

SVETSNING OCH TILLVERKNING I ROSTFRIA STÅL



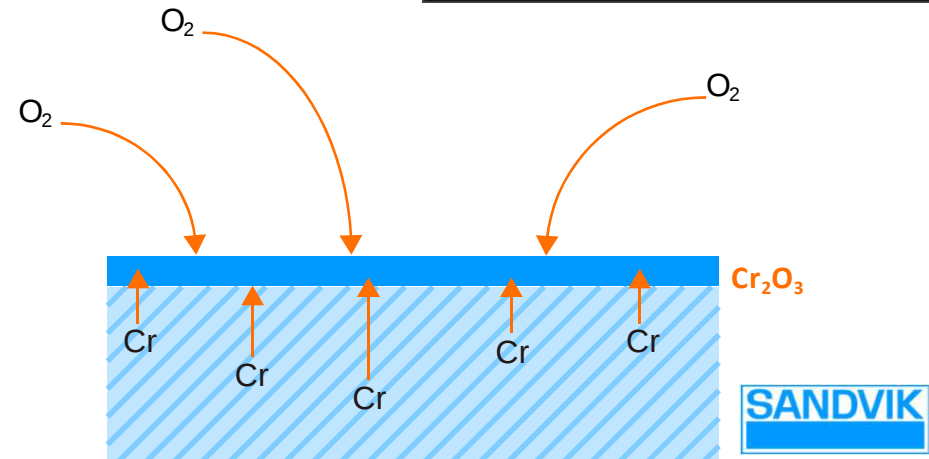
UTVECKLING AV ROSTFRIA STÅL

- Harry Brearly, Brittisk medborgare
- År 1913
- Uppgiften var att förbättra slitagemotståndet för kanonpipor med krom-karbider
- Provstycken med >12% Cr rostade inte!
- Krom bildar ett mycket tunt genomskinligt oxidskikt som skyddar mot korrosion.
- Vid skada återbildas skiktet omedelbart om syre finns närvarande
- Upptäckten av det första rostfria martensitiska stålet: C 0,24%, Cr 12,8%

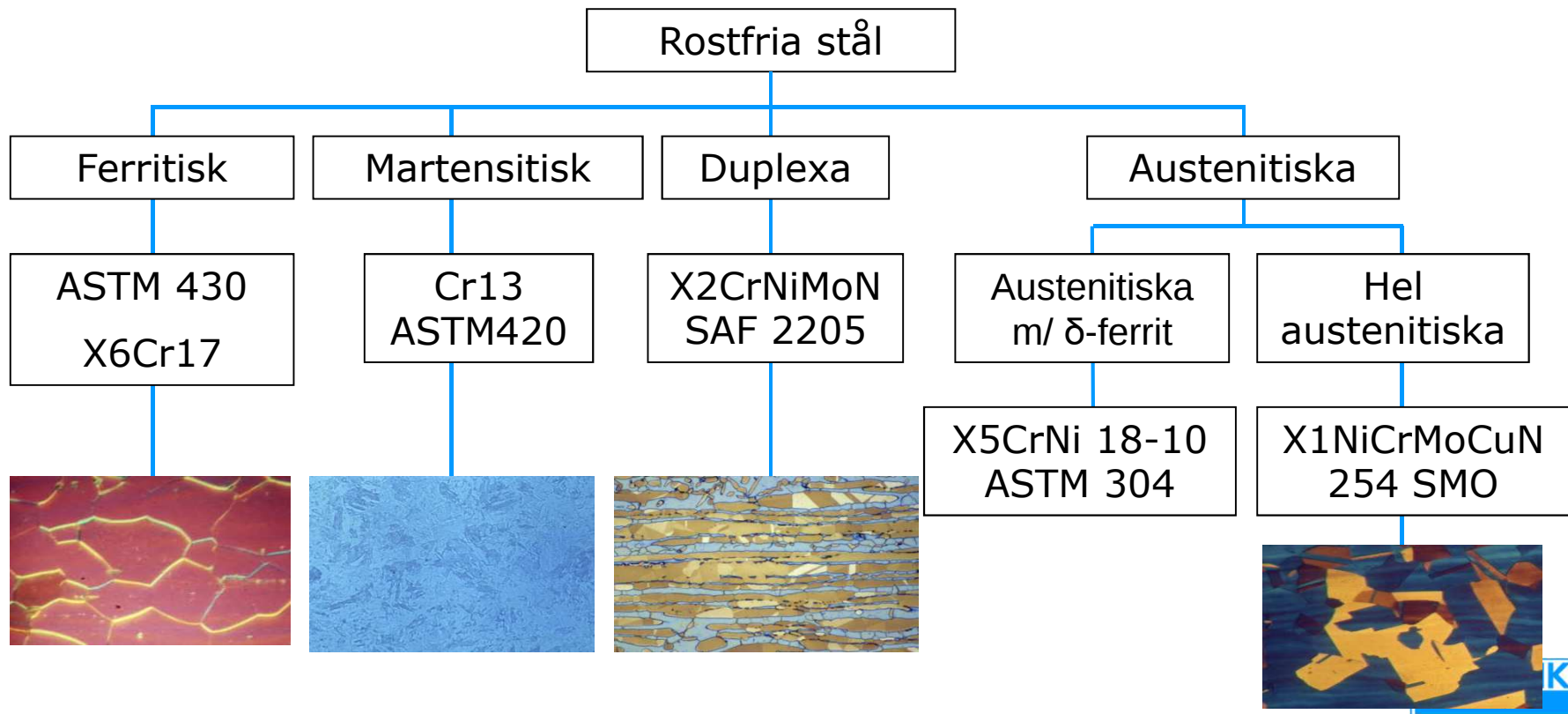


DEFINITION AV ROSTFRITT STÅL

- Krom i stålet reagerar med syre (i gas eller vätska) och bildar oxid i form av en ytfilm. Stålet blir "passiverat".
- Skiktet är tunt, tätt och stabilt och skyddar stålet från att rosta (bilda järnoxid).
- Definition av rostfritt stål: $>11\%Cr$ ($<1.2\%C$)



KLASSIFICERING AV ROSTFRIA STÅL



KLASSIFICERING AV ROSTFRIA STÅL

ROSTFRIA STÅL - SVETSBARHET

Typ	Kemisk sammansättning för stål enligt SS-EN 10088-1				Härdbarhet	Svetsbarhet	Ferromagn
	C%	Cr%	Ni%	Mo%			
Austenitiska	max 0,15	16-28	6-32	max 7	Ej härdbara	Mycket god	Ej Magnetisk
Ferritiska	max 0,08	10,5-14	-	max 2	Ej härdbara	Rel. god	Magnetisk
	max 0,08	16-19	-	max 2,5			
	max 0,03	28-30	-	max 4,5			
Martensitiska	min 0,08	11-14	max 1,5	-	Härdbara	Dålig-accptabel	Magnetisk
	min 0,25	12-19	max 2,5	max 2,0			
	max 0,03	11-13	max 6,5	max 2,5		Rel. god	
Utskiljn. härdande*)	max 0,09	15-18	3-7,8	-		God	
	max 0,10	13-16	5-7,8	1,2-3			
Martensit-austenitiska	max 0,10	12-14	5-6	-	Härdbara	Relativt god	Magnetisk
	max 0,05	15-17	4-6	1,5			
Austenit-ferritiska	max 0,05	21-30	3,5-8	0,1-5	Ej härdbar	God	Magnetisk
*) Al och Cu är utskiljningshärdande element							

*) Al och Cu är utskiljningshärdande element

INFORMATION I MATERIALCERTIFIKATET

T.ex. KOLSTÅL

Kemiska egenskaper (Nominell)

Element (%)	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%Mo	%Cu	%Ti
	0.65	0.65	0.25	0.20	-	-	-	-

Kemisk sammansättning

- %C berättar hur mycket materialet härdar (hårdheten ökar) på grund av värmepåverkan
- kan beräkna förvärmningstemperaturen

Svetsning: Hög %C medför förvärmning för att öka avkylningstiden (= reducera avkylningshastigheten) så materialet tar mindre härdning i värmepåvekas zon.



