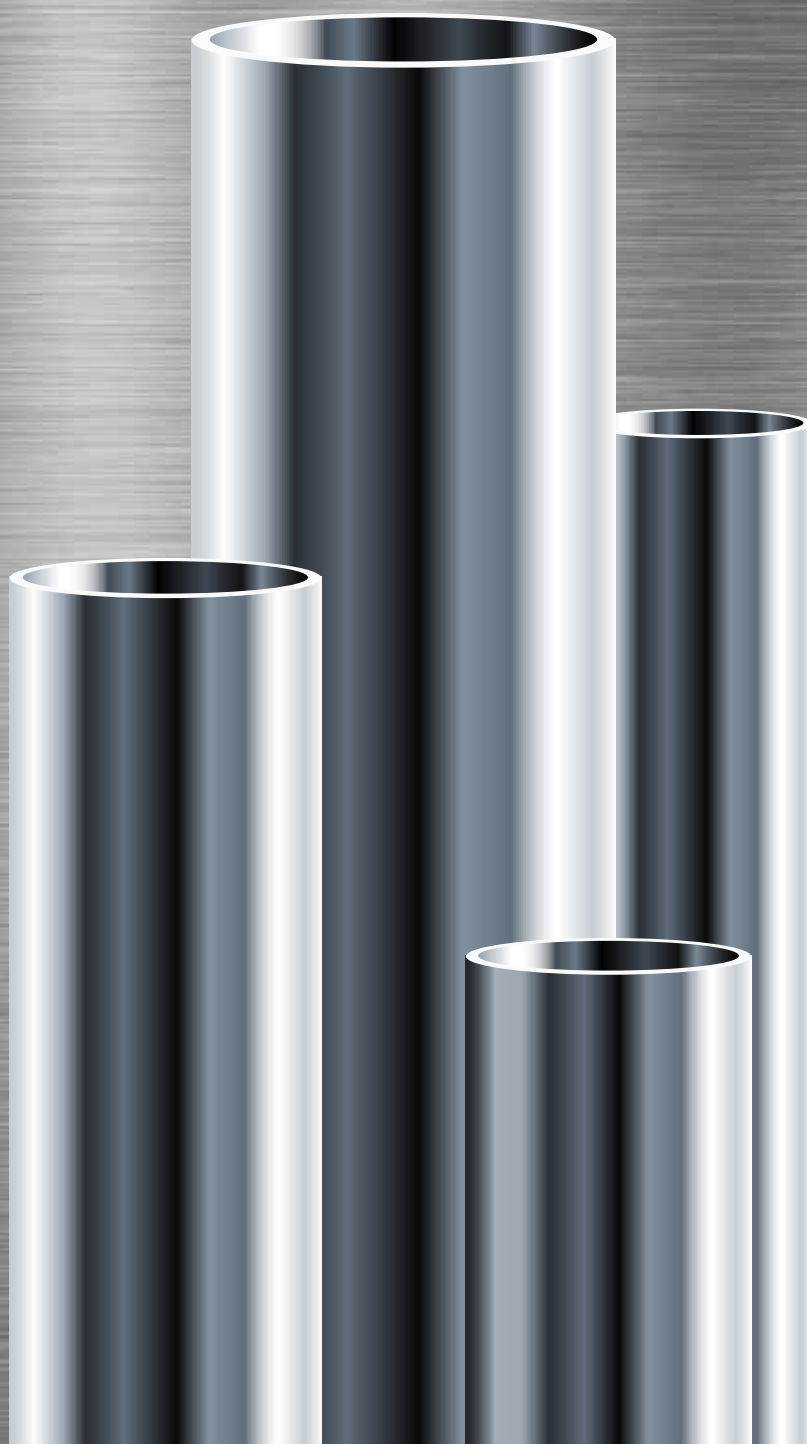




Rostfri Handbok

En handbok för rostfritt stål

Inledning

Denna handbok är avsedd att ge bakgrund för att underlätta valet av ett lämpligt rostfritt stål för din applikation. Diskussionen kommer till stor del att utgå ifrån Tibnors lagersortiment. Det finns naturligtvis ytterligare rostfria stålsorter och även utföranden men vi har valt att fokusera på material med hög tillgänglighet från våra lager.

Anser du att applikationen i fråga kräver ett stål utanför vårt lagerprogram är ett gott råd att först kontakta Tibnors produktspecialist redan på konstruktionsstadiet. På så vis kan vi från början hjälpas åt med materialvalet avseende specifikation av analys, egenskaper, utförande och eventuell värmebehandling. Vid behov av en mer ingående utredning kring applikationen i fråga har vi även möjlighet att koppla in specialister hos våra leverantörer.

Denna handbok utger sig inte för att ge svar på alla frågor kring val av rostfritt stål utan skall i första hand tjäna som vägledare. Precis som så mycket annat innebär stålval en kompromiss mellan ställda krav och tillgängliga egenskaper.

Återigen om du har behov av ytterligare information utanför den som står till hands i detta dokument är det alltid en god idé att konsultera med din kontakt på Tibnor.

I handboken används genomgående de nya EN-normerna för att referera till stålsorter. En tabell med jämförelse mellan EN-beteckningarna för rostfritt stål och motsvarande i andra viktiga internationella normer (inklusive de utgångna SS-beteckningarna) presenteras i slutet av denna handbok. Dessutom inom ramen för EN-normerna håller vi oss till materialnummersystemet i stället för de alfanumeriska beteckningarna där till exempel stål 1.4460 benämns X3CrNiMoN27-5-2.

Första utgåvan av Tibnors Rostfri Handbok är utgiven i april 2021.

Våra leverantörer förbättrar kontinuerligt sina produkter varför vi reserverar oss för eventuella ändringar av angivna uppgifter och rekommendationer.



