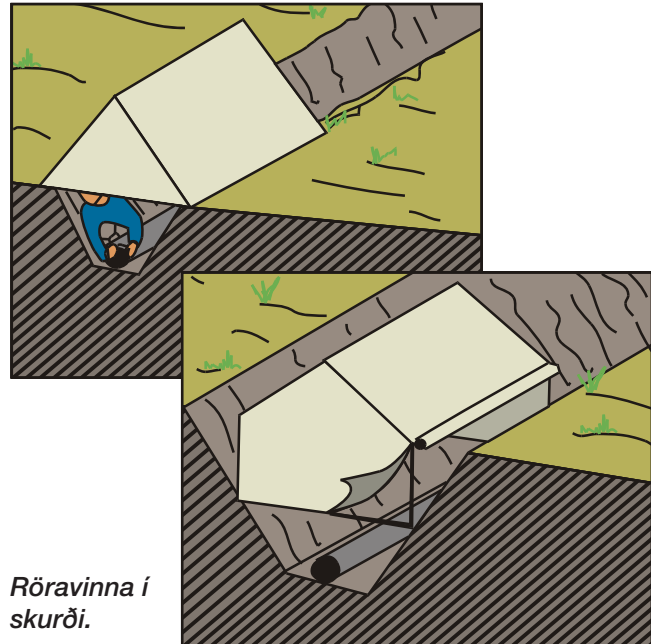
Í skurðum og göngum er alltaf viss hættu á hruni, sérstaklega ef úrkoma hefur losað um jarðveginn. Við lengri skurðavinnu er rétt að hafa á staðnum dælubúnað til að dæla upp vatni sem safnast í skurð-inn.

Vatn sem safnast á botn skurða og gangna getur valdið alvarlegum óhöppum ef rafleiðslur lenda í því.

### Jarðtenging

Jarðtenging suðurárinna 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 lífshættu-legar - krókaleiðir.

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



Röravinna í skurði.

**Festið aldrei jarðklemmuna í vinnupallinn!**

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!

### Að hlífa vinnufélgum við hættum suðuvinnunnar

Vinna á byggingarstöðum er sérstaklega áhættusöm. Tímapressa, margir iðnaðarmenn á litlu svæði, slæmt veður o.s.frv. eykur áhættuna. Það er þess vegna afar mikilvægt að verkfæri og annað sé staðsett þannig að fallhættan verði sem minnst. Gætið þess

*Aðdráttarafli jarðar hefur viss áhrif þegar unnið er í mikilli hæð. Hlutir sem falla fara alltaf stystu leið niður.*



HEIMILDIR:

Þætt vinnuumhverfi, byggingarstaðir. Eigin reynsla, Bengt Westin, Jan Jönsson