INFORMATION I MATERIALCERTIFIKATET

T.ex. KOLSTÅL

Temperatur [°C]	Termisk expansion (α) per °C (genomsnitt i temperatur område ($\times 10^6$))	Termisk konduktivitet (λ) [W/m°C]	Specifik värme (C_p) [J/kg°C]	Resistivitet [$\mu\Omega\text{m}$]
20 (30-100)	11,1	38	460	0.2

Termisk expansion → materialets värmeutvidgning dvs. förändringen i längd, area, volym →

Svetsning: dvs. hur mycket utvidgar sig material vid svetsning.

Termisk konduktivitet → materialets förmåga att överföra värme →

Svetsning: Hur snabbt materialet leder bort värmen från lager nr. 1 och hur snabbt lager nr. 2 kan svetsas med hänsyn till mellansträngstemperatur

Specifik värme → den energi som skall till för att 1kg material skall höjas med 1°C →

Svetsning: Dvs. svetshastigheten påverkas av hur fort materialet värms
(Al: 900, Kolstål: 490, rostfria stål (AISI316: 468):

Resistivitet → den takt värmen färdas genom material →

Svetsning: låg = leder elektricitet bra (rostfritt; 0,083 – 0,022Km/W)

NB Thermal resistivitet är motsatsen till värmeledningsförmågan.

INFORMATION I MATERIALCERTIFIKATET

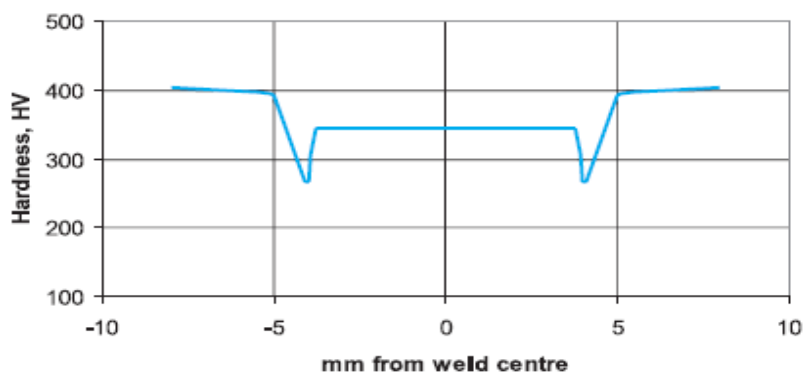
T.ex. KOLSTÅL

Mekaniska egenskaper	
Elasticitets modul, 20°C [GPa = GN/mm ²]	201
Hårdhet, Vickers [HV5]	~400

Elasticitets modul → berättar hur mycket materialet töjs elastisk →

Svetsning: Hur mycket vi måste justera dom delar som skall svetsas ihop då materialet drar sig samman vid svetsning. Eller hur mycket/hårt måste vi häfta/punkta innan svetsning

Hårdhet → berättar hur hårt materialet är i olika leveranstillstånd och hur mycket materialet härdar → **Svetsning**: Påverkar hur mycket hårdhetsökning i värmepåverkade zon.

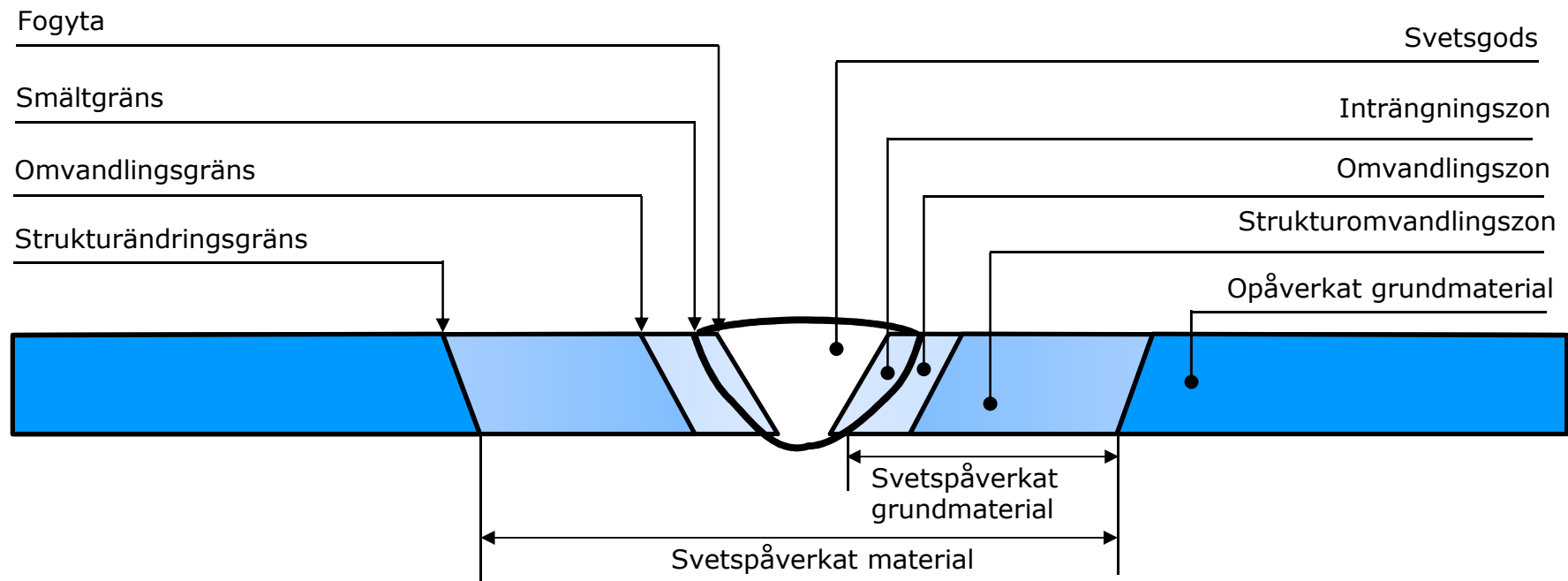


Ex. på hårdhetsprofil genom en svets i grundmaterial med stor deformation



STÅL - SVETSNING

DEFINITION AV EN SVETSFOG



Ju **mer** tillförd **värme** desto **bredare svets**-påverkat grundmaterial

MARTENSITISKA



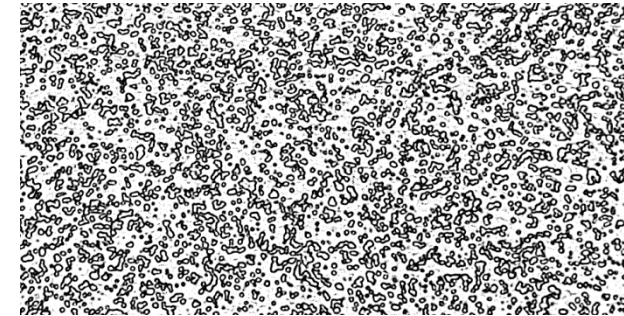
MARTENSITISKA

EGENSKAPER

- Härdbara till hög hårdhet och slitstyrka
- Låg seghet
- Begränsad formbarhet (före härdning)
- Begränsad korrosionsbeständighet – och endast i härdat tillstånd
- Begränsat svetsbarhet

VÄRMEBEHANDLING

- Härdning vid 1000-1100°C + anlöpning 200-500°C



SAE	EN	SS	%C	%Cr	%Mo
410	1.4024	2301	0.15	13	
420	1.4021	2303	0.2	13	
422	1.4935		0.2	13	1.0
440C	1.4125		1.0	17	0.5



MARTENSITISKA ROSTFRIA STÅL

SVETSBARHET = BEGRÄNSAT

- En hård och spröd zon bildas alltid intill smältgränsen.
- Svetsning sker genom förvärmning till en förhöjd arbetstemperatur (200 – 400°C), efterföljt av värmebehandling efter svetsning vid 650 – 750°C under 30 – 60 min (beroende av kemisk sammansättning)
- Risk för väteförsprödning^{*)} föreligger i den värmepåverkade zonen!