Innehållsförteckning

1.	Rostfritt stål – en introduktion	4
2.	Att välja rostfritt stål	6
3.	Legeringsämnens inverkan i rostfria stål	9
4.	Korrosion av rostfria stål	12
5.	Skärande bearbetning av rostfria stål	16
6.	Svetsning av rostfria stål	18
7.	Kallformning av rostfria stål	22
8.	Rostfria stål - olika produktformer och utföranden	24
9.	Rostfritt stål som konstruktionsmaterial	29
10.	Produktprogram för rostfritt stål	38
	Plåt	39
	Stång	45
	Rör	55
	Hålprofiler	58
	Rördelar	60
11.	Tabell med värden för fysikaliska egenskaper av rostfria stål	66
12.	Formler för beräkning av teoretisk vikt	67
13.	Lista över EN-normer rörande rostfritt stål	69
14.	Jämförelse mellan EN och andra internationella standarder	71
15.	Certifikat, provuttag	72

Rostfritt stål – en introduktion

Rostfritt stål är samlingsnamnet för en grupp järnbaserade legeringar med den gemensamma nämnaren att de innehåller legeringsämnet krom i halter högre än 11 vikt procent. I jämförelse med ordinära stål och som namnet antyder uppvisar rostfria stål god resistens mot korrosion. Tyvärr är benämningen rostfritt i viss mån missvisande eftersom rostfria stål kan beroende på omständigheter visst drabbas av olika typer av korrosionsangrepp. Likväl är stålen i stort sett alltid beständiga mot korrosion i fuktig luft och vanligt syresatt vatten.

Korrosionsbeständigheten hos rostfria stål härrör från faktumet att det i vanlig luft bildas på stålets yta ett tunt skyddande ("passivt") oxidskikt bestående huvudsakligen av kromoxid. Detta skikt är mycket beständigt och skador, som uppstår genom till exempel repning, lätt självläker. Korrosionsangrepp fortgår när omständigheterna är sådana att det passiva skiktet är försvagat eller inte längre är stabilt.

För att det skyddande skiktet ska bildas krävs att tillräckligt med krom är upplöst i stålet. Om dessutom kol är närvarande bildas kromkarbider och mängden upplöst krom minskar varför korrosionsbeständigheten försämras. Därmed är kol en oönskad förorening och i många typer av rostfria stål eftersträvar man en så låg kolhalt som möjligt.

Rostfria stål delas upp i fyra olika grupper

Olikheter i mikrostruktur gör att det är lämpligt att uppdelat rostfria stål i fyra grupper vars benämning hänvisar till den dominerande mikrostrukturtypen.

Ferritiska stål

Stålen i denna grupp är i grund och botten järnbaserade legeringar innehållande krom i halter 11 - 25 %. Kol är närvarande enbart i mycket ringa mängder men vissa sorter innehåller lite nickel eller 1 - 2 % molybden. I ferritiska stål är kol negativt i dubbel bemärkelse eftersom, förutom försämring av korrosionsbeständigheten, verkar det även nedsättande på segheten. Därför innehåller ibland stålen även titan vars uppgift är att effektivt binda kolet i form av titankarbid. Det sägs då att stålet är "titanstabiliserat".

De mekaniska egenskaperna hos ferritiska stål är i stort sett likvärdiga med dem som uppvisas av ordinära stål med låg kolhalt. Det går inte att förbättra mekaniska egenskaper genom värmebehandling och stål av ferritisk typ är magnetiska.

Martensitiska stål

Dessa stål liknar sammansättningsmässigt ganska mycket ferritiska stål med den skillnaden att kolhalten ligger i intervallet 0,1 - 0,4 %. Stålen är därmed hårdbara och kan genom härdning och anlöpning uppnå hållfasthetsnivåer i paritet med låglegerade seghärtningsstål. Dock sker detta på bekostnad av korrosionshårdigheten.





Copyright © 2021 Outokumpu Oyj

Martensitiska rostfria stål med enbart kol och krom har ganska dålig seghet vid rumstemperatur och strax därunder. Tillsats av nickel, upp till ett par procent förbättrar segheten något. Martensitiska rostfria stål uppvisar magnetism.

En intressant variant inom den martensitiska gruppen är martensit-ferritiska stål som har ganska låg kolhalt (<0,1 %) i kombination med flera procent nickel och ofta tillsammans med ca 1 % molybden. Sådana stål kan värmebehandlas så att en attraktiv kombination av hållfasthet och seghet uppnås samtidigt som den låga kolhalten medför mycket lite uppoffring vad avser korrosionsegenskaperna.

Austenitiska stål

Denna typ av rostfritt stål karakteriseras av att förutom krom även innehåller minst 7 - 8 % nickel. Kolhalten hålls så låg som möjligt och vissa kvaliteter stabiliseras med titan. Det finns två dominerande undergrupper; stål utan molybden, som omfattar den klassiska 18Cr-9Ni sorten, och molybdenlegerade stål med normalt 2 - 3 % Mo tillsammans med 12 - 13 % nickel. Austenitiska stål är som regel icke magnetiska.

Vad beträffar mekaniska egenskaper kännetecknas austenitiska stål av låg sträckgräns (i ungefär samma nivå som ferritiska stål) men mycket hög förlängning (betydligt bättre än för ferritiska stål). Austenitiska stål går inte att härda men hållfastheten kan höjas väsentligt genom kallbearbetning. Segheten vid låga temperaturer är utmärkt, även i kallbearbetat tillstånd.

Austenitiska stål bibehåller hållfastheten betydligt bättre än ferritiska eller martensitiska stål vid förhöjda temperaturer.

Ferrit-austenitiska stål

Ferrit-austenitiska rostfria stål även kallad duplexa stål har en mikrostruktur bestående av ungefär lika stora andelar ferrit och austenit. En sådan mikrostruktur uppnås genom en balans mellan ferritbildande legeringstillsatser, krom och molybden, och austenitbildande sådana, nickel och kväve (legeringstillsatser och deras inverkan diskuteras senare i denna handbok).