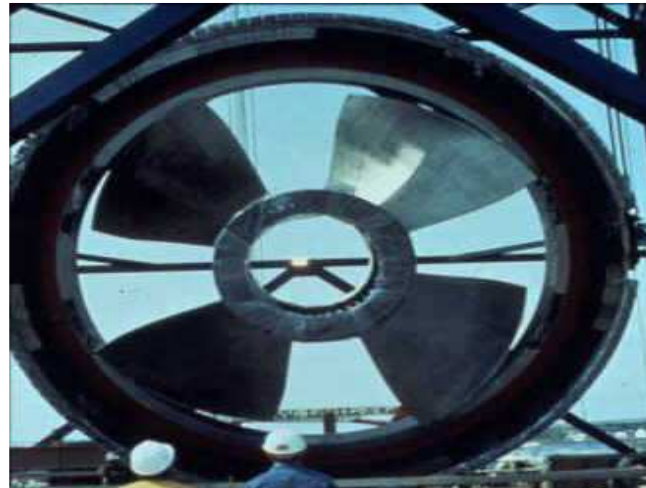
^{*)} spänningar, hydrogen, martensitisk mikrostruktur

Kolhalt%	Svetsning
Mindre än 0,1	Ingen förvärmning eller värmebehandling efter svetsning
0,1-0,2	Förvärmning till 250°C, långsam svalning efter svetsning
0,2-0,5	Förvärmning till 250°C, avspänningsglödning efter svetsning
Mer än 0,5	Förvärmning till 250°C, svetsning med hög sträckenergi, avspänningsglödning efter svetsning

MARTENSITISKA

TILLÄMPNINGAR

- Eggverktyg (knivar, rakblad mm)
- Maskinkomponenter (bultar, axlar mm)
- Ventiler / Turbinblad
- Kullager



Francis



Kaplan



Pelton



MARTENSIT-AUSTENITISKA

LEGERINGSSAMMANSÄTTNING

- Typisk sammansättning:
C <0,10%, Cr 12 - 17%, Ni 4 - 6%, Mo ~1%
- Magnetisk och hårdbar.
Härdas genom kylning i olja eller luft från
ca 1000 °C följt av anlöpning vid 600°C.
- Den slutliga strukturen består av 65-80%
anlöst martensit och austenit
=> bättre duktilitet jämfört med rent
martensitiska rostfria stål.

“SUPER MARTENSITISKA STÅL – 13% CR-STÅL FÖR PIPELINES

- Relativt ny material typ
- Typisk sammansättning:
C<0,02, Cr 12,5, Ni 5, Mo 2

MARTENSIT-AUSTENITISKA

TILLSATSMATERIAL

- Vanligtvis austenitiskt. Om matchande tillsatsmaterial används krävs efterföljande värmebehandling vid ca 600°C.
- Risken för väteförsprödning är relativt låg genom närvaron av en stabil austenit-fas.
- Svetsas med austenit-ferritiska eller matchande tillsatsmaterial.

SVETSBARHET

- Relativt god!
- Martensiten som formas i den värmepåverkade zonen är mer duktil. Svetsning med förhöjd arbetstemperatur kan ofta undvikas.

MARTENSIT-AUSTENITISKA

APPLIKATIONER



13% Cr-stål, offshore



CSO Apache

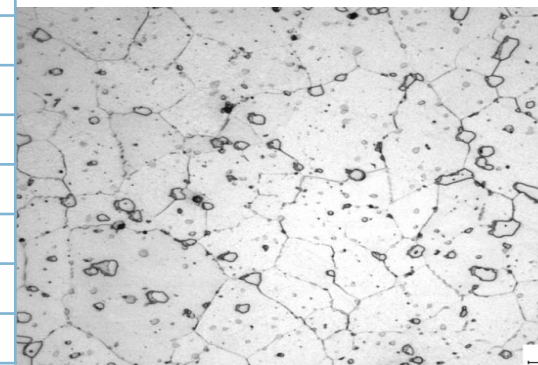


FERRITISKA



FERRITISKA

	Grupp	SAE/ASTM	EN	UNS	%C	%Cr	%Mo	Övrigt
1	10-14%Cr	409	1.4003	S40900	<0.08	11		Ti
		410	1.4005	S41000	0.14	12		
2	14-18%Cr	430	1.4016	S43000	<0.12	17		
3	14-18%Cr stabiliserade	439	1.4520	S43035	<0.07	18		Ti
		430Ti	1.4510		<0.10	18		Ti
		430Nb	1.4511		<0.05	17		Nb
		441	1.4509	S44100	<0.02	18		Nb, Ti
4	Mo-legerade	436	1.4513	S43600	<0.12	17	1.2	Nb
		444	1.4521	S44400	<0.025	18.5	2.2	Nb, Ti
5	18-30%Cr	445	1.4621	S44500	<0.02	20		Nb, Cu
		446	1.4749	S44600	0.17	27.5		N
			1.4767	K92400		20		5Al



FERRITISKA

TYPISKA EGENSKAPER

- Sträckgräns ungefär som austenitiska stål
- Bra oxidationsbeständighet vid höga temperaturer
- Okänsliga för spännings- & liten risk för interkristallin korrosion
- Låg kryphållfasthet & slagseghet
- Relativt god formbarhet

TILLSATMATERIAL

- Austenitiska eller matchande. Även austenit-ferritiska av typen 29.9 används.
- Matchande tillsatser används i reducerande svavelmiljöer.

SVETSBARHET

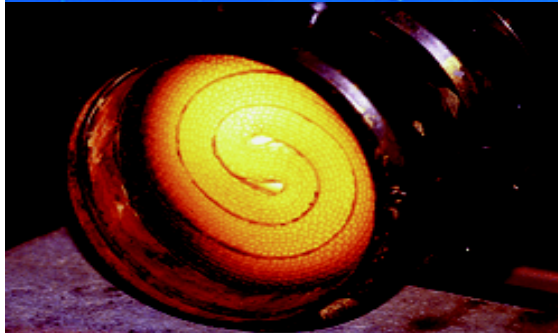
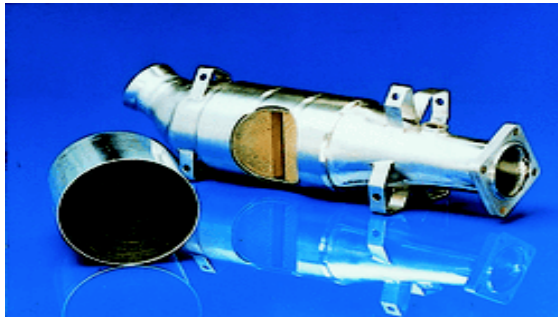
- Relativt god svetsbarhet, men korntillväxt i den värmepåverkade zonen och karbidutskiljningar i korngränser begränsar p.g.a försprödande effekt.
ELI-stål (extra låg kol) har bättre svetsbarhet.
- Förvärmning vid 200 - 400°C är ofta nödvändig.
- För att förbättra hållfasthet och korrosionsmotståndet kan efterföljande värmebehandling (PWHT) vid 750 - 850°C och 30 - 60 min utföras.
- Ferritiska stål är känsliga för 475°C försprödning och sigmfasutskiljning.



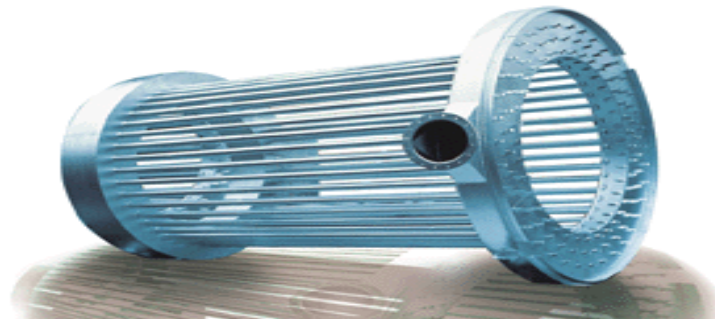
FERRITISKA

APPLIKATIONER

- Avgassystem och katalysatorer



Sandvik 0C404, Sandvik 0C382



REKUPERATORER

- En rekuperator är en värmeväxlare, som arbetar kontinuerligt enligt motströmsprincipen med syfte att spara energi som t.ex. kostnad på bränsle (Sandvik 4C54)



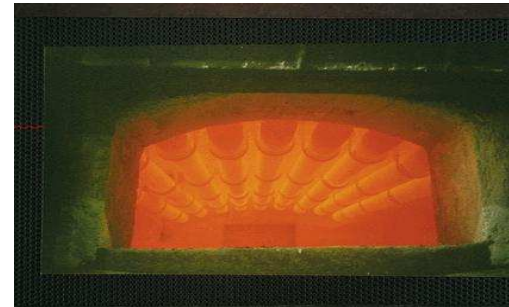
FERRITISKA

APPLIKATIONER

- APM / APMT (Advanced Powder Metallurgy (Tube) = Högtemperatur material)
- Typisk sam.sättning: 0,01%C, 20%Cr, 6%Al, 0.3%Si, 0.2%Ni, 0,1%Zr,, N, rest Fe

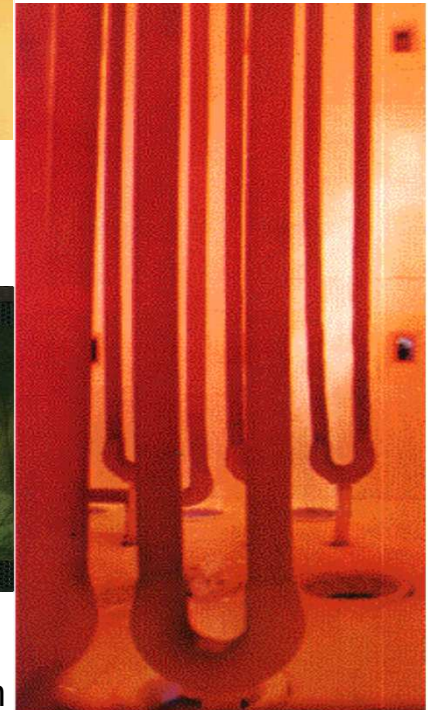


Skyddsrör/strålningsrör för
Tubothal element



Strålningsrör (Tubothal
inuti) hållugn för aluminium

Rör i etenugn



AUSTENITISKA



AUSTENITISKA

	SAE/ASTM	EN	UNS	SS	%C	%Cr	%Ni	%Mo	Övrigt
300-serien	304	1.4301	S30400	2333	<0.08	19	9.5		
	316	1.4401	S31600	2343	<0.08	17	12	2.5	
	321	1.4541	S32100	2337	<0.08	18	10.5		Ti
	347	1.4550	S34700	2338	<0.08	18.5	11		Nb
200-serien		1.4369	S21904		0.11	18.5	7		6Mn, 0.25N
	201	1.4371	S20100		<0.15	17	4.5		6.5Mn, 0.1N
Höglegerade	<i>Alloy 800</i>	1.4959	N08800	-	0.07	21	32		Al, Ti
	310	1.4951	S31000	2361	<0.15	25	20		
	904L	1.4539	N08904		<0.02	20	25		
Super-austeniter	<i>Alloy 28</i>	1.4563	N08028	2584	<0.03	31	27	4	Cu
	<i>Alloy 825</i>	2.4858	N08825		<0.05	21.5	42	3	Cu, Ti
Nickelbaser	<i>Alloy 600</i>	2.4816	N06600		0.07	15	72		8Fe
	<i>Alloy 625</i>	2.4856	N06625		<0.10	21	58	9	4Nb Fe
	<i>Alloy 718</i>	2.4668	N07718		<0.08	19	52	3	5Nb, 1Ti, Fe



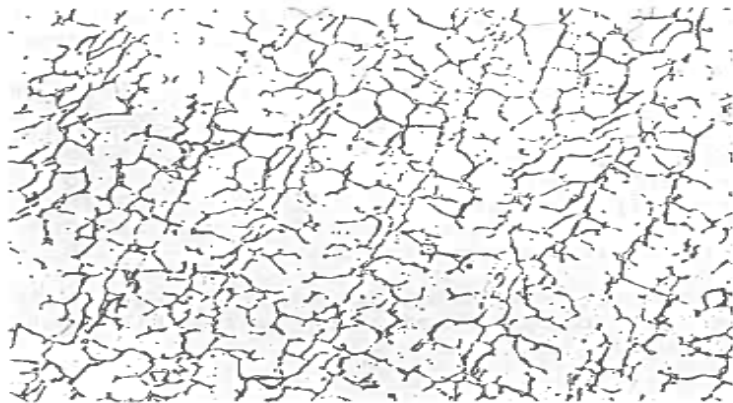
AUSTENITISKA

TYPISKA EGENSKAPER

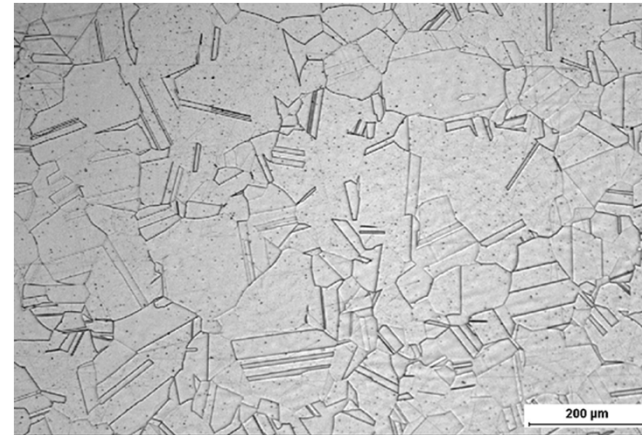
- Relativt låg sträckgräns
- Hög slagseghet och kryphållfasthet
- God duktilitet och formbarhet
- Bra motstånd mot syror och klorider
- Risk för spänningskorrosion och interkristallin korrosion
- Bra oxidationsbeständighet
- Omagnetiska
- Tål relativt höga temperaturer

AUSTENITISKA

MIKROSTRUKTUR



Standard 300 Series
Mikrostruktur i svetsgods
t.ex. 304L, 316L



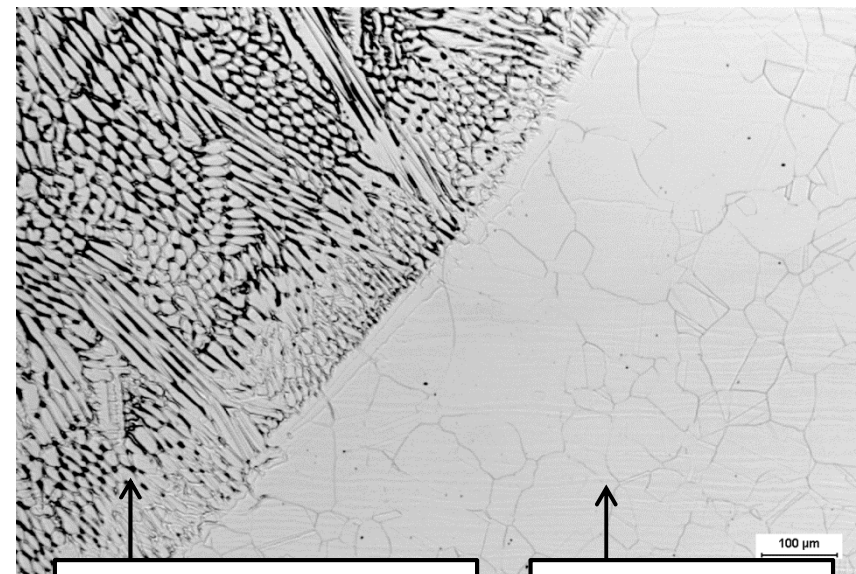
Superausteniter
Mikrostruktur i svetsgods
t.ex. 254SMO

- Tillsatsmaterial typ Sandvik 24.13.L (309L) och lägre legerade, innehåller 3–12% δ -ferrit
- Svetsgodset stelnar primärt ferritisk → god motstånd mot varmsprickor
- Ferrit löser föroreningar, P & S som ofta orsaker varmsprickor

AUSTENITISKA

SVETSBARHET

- Austenitiska rostfria stål har generellt mycket god svetsbarhet, som dock minskar med ökande legeringstillsatser.
- Austeniter med $C > 0,04\%$ sensibiliseras vid svetsning => Interkristallin korrosion i värmepåverkade zonen.
- Risk för varmsprickor vid höga sträckenergier (värmeförlust) och närvaro av föroreningar av P och S etc.