Ferrit-austenitiska rostfria stål går inte att härda men de uppvisar trots det betydligt bättre hållfasthet än såväl austenitiska som ferritiska stål samtidigt som korrosionshårdigheten är i många fall minst lika god. Segheten är i allmänhet bättre än för ferritiska stål men inte lika bra som för de austenitiska. Duplexa stål uppvisar viss magnetism.

Att välja rostfritt stål

Ett rostfritt stål väljs som alternativ till en ordinär stålsort främst på grund av dess resistens mot korrosion. Det rostfria materialet är visserligen dyrare men man slipper kostnaden för att skydda ytan mot korrosionsangrepp och i vissa aggressiva miljöer är kolstål inget alternativ alls. Vad som kanske är mindre känt är att rostfria stål uppvisar ett antal andra intressanta egenskaper, i synnerhet mekaniska egenskaper, som i kombination med korrosionsbeständigheten, betyder att de kan mycket väl övervägas som alternativ för många applikationer där kolstål hitintills varit dominerande.

Här ges en kort sammanfattning av de viktigaste material- och bearbetningsegenskaperna hos rostfritt stål. Korrosionshårdigheten diskuterar mera i detalj i ett separat avsnitt av denna handbok.

Fysikaliska egenskaper

Med undantag av austenitiska stål har samtliga typer ungefär samma täthet som ordinära kolstål, det vill säga $7,85 \text{ kg/dm}^3$. Tätheten hos austenitiska stål är någon procent högre. Med andra ord kommer en viss detalj att ha ungefär samma vikt oberoende om den tillverkas i kolstål eller i ett rostfritt stål.

Till följd av den högre legeringshalten uppvisar rostfria stål betydligt sämre värmeledningsförmåga än kolstål. De högre legerade austenitiska stålen har en värmeledningsförmåga som är endast en tredjedel av kolstålets.

Den termiska utvidgningen varierar rätt mycket mellan olika ståltyper. Martensitiska och ferritiska stål utvidgar sig till och med lite mindre än kolstål medan utvidgningen hos duplexa stål är lite högre. Ganska genomgående uppvisar austenitiska stål i jämförelse med ordinära kolstål ett betydligt högre

(>30%) värde för termisk utvidgningskoefficient.

En tabell över värden för fysikaliska egenskaper för de rostfria stålsorterna i Tibnors lagerprogram finns att hitta i slutet av Handboken (sidan 66).

Hårdhet/slitstyrka

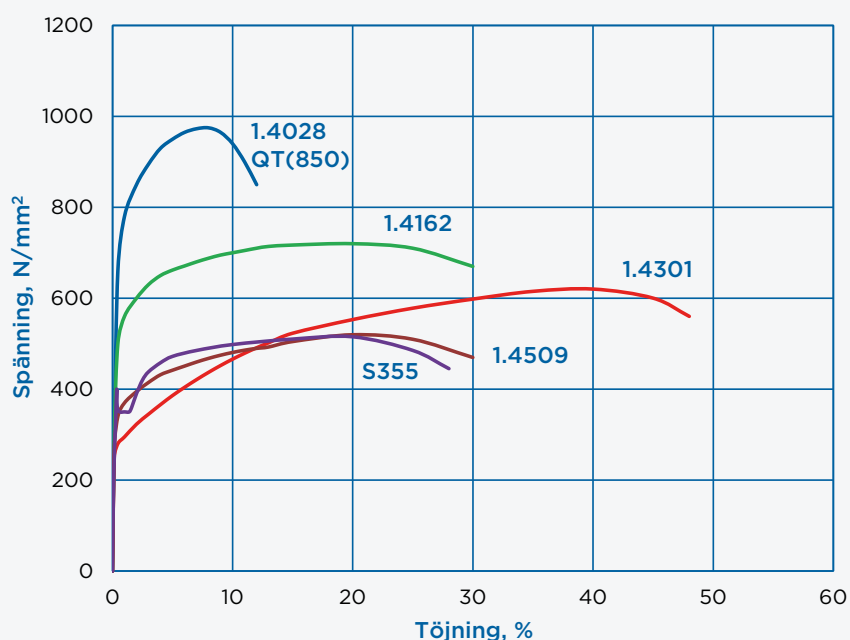
Som redan påpekats är kol i tre av fyra typer av rostfritt stål en oönskad förorening. Följaktligen är dessa ståltyper för det mesta mjuka eftersom legering med kol är väsentlig för att uppnå hög hårdhet genom härdning. Martensitiska stål å andra sidan innehåller kol och kan härddas och anlöpas till relativt höga hårdheter. Dock är kol negativ för seghet och korrosionsegenskaper så till viss del tvingas man begränsa kolhalten och därmed vilken nivå av hårdhet som kan nås. Genom kallbearbetning kan de austenitiska stålen få kraftigt höjd hållfasthet och hårdhet.

Eftersom hårdhet och slitstyrka följs i stort sett åt, kan man konstatera att bäst slitstyrka kommer att uppvisas av martensitiska stålsorter samt austenitiska stål som kallbearbetats kraftigt. Ferritiska, ferrit-austenitiska stål samt austenitiska stål i mjukt (glödgat) tillstånd har låg slitstyrka.

Hållfasthet - sträckgräns/brottgräns

Sträckgränsen definierar den belastning en detalj tål utan att utstå permanent (plastisk) deformation. Däremot är brottgränsen relaterad till den maximala belastningen som en komponent eller konstruktion kan utsättas för utan att haverera.