Svetsmetal:
Austenit med några % δ -ferrit

Grund-material:
Austenit

SANDVIK

AUSTENITISKA

TILLSATSMATERIAL

- För vanligt 18Cr/8Ni (ASTM 304, 316) upp till 24Cr/13Ni (ASTM 309)
 - 4 - 12% ferrit
- Högt legerade austeniter är hel-austenitiska, t.ex. 25.20.L.
 - Högrena tillsatsmaterial för att undvika varmsprickor dvs. låga halter av föroreningar (t.ex. S & P)
 - Med fördel 3-5% Mn
- Mycket hög-legerade austenitiska rostfria stål, t.ex.
 - 254SMO svetsas i första hand med Alloy 625 (Sandvik Sanicro 60))
 - 654SMO svetsas i första hand med nickellegeringar typ Alloy 59 (Sandvik Sanicro 59)



AUSTENITISKA

TILLÄMPNINGAR

- Värmeväxlare, rörsystem, djupdragna produkter, höghållfasta fjädrar
- Många olika miljö: Sura, Högtemperatur, Petrokemi,



SANDVIK

AUSTENITISKA

SVETSNING UTAN TILLSATS		SVETSNING MED TILLSATS	
Fördel	Nackdel	Fördel	Nackdel
• Billigare	• Känsligare för sprickor	• Större spricksäkerhet	• Kostnad för tillsatsmaterial
• Mindre med bearbetning efter svetsning	• Kan ge undermått (Fattas material i svets)	• Enklare att få bra geometri => högre mekanisk styrka => Svetsens egenskaper kan styras	
	• Ger segringar i svetsen, nackdel i korrosiv miljö	• Svetsens korrosions-egenskaper kan styras kan ändra kemisk sammansättning	
	• Ger svagare svets	• Segringar kan kompenseras Ferrit löser föroreningar, P & S, som ofta orsaker varmsprickor	

DUPLEXA



DUPLEXA

KEMISK SAMMANSÄTTNING

Stålsort	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Ni	%Mo	%N
Sandvik SAF 2304™	<0.03	0.5	1.2	23	4	-	0.12
Sandvik SAF 2205™	<0.03	<0.10	1.2	22.5	5.5	3	0.15
Sandvik SAF 2507™	<0.03	<0.08	<1.2	25	7	4	0.25
Sandvik SAF 2906™	<0.03	0.40	1.0	29	7	2.4	0.36
Sandvik SAF 2707HD™	<0.025	0.25	1.0	27	6.5	4.8	0.39
Sandvik SAF 3207HD™	<0.03	<0.8	<1.5	32	7	3.5	0.5

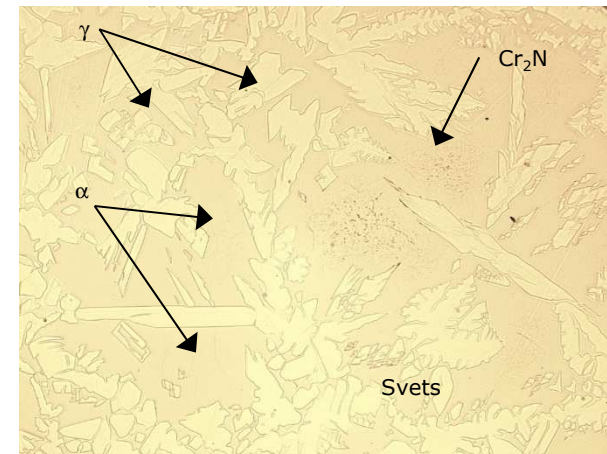
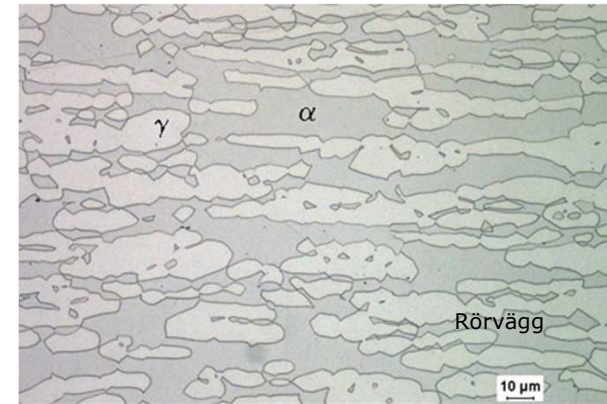
- Strukturstabilitet reduceras med ökande legerings innehåll (Cr, Mo)
- Sensitiv temperatur område pga. utskiljning
 - ✓ Austenitiska 900 – 1050°C
 - ✓ Austenitisk-Ferritiska 600 – 1000°C
- Austenitisk-Ferritiska stål är känsliga mot 475°C försprödning



DUPLEXA

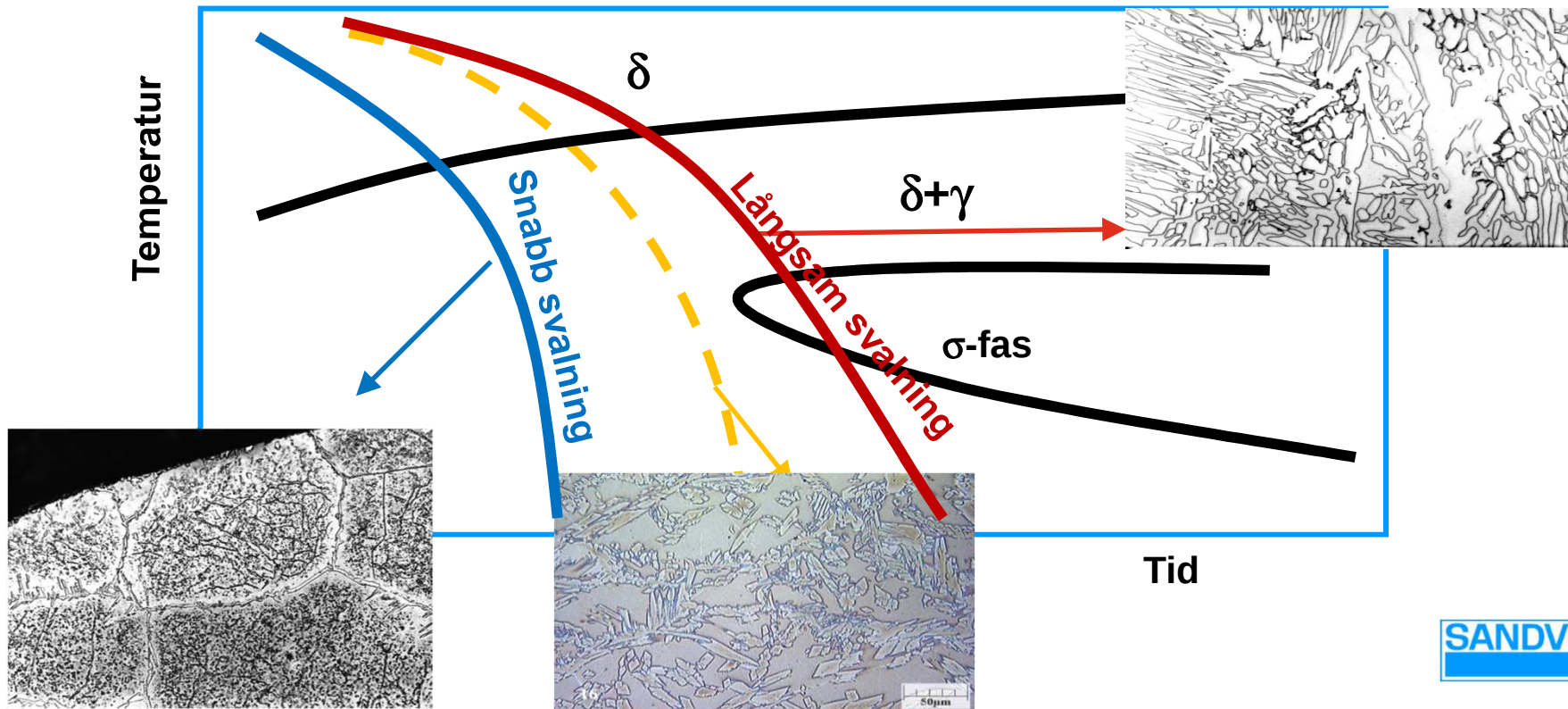
EGENSKAPER

- Duplex = två faser FERRIT och AUSTENIT
- Hög sträckgräns, god seghet och formbarhet
- Mycket bra korrosionsbeständighet, gropfrätning- och spänningsskorrosion
- Risk för bildning av spröda faser vid svetsning och värmebehandling.
- Svår tillverkning pga. hårdnar
- Bör ej användas över ca 250°C pga. risk för 475°C-försprödning



DUPLEXA

STRUKTUR STABILITET: SIGMA FAS & CrN₂



DUPLEXA

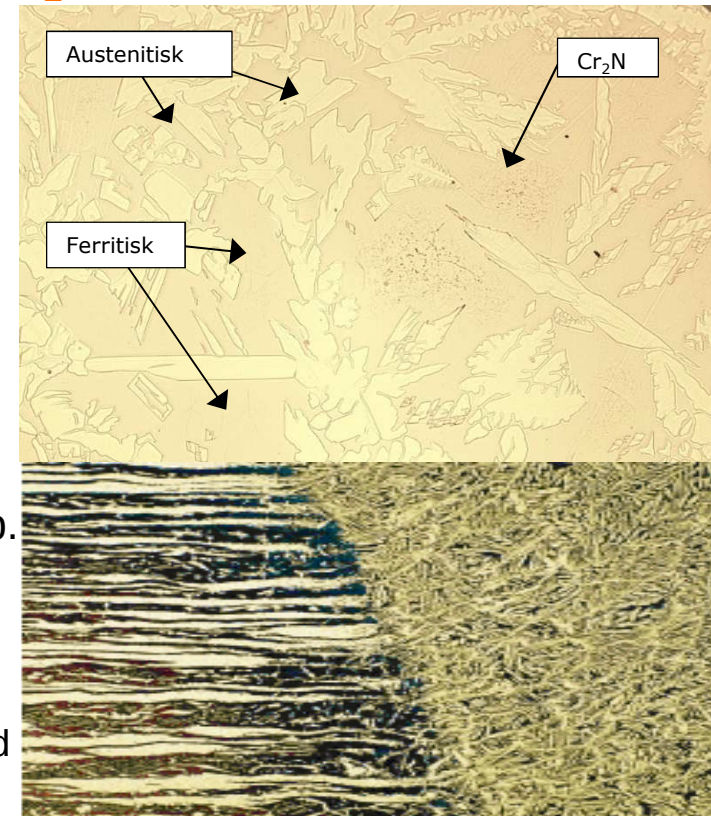
STRUKTUR STABILITET: SIGMA FAS & CrN₂

- Struktur stabilitet reduceras med ökande legerings innehåll (Cr, Mo)
- Sensitiv temperatur område pga. utskiljning
 - ✓ Austenitiska 900 – 1050°C
 - ✓ Austenitisk-Ferritiska 600 – 1000°C
- Att tänka på vid svetsning
 - ✓ Svetsfogen mer känslig än grundmaterialet (svetsmaterial=gjutet)
 - ✓ God kontrol av sträckenergi & mellansträngstemp.
- Krav på mängden ferrit & austenit

API 938-C:
Ferrite content:
30-65% Base
40-65% HAZ
25-60% Weld

NACE MR0175:
Ferrite content
30-70 vol.%

DNV-OS-F101:
Ferrite content:
35-65% HAZ + Weld



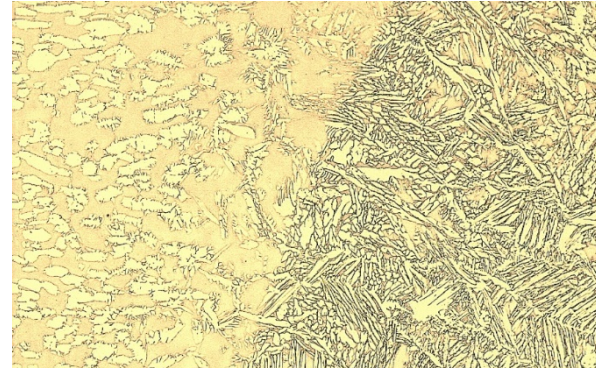
DUPLEXA

SVETSBARHET

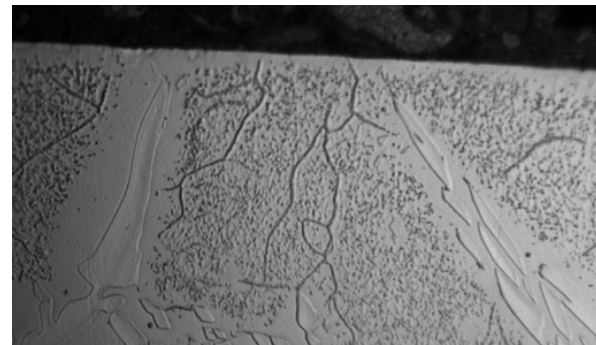
- Duplexa rostfria stål har mycket god svetsbarhet, den avtar dock med ökande legeringshalt.

TILLSATSMATERIAL

- Duplexa rostfria stål svetsas med arteget tillsatsmaterial (lite högre %Ni)



Duplex, svetsat med Ar + 2% N₂.



Duplex, svetsat med Ar.

DUPLEXA

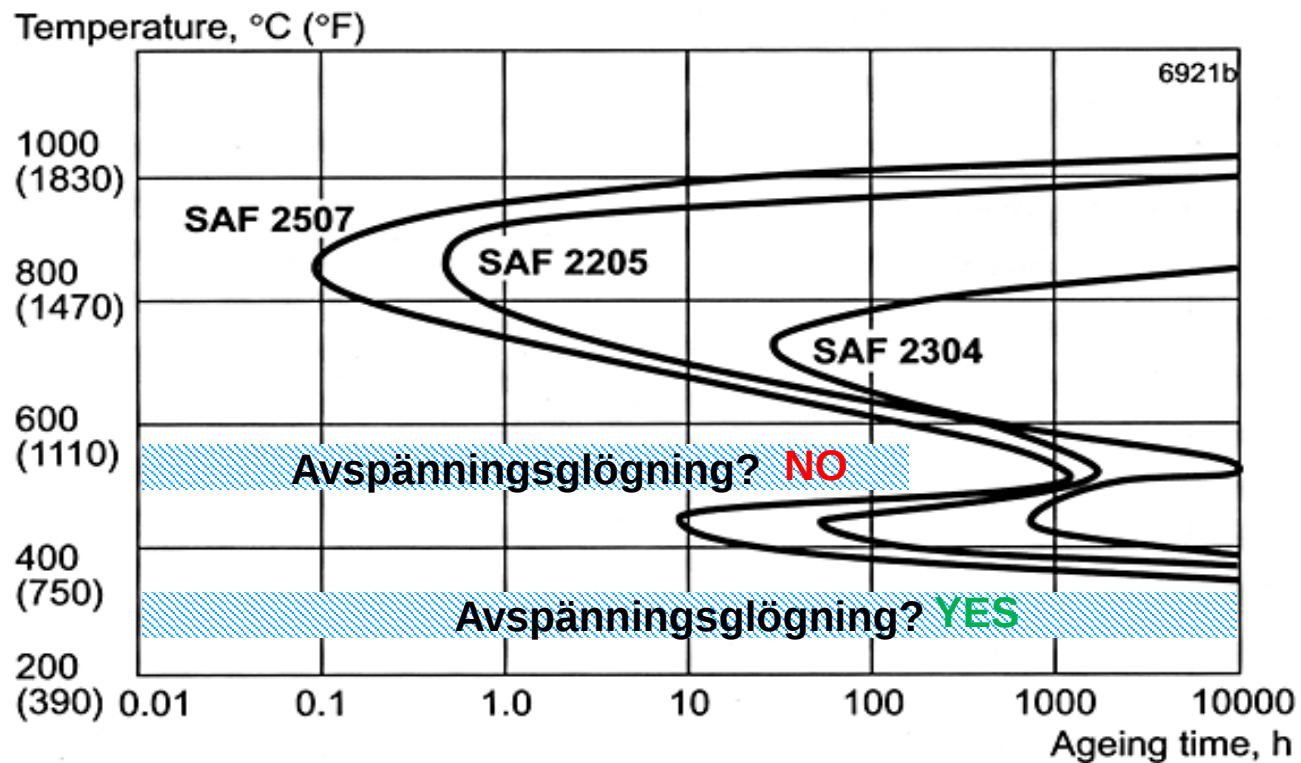
SKYDDSGAS & ROTGAS

	% Nitrogen i position (klocka)						
Svetsare nr.	3	5	6	7	11	12	Mätning i
1	0.17	0.18	0.15	0.16	0.19	0.19	Topp
2	0.18 0.20		0.19 0.21		0.19 0.20		Topp Rot
3	0.22 0.21		0.21 0.21		0.20 0.20		Topp Rot