Ferritiska och austenitiska rostfria stål har i normalt tillstånd låg sträckgräns ungefär i nivå med lågkolhaltiga konstruktionsstål. Brottgränsen hos austenitiska stål ligger dock



Jämförelse av spännings-töjningskurvor för olika typer av rostfritt stål samt ett konstruktionsstål, S355 (1.4028 martensitiskt, 1.4162 duplext, 1.4301 austenitiskt och 1.4509 ferritiskt)

något högre än för ordinära stål tack vare den höga duktiliteten (se diagrammet på föregående sida). För austenitiska stål kan såväl sträckgräns som brottgräns flerfaldigas genom kallbearbetning eller kallbearbetning i kombination med glödning.

Den duplexa mikrostrukturen av ferrit-austenitiska stål medför en viss härdningseffekt så att speciellt sträckgränsen är klart högre än för såväl ferritiska som austenitiska stål.

Högst sträck- och brottgräns bland rostfria stål har de martensitiska och martensit-ferritiska sorterna. Genom härdning och anlöpning uppnår dessa ståltyper hållfasthetsnivåer som är väl jämförbara med låglegerade seghärdningsstål.

Till skillnad från lågkolhaltiga konstruktionsstål uppvisar alla rostfria stål, med undantag av vissa ferritiska typer, en kontinuerlig sträckgräns och storheten som specificeras i normer är $R_{p0,2}$ (dvs spänningen motsvarande en permanent förlängning av 0,2%). För austenitiska stål, som karaktäriseras av hög duktilitet (se nedan), är det rätt vanligt att vid sidan av $R_{p0,2}$ även $R_{p1,0}$ specificeras.

Det typiska utseendet av dragprovningsskurvor (spänning vs. töjning) för de olika typerna av rostfritt samt ett ordinärt konstruktionsstål (S355) jämförs i figuren på föregående sida.

Utmattningshållfastheten är en viktig egenskap som definierar stålets förmåga att stå emot variabel eller pulserande belastning. Denna parameter, som är kopplat till brottgränsen, diskuteras i mera detalj i ett avsnitt i denna handbok där rostfritt stål som konstruktionsmaterial behandlas.

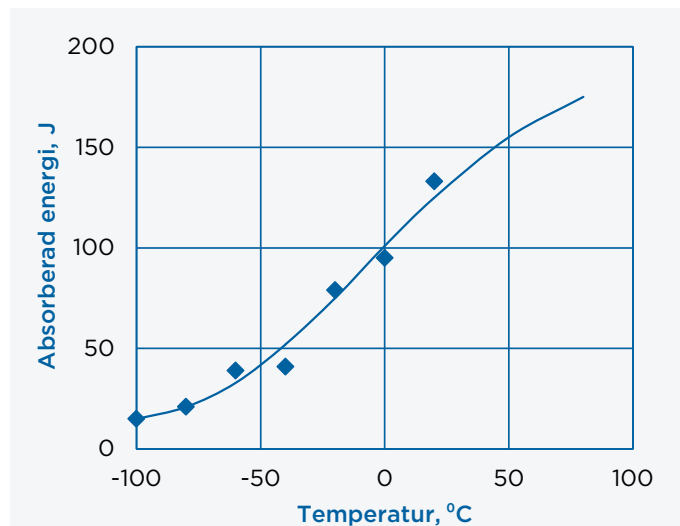
Seghet/duktilitet

Begreppet seghet innefattar svårigheten att vid belastning initiera och propagera sprickor som slutligen leder till brott. Ett stål klassas som segt om hög last krävs för att sprickor ska starta och växa. Däremot om sprickor initieras och propagerar med lätthet utan att lasten behöver vara så hög är materialet sprött.

Det finns flera metoder att mäta seghet. En del är tekniskt komplicerade men Charpy-V (KV) slagprovning av anvisade provkroppar utgör en metod som, vissa brister till trots, är både enkel och billig. I likhet med kolstål uppvisar ferritiska, ferrit-austenitiska (duplexa) och martensitiska stål vid KV-provning ett omslag mellan segt och sprött brott om temperaturen sänks (se diagrammet intill). Omslagstemperaturen kan variera mellan +50 och -100°C. Duplexa stålsorter har normalt bättre KV-segheit än ferritiska eller martensitiska. Austenitiska stål visar däremot inte något omslag från segt till sprött brott ens vid mycket låga temperaturer.

Med duktilitet menas stålets förmåga att deformeras plastiskt utan att brista och framgår av värden för förlängning (A_5 , A_{50} , A_{80} och dyl.) och areakontraktion (Z) vid dragprovning till brott. De "mjuka" rostfria stålen (ferritiska, ferrit-austenitiska och austenitiska) är alla duktila men de austenitiska stålsorterna uppvisar förlängningsvärden som ibland är dubbelt så högt som de andra. Duktiliteten hos martensitiska stål är avhängig hållfastheten/hårdheten efter härdning och anlöpning men är i allmänhet lägre än för de övriga.

Den höga duktiliteten hos austenitiska stål medför att dessa stålsorter är mycket formbara. Dessutom kan man höja hållfastheten genom kallbearbetning och ändå bibehålla acceptabel duktilitet och seghet.



Omslagskurvan från Charpy-V provning av SS-EN 4162 (Outokumpu LDX 2101*), ett duplex rostfritt stål. Omslagstemperaturen, t.ex. temperaturen då den absorberade energin är 27J, är i detta fall ca -70°C. Mätvärden för absorberad energi är tagna ifrån ett bidrag av H. Sieurin, E. Westin, M. Liljas och R. Sandström till konferensen "Duplex 2007" som organiserades av Associazione Italiana di Metallurgia, Grado, Italien (2007).

Styvhet

Den elastiska dimensionsförändringen som ett material visar i respons till en viss belastning bestäms av dess styvhet, som i sin tur kopplas till värdet av elasticitetsmodulen eller E-modulen. Den sistnämnda är en mycket viktig mekanisk egenskap eftersom den avgör hur mycket en detalj ändrar form då den belastas. Allt som oftast kan inte en alltför stor formändring tolereras. Ett elastiskt mjukt material som gummi deformeras mycket (låg E-modul) medan stål som är elastiskt styvt (hög E-modul) deformeras endast lite.

Rostfria stål och ordinära kolstål karaktäriseras av i stort sett samma E-modul som kan variera en del men ligger normalt inom intervallet 190 000 - 220 000 N/mm². Därmed kan rostfritt stål ersätta kolstål utan märkbara negativa konsekvenser för graden av elastisk förlängning, nedböjning o s v i belastade konstruktioner. Värden för E-modulen för rostfria stålsorter i Tibnors lagerprogram anges i tabellen över fysikaliska egenskaper på sidan 60.

Kryphållfasthet

Krypning är ett skadeförlopp som många gånger kan fortgå då ett material belastas vid förhöjda temperaturer. För stål liksom alla material minskar såväl hållfastheten (sträckgräns, brottgräns) som E-modulen då temperaturen höjs. Förloppet vid krypning styrs till viss del av samma mekanismer som styr plastisk deformation vid låga temperaturer med viss modifikation till följd av den ökade rörligheten av stålets atomer.

Austenitiska rostfria stål bibehåller hållfastheten vid höga temperaturer förhållandevis väl med konsekvens att kryphållfastheten är god, betydligt bättre än såväl andra typer av rostfria stål som kolstål. Å andra sidan karaktäriseras austenitiska stål av en olycklig kombination av låg värmeledningsförmåga och ganska hög termisk utvidgningskoefficient som kan medföra problem under omständigheter då temperaturen växlar upp och ned.

Skärbarhet

Med undantag av kallbearbetade austenitiska samt marten-sitiska sorter är rostfria stål ganska mjuka. Trots detta upp-levs skärande bearbetning ofta som besvärlig och skärbar-heten är sämre än för kolstål med samma hårdhet. Dessutom försvåras maskinbearbetning av den höga duktiliteten av speciellt austenitiska stål som gör att bearbetningsspåorna är svårbrutna. Lyckligtvis finns nuförtiden hårdmetallsorter och verktygsgeometrier som är speciellt anpassade för be-arbetning av alla typer av rostfria stål.

Genom att avsiktligt tillsätta vissa ämnen, till exempel svavel, kan skärbarheten hos rostfria stål (automatstål) förbätt-ras väsentligt dock många gånger till bekostnad av andra egenskaper, i synnerhet korrosionsmotstånd. Duplexa stål med lite högre hårdhet uppvisar i många fall något bättre skärbarhet än andra sorter med samma grad av korrosions-härdighet.

Svetsbarhet

Austenitiska stål är lätt- eller t o m mycket lättsvetsade. Undantaget är rostfria automatstål med förhöjd svavel-halt. Ferritiska och ferrit-austenitiska stål uppvisar för det

mesta hygglig svetsbarhet medan stål av martensitisk typ är besvärligare att svetsa t o m svårare än medelkolhaltiga seghärdningsstål.

Vid svetsning av rostfria stål är val av svetsmetod, tillsats-material och efterbehandling speciellt viktiga om inte korro-sionshärdigheten i och omkring svetsen ska äventyras.

I ett senare avsnitt behandlas svetsning av rostfria stål i mera detalj.

Kallformbarhet

Ståldetaljer kan kallformas genom bl.a. böckning, stukning, dragning eller djupdragning. Kallformbarheten definierar stålets förmåga att utstå sådan plastisk bearbetning utan att brista, d v s den är intimt kopplat med duktiliteten. Därmed har austenitiska stål med hög duktilitet mycket god kall-formbarhet. Även ferritiska och ferrit-austenitiska stål ger sällan problem vid kallformning. Å andra sidan kan marten-sitiska stål kallformas endast med enklare metoder såsom böckning eller stukning.

Kallformning av rostfria stål behandlas i mera detalj senare i denna handbok.



Legeringsämnens inverkan i rostfria stål

Som har framgått av den inledande diskussionen är rostfria stål alltid legerat med krom (Cr). Det är krom som utgör huvudbeståndsdelen i det skyddande, passiva oxidskiktet som effektivt förhindrar korrosionsangrepp, åtminstone i mindre aggressiva miljöer. Ju mer krom som stålet innehåller desto starkare är korrosionsskyddet. Minsta halten är ca 11 % medan bildning av en intermetallisk förening mellan krom och järn, sigmafase, begränsar högsta kromhalten till 28 - 30 %, annars är risken stor att även austenitiska stål förspödas.

Vid sidan av förbättringen av korrosionsbeständigheten är en hög halt krom även positiv för stålets resistens mot skalning och oxidation vid förhöjda temperaturer.

Krom stabiliserar ferrit och de flesta ferritiska rostfria stål kan i grunden betraktas som legeringar av järn och krom med i vissa fall mindre tillsatser av andra ämnen.

Kol (C)

Legering av järn med kol är visserligen grunden för ordinära stål men i de flesta kvaliteter av rostfritt stål är kol för det mesta att betrakta som en oönskad förorening. Anledningen är att krom är en relativt stark karbidbildare och närvaron av kol tillsammans med krom resulterar i utskiljning av kromkarbider. Då går man miste om kromets förmåga att bilda ett passivt oxidskikt och därmed korrosionsbeständighet.

Frånvaron av kol i ferritiska, duplexa och austenitiska rostfria stål gör att dessa ståltyper inte är hårdbara. Däremot, för martensitiska rostfria stål, som hårdas och anlöpas till ganska hög hållfasthet, är kol en avsiktlig och väsentlig legeringstillsats men som sagt till bekostnad av korrosionshårdigheten. I austenitiska stål bidrar kol till förhöjd kryphållfasthet varför värmebeständiga typer karakteriseras normalt av en avsiktlig, dock liten, tillsats normalt <0,1%.