- I alla fallstudier hade tillsatsmaterial 0.25 %N
- Svetsprocess manuell TIG

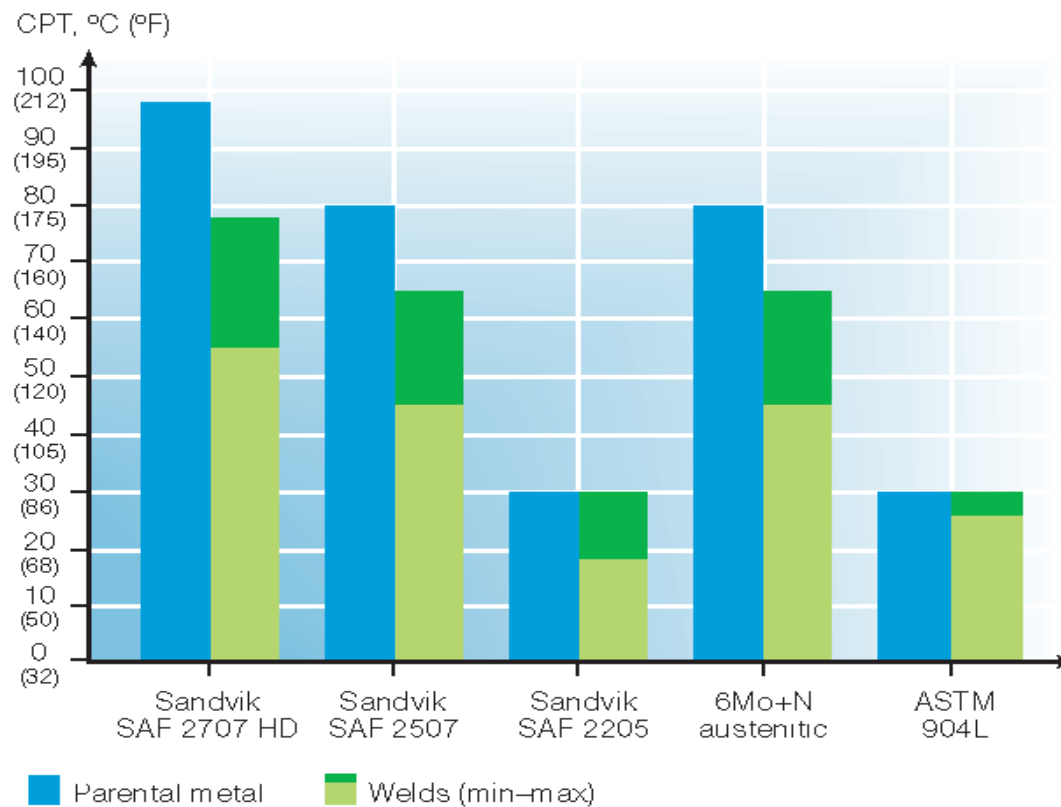
DUPLEXA

AVSPÄNNINGSGLÖDNING



DUPLEXA

EGENSKAPER: GROPFÖRÄTNING



CPT för
Sandvik SAF 2707HD/
SAF 2507 & SAF 2205
i 6% FeCl₂
enligt ASTM metod G48A.

Proverna ligger i lösningen 24-
72h

Kritisk gropförätnings temperatur
definieras när provet fått
gropförätning



DUPLEXA

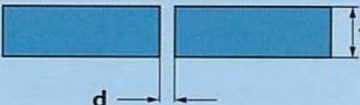
FOGBEREDNING

- Jämfört med 300-serien av rostfria stål, måste hög-legerade duplexa austenitiska stål ha:
 - ✓ Bredare öppning
 - ✓ Öppnare vinkel
- Alla rostfria stål kan svetsas med de vanliga svetsprocesserna
- Svetsprocesser som ger hög sträckenergi t.ex. SAW måste användas med försiktighet för höglegerade stål

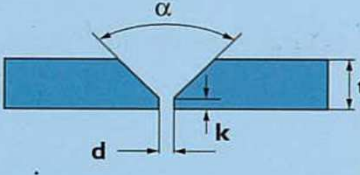
39

Joint design for **one-sided** butt welding

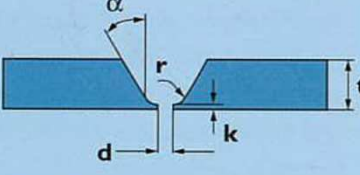
Square groove

	t mm	d mm	
MMA	≤3	1-2	
TIG	≤3	0-2	
MIG	≤3	1-2	

V-groove

	t mm	d mm	k mm	α	
MMA	3-15	2-3	1-2	60-70°	
TIG	2.5-8	2-3	1-2	60-70°	
MIG	3-12	2-3	1-2	60-70°	
SAW*	4-12	2-3	1-2	80-90°	

U-groove

	t mm	d mm	k mm	r mm	α	
MMA	>12	1-2	2-3	6	15°	
TIG	>6	1-2	0-2	6-8	15°	
MIG	>12	1-2	2-3	6	15°	
SAW*	>10	1-2	1-3	6-8	15°	

* Root pass with TIG, MIG or MMA.



DUPLEXA

STRÄCKENERGI

- Hög sträckenergi, $>2,5$ kJ/mm, måsta alltid undgås när man svetsar rostfria stål
- Duplexa stål är inte så känsliga mot hög sträckenergi som austenitiska stål
- Viktig att mellansträngstemperaturen (interpass) hålls korrekt

Stålsort	UNS nr.	Sträckenergi [kJ/mm]	Mellansträngs temp. [°C]
Sandvik SAF 2304™	S32304	0.2 – 2.5	250
Sandvik SAF 2205™	S32205	0.2 – 2.5	150
Sandvik SAF 2507™	S32570	0.2 – 1.5	100
Sandvik SAF 2906™	S32906	0.2 – 1.5	100
Sandvik SAF 2707HD™	S32707	0.2 – 1.0	50-100
Sandvik SAF 3207HD™	S33207	0.2 – 1.0	50-100

DUPLEXA

TILLSATSMATERIAL

GRUNDMATERIAL	GTAW/TIG/141	GMAW/MAG/135	SMAW/MMA/111	SAW/12
LDX 2101®	23.7.L	23.7.L		23.7.L
Sandvik SAF 2304™	23.7.L	23.7.L		23.7.L
Sandvik SAF 2205™	22.8.3.L	22.8.3.LSi	22.9.3.LR	22.8.3.L
Sandvik SAF 2507™	25.10.4.L	25.10.4.L	25.10.4.LR	25.10.4.L
Sandvik SAF 2707 HD™	27.7.5.L	27.7.5.L		27.7.5.L ¹⁾
Sandvik SAF 2906™	29.8.2.L	29.8.2.L		29.8.2.L
Sandvik SAF 3207 HD™	27.7.5.L	27.7.5.L		27.7.5.L ¹⁾

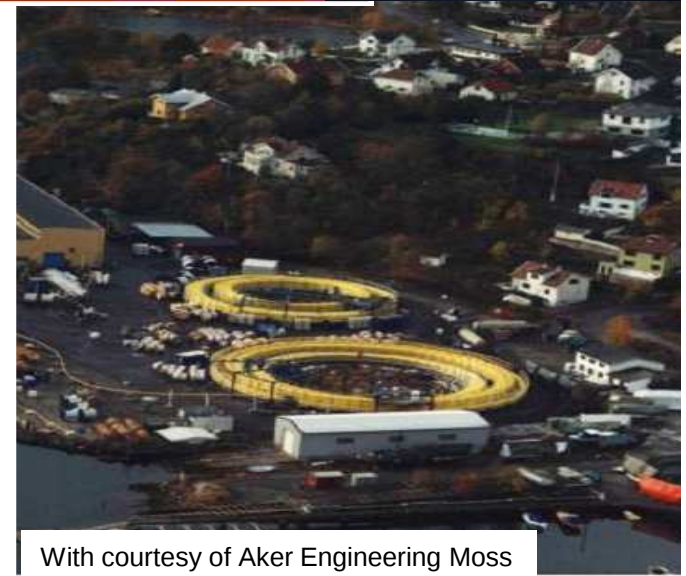
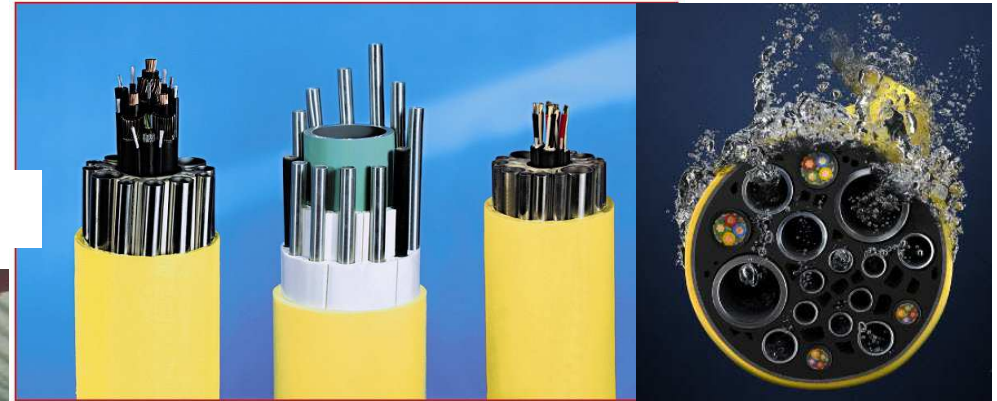
¹⁾ 27.7.5.L SAW only trial in overlay welding



DUPLEXA

TILLÄMPNINGAR

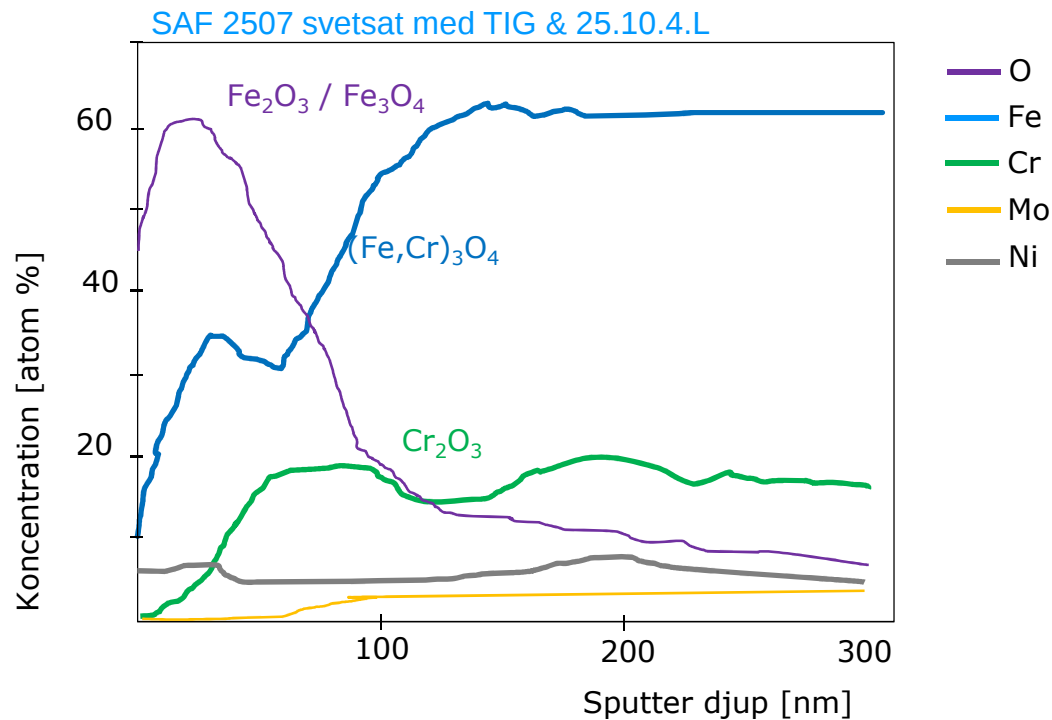
Umbilical



With courtesy of Aker Engineering Moss

RENGÖRING EFTER SVETSNING

- Korrosionsmotståndet förbättras genom att ta bort svetsoxiden
 - Svetsoxid = Oxid som bildas vid olika temperaturer i HAZ
=> får olik sammanställning [t.ex. Cr_xO_y , Fe_xO_y , $(\text{Fe,Cr})_x\text{O}_y$, $(\text{Ni,Fe,Cr})_x\text{O}_y$]



SUMMERING



ROSTFRIA STÅL - KLASSIFISERING

SAMMANSÄTTNING vs SVETSBARHET

Typ	Kemisk sammansättning för stål enligt SS-EN 10088-1				Härdbarhet	Svetsbarhet	Ferromagn
	C%	Cr%	Ni%	Mo%			
Austenitiska	max 0,15	16-18	6-22	max 7	Ej härdbara	Mycket god	Ej Magnetisk
Ferritiska	max 0,08	10,5-14	-	max 2	Ej härdbara	Rel. god	Magnetisk
	max 0,08	16-19	-	max 2,5			
	max 0,03	28-30	-	max 4,5			
Martensitiska	min 0,08	11-14	max 1,5	-	Härdbara	Dålig-accptabel	Magnetisk
	min 0,25	12-19	max 2,5	max 2,0		Rel. god	
	max 0,03	11-13	max 6,5	max 2,5		God	
Utskiljn. härdande*)	max 0,09	15-18	3-7,8	-	Härdbara	Relativt god	Magnetisk
	max 0,10	13-16	5-7,8	1,2-3			
Martensit-austenitiska	max 0,10	12-14	5-6	-	Härdbara	Relativt god	Magnetisk
	max 0,05	15-17	4-6	1,5			
Austenit-ferritisk	max 0,05	21-30	3-5-8	0,1-5	Ej härdbar	God	Magnetisk

→ %C:
förmåga att härda

→ %Cr + %Ni + %Mo:
ökar korrosions beständigheten

→ %Ni:
Förbättrar segheten

*) Al och

ROSTFRIA STÅL - EGENSKAPER

FYSISKA EGENSKAPER (MATERIALDATA) vs SVETSBARHET

Temperatur, 20°C	Termisk expansion (α) per °C (genomsnitt i temperatur område ($\times 10^6$))	Termisk konduktivitet (λ) [W/m°C]	Specifik värme (C_p) [J/kg°C]	E-modul [Gpa]
Kolstål	11-13	~50	450-500	200-210
Martensitiska	10-13	15	500	~200
Ferritiska	9-11	19	420-500	200
Duplexa	13-14	14	470-500	200
Austenitiska	14-18	15	440-500	190-200

Termisk expansion →
ROSTFRIA stål
utvidgas mer än
KOLSTÅL

Termisk
konduktivitet →
ROSTFRIA stål har
sämre värme-
överföring än
KOLSTÅL

Specifik värme →
ROSTFRIA stål och
KOLSTÅL
värms ungefär like
fort upp

Resistivitet →
ROSTFRIA stål
och KOLSTÅL
leder elektricitet
nästan lika bra



?