I motsats till krom verkar kol som austenitstabiliserande.

Nickel (Ni)

Nickel är en nödvändig tillsats i austenitiska stål där dess huvudsyfte är att stabilisera det austenitiska tillståndet. Därmed kan nickel sägas bidra till den höga duktiliteten och den goda segheten, den förbättrade svetsbarheten och överlägsna varmhållfasthetsegenskaper som är utmärkande för austenitiska rostfria stål. Dessutom blir nickellegerade austenitiska stål icke-magnetiska. Nickel har även betydelse för resistensen av austenitiska stål mot angrepp från vissa kemikalier.

För ferrit-austenitiska stål är en väl avvägd nickeltillsats väsentlig eftersom man eftersträvar lika delar av austenit och ferrit i mikrostrukturen. Nickelhalten ligger normalt på 5 - 6 % i sådana duplexa stål medan austenitiska sorter innehåller minst 8 % nickel och många gånger betydligt mer.

Vissa martensitiska och ferritiska stålsorter är legerade med upp till ett par procent nickel vars syfte är att förbättra segheten och i fallet martensitiska stål även hårdbarheten.

Molybden (Mo)

Korrosionshårdigheten förbättras av molybden och den positiva inverkan från denna tillsats sker utöver den som

härör från krom. Ämnet är dock ferritstabiliserande och i austenitiska stål måste dess närvaro kompenseras av högre halt nickel än om stålet saknade molybden. Austenitiska stål legerade med molybden benämns ofta (något olyckligt) som "syrafasta" vilket endast delvis stämmer överens med verklighet.

Molybdenets positiva effekt vad beträffar korrosion är i stort sett oberoende av typ av rostfritt stål, till exempel många standardiserade duplexa stål är molybdenlegerade. På senare år har såväl duplexa som austenitiska stål tagits fram med molybdenhalter 6 % eller mer. Precis som med krom, sätter negativa effekter till följd av utskiljning av intermetalliska föreningar en gräns för hur mycket molybden rostfria stål kan innehålla.

Kväve (N)

Tack vare närvaron av krom kan austenitiska och duplexa stål legeras med jämförelsevis höga halter kväve, 0,1 - 0,5 %. Kvävet växlarverkan med krom är inte lika stark som kolets så att man kan för det mesta undvika utskiljning av kromnitrid, åtminstone i stål innehållande austenit. Det går inte att legera ferritiska stål med kväve. I förekommande fall medför legering med kväve en rad positiva effekter:

- Höjning av sträck- och brottgräns, för austenitiska stål betyder varje 0,1%-tillsats cirka 40 N/mm² högre sträckgräns. Även kryphållfastheten förbättras av förhöjd kvävehalt.
- Ytterligare förbättrad resistens mot vissa typer av korrosion. Kombinationen kväve och molybden tycks vara speciellt gynnsam i detta avseende.
- Kväve stabiliserar austenit och utnyttjas för att upprätthålla balans mellan ferrit och austenit i duplexa ståltyper samt för att minska nickelbehovet i austenitiska stål.
- Utskiljning av intermetalliska föreningar innehållande krom och molybden i höglegerade austenitiska och duplexa stål motverkas av kväves närvaro.

Koppar (Cu)

Ett mindre antal rostfria stålsorter innehåller förutom krom, nickel och molybden även ett par procent koppar. Koppar-tillsatsen är positiv för korrosionsmotståndet i vissa syror, exempelvis svavelsyra.

Mangan (Mn)

Så gott som alla rostfria stål är legerade med någon procent av mangan vars huvudfunktion är att tillsammans med kisel fungera som desoxidationsmedel. Dessutom binds svavel av mangan genom att mangansulfid bildas; fritt svavel kan orsaka att rostfria stål spricker i samband med varmvalsning. Närvaron av mangansulfid är dessutom gynnsam för maskinbearbetbarheten varför rostfria automatstål är legerade med mangan i kombination med avsiktligt förhöjd svavelhalt.

Mangan är austenitstabiliserande men dess effekt är inte lika stark som den från nickel. Eftersom mangan är väsentligt mycket billigare än nickel finns såväl austenitiska som duplexa stålsorter där nickel har delvis ersatts med flera procent av mangan. Korrosionsegenskaperna blir dock inte riktigt lika bra som "rena" nickelstål med endast 1 - 2% mangan.

Kisel (Si)

Vid tillverkning av rostfritt stål reagerar kisel och mangan med inlöst syre och slaggar av mangansilikat bildas. Dessa är lättare än stålet och flyter upp ur smältan. På så vis minskas halten av upplöst syre som annars inverkar negativt på stålets egenskaper. Kisel i kombination med mangan fungerar således som desoxidationsmedel.

Förhöjda halter av kisel minskar tillväxthastigheten av oxidskalet under exponering vid höga temperaturer. Därmed är temperaturbeständiga rostfria stål ofta legerade med upp till ett par procent av kisel.

Tillsatser som höjer skärbarhet/svavel (S), kalcium (Ca)

Avsiktlig tillsats av svavel till ett rostfritt stål innehållande mangan resulterar i bildning av små inneslutningar av mangansulfid, som inverkar positivt på maskinbearbetbarheten. Tyvärr kan partiklarna av mangansulfid fungera som startpunkter för olika typer av korrosion varför korrosionsegenskaperna hos rostfria automatstål är klart sämre än för motsvarande stålsorter där svavelhalten hållits låg.

Mot slutet av 1900-talet utvecklades metallurgiska metoder som möjliggjorde att rostfria stål kunde behandlas med kalcium i kombination med en kontrollerad men ganska låg halt av svavel. Detta förfarande medför att skärbarheten kan förbättras utan alltför stor försämring av korrosionshärdigheten. Produkter som Outokumpus PRODEC®, Valbrunas MAXIVAL® och Sandviks SANMAC® är exempel på rostfria stål vars skärbarhet har förbättrats genom kalciumbehandling.

"Stabiliserande" tillsatser/titan (Ti), niob (Nb)

Med modern metallurgisk teknik är det fullt möjligt att tillverka rostfria stål med kolhalter ned emot 0,01 %. Kolets negativa inverkan på korrosionsegenskaperna kan därmed i hög grad elimineras. För vissa applikationer är dock även 0,01 % för hög halt och då måste så kallad stabilisering tillgripas. Detta förfarande innebär att stålet legeras med ett ämne som har högre affinitet för kol (och kväve) än vad krom har. Vanligast är titan men niob och även tantal förekommer också (dock inte ihop). Mängden titan och niob beror på kolhalten men många normer specificerar min. 5 gånger (C + N) för titan och min. 10 gånger (C + N) för niob. Noteras kan att stabilisering med titan inte är möjlig för rostfria stål som avsiktligt legerats med kväve.

Det finns såväl austenitiska som ferritiska stålsorter som stabiliserats med titan eller niob. Vad gäller ferritiska stål ger stabilisering ytterligare en fördel eftersom även slagseggheten förbättras. En tillsats av titan eller niob bidrar dessutom till att förbättra varmhållfastheten tack vare utskiljning av karbider, men då krävs att en kontrollerad mängd kol finns närvarande.

Såväl kol som kväve bidrar till att stabilisera austenit. Därmed inverkar titan och niob indirekt som ferritstabiliserande genom att minska halterna upplöst kol och kväve. Av denna anledning är nickelhalten i ett stabiliserat austenitiskt stål ofta någon procent högre än i motsvarande icke-stabiliserat stål.

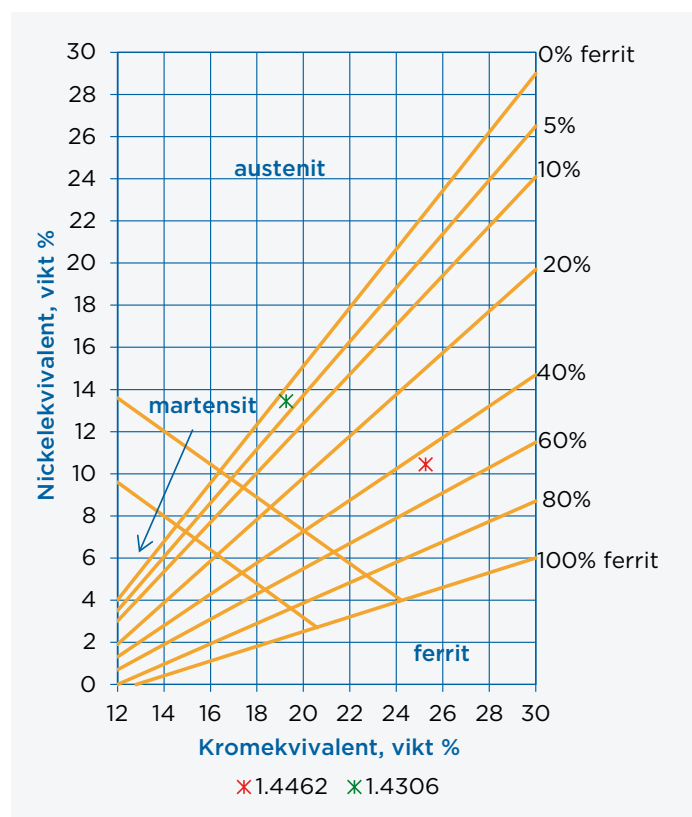
Krom- och nickelekvivalent (Schaeffler-De Long diagrammet)

Följande formler för krom- och nickelekvivalent sammanfattar effekten av olika legeringstillsatser i rostfria stål för att stabilisera antingen ferrit (Cr-ekvivalent) eller austenit (Ni-ekvivalent). Alla halter avser vikt %.

$$\text{Cr-ekvivalent} = \% \text{Cr} + \% \text{Mo} + 1,5 \times \% \text{Si}$$

$$\text{Ni-ekvivalent} = \% \text{Ni} + 30 \times (\% \text{C} + \% \text{N}) + 0,5 \times (\% \text{Mn} + \% \text{Cu})$$

I ett Schaeffler-De Long diagram avsetts Ni-ekvivalent mot Cr-ekvivalent så att man kan uppskatta om ett stål med given sammansättning består av ferrit, austenit, martensit eller blandningar av dessa. En förenklad version avseende stål i varmvalsat + glödgat tillstånd visas nedantill.



Till exempel stål SS-EN 1.4462 med sammansättning (vikt %) 0,015C; 0,5Si; 1,0Mn; 21,5Cr; 5,0Ni; 3,0Mo och 0,15N har Cr-ekvivalent = 25,25 % och Ni-ekvivalent = 10,45 %. Från ovanstående diagram kan man utläsa att i glödgat tillstånd består stålets mikrostruktur av ungefär lika stora andelar austenit och ferrit. Om, som ett annat exempel, vi tar stål SS-EN 1.4306 med sammansättning 0,015C; 0,5Si; 1,0Mn; 18,5Cr; 11,0Ni och 0,05N är Cr-ekvivalenten 19,25 % och Ni-ekvivalenten 13,45 %. Återigen visar diagrammet att mikrostrukturen i glödgat tillstånd består av i stort sett 100% austenit möjligtvis med inslag av en mycket liten andel ferrit.

Det bör poängteras att den version av Shaeffler-De Long diagrammet som visas på föregående sida är approximativt och avsedd att endast ge en grov fingervisning vad avser stabilitet av de olika mikrostrukturtyperna. Diagrammet måste modifieras om andra tillstånd än valsat/glödgat är av intresse, till exempel svetsgods.

Legeringsämnen och priset för rostfritt stål

För vanliga produktformer, band, plåt, stång, rör o s v, utgör kostnaden för legeringsämnen en betydande del av produktkostnaden, ibland mer än 50 %. Dyraste legeringsmetaller är nickel och molybden och priset för dessa ämnen kan dessutom uppvisa ganska stora och oförutsägbara fluktuationer. Av de viktigaste legeringstillseterna är krom billigast och kostnaden per tillsatt vikt procent är ca 250 kr/ton som kan variera en del över tid men inte alls lika mycket som nickel och molybden. En grov fingervisning är att nickel är 5-10 gånger dyrare än krom per tillsatt vikt

procent och molybden 8 - 12 gånger dyrare. Känsligast för prisvolatilitet är austenitiska stål som alltid innehåller ganska mycket nickel och många gånger även molybden. Duplexa stål intar en mellanställning, även om vissa typer har ganska höga halter molybden, medan ferritiska och martensitiska stål karaktäriseras i allmänhet av en mycket stabilare prisbild.

Ferritiska stål legerade nästan enbart med krom kan ibland erbjuda ett kostnadseffektivt alternativ till austenitiska stålsorter. Om något lägre slagseghet och lite sämre formbarhet och svetsbarhet kan accepteras är korrosionsbeständigheten i många fall likvärdig. Dessutom finns austenitiska och duplexa stålsorter där nickel har delvis ersatts med en kombination av mangan och kväve. Priset för mangan är ju ca en tiondel av det för nickel och kväve är så gott som gratis. Korrosionsbeständigheten av rostfria stål som legerats med högre halter mangan tycks dock vara något försämrad i jämförelse med "rena" nickelstål. SS-EN 1.4162 (Outokumpu LDX 2101®) är ett exempel på ett duplex stål med 5% mangan, endast 1,5 % nickel och nästan inget molybden som till en överkomlig kostnad uppvisar en intressant kombination av attraktiva mekaniska egenskaper, god svetsbarhet och skärbarhet samt relativt bra korrosionshårdighet.



Korrosion av rostfria stål

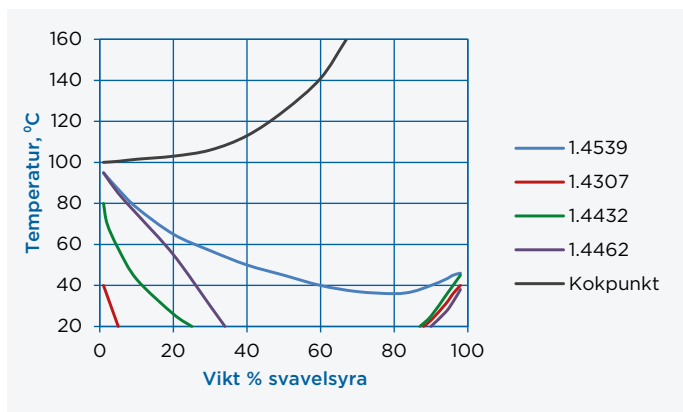
Som har framgått av diskussionen hitintills är benämningen "rostfritt" en smula olycklig eftersom rostfria stål kan under ogynnsamma omständigheter visst korrodera med anknytande rostbildning. Därför ger vi här en kort presentation av olika typer av korrosionsangrepp som stålen kan drabbas av.

Allmän korrosion i luft och i kontakt med olika kemikalier

Det passiva ytskiktet bestående av huvudsakligen kromoxid, som bildas då ett rostfritt stål exponeras till luftens syre, ger ett gott skydd mot korrosion i såväl fuktig men icke förorenad luft som i vanligt syresatt vatten. Korrosionsproblem kan dock uppstå om luften innehåller klorider såsom är fallet i kustnära eller marina miljöer, simhallar och intill saltade vintervägar. Likaså förorenade industrimiljöer kan orsaka besvär. Då rostfritt stål används som byggnadsmaterial utomhus är ytfiniteten av betydelse. En grov yta blir lättare smutsig vilket underlättar att eventuella korrosiva ämnen kan sitta kvar. Smutsen har svårare att få fäste på en fin yta som dessutom är lättare att hålla ren.

Om omgivningen är aggressivare är det fullt möjligt att det passiva oxidskiktet bryts ned och inte längre förmår att skydda det underliggande stålet som fräts bort. Till exempel, exponering i reducerande syror (som saltsyra, fluorvätesyra eller utspädd svavelsyra) leder till allmän, likformig avfrätning vars omfattning är beroende av temperatur, typ av rostfritt stål och sammansättningen av den omgivande sura miljön.

Rostfria stål har en bred användning inom kemisk industri och av denna anledning finns omfattande information om deras förmåga att stå emot allmän korrosion vid exponering mot olika kemikalier. Se till exempel Outokumpus korrosionstabeller på www.outokumpu.com. Informationen i dessa och liknade tabeller presenteras för ett visst stål som en matris av avfrätningdjup för olika temperaturer och olika sammansättningar av omgivningen. En vedertagen definition för beständighet mot allmän korrosion är att avfrätningen skall understiga 0,1 mm/år. För vissa kemikalier av stor industriell betydelse har det tagits fram så kallade isokorrosionsdiagram som för olika stålsorter definierar betingelserna för att uppnå en viss angreppsgrad, exempelvis 0,1 mm/år. Ett sådant för systemet svavelsyra-vatten visas i diagrammet.



Isokorrosionsdiagram avseende olika rostfria stål i lösningar av vatten-svavelsyra. Linjerna definierar gränserna för en avfrätning av 0,1 mm/år. Om kombinationen av halten syra och temperatur ligger under dess linje kan stålet anses resistent mot allmän korrosion. Diagrammet är utarbetat från informationen som ges i Outokumpus korrosionstabeller.

Generellt kan man säga att resistensen av rostfria stål mot allmän korrosion i aggressiva kemikalier såsom syror ökar med halten krom, nickel, molybden och för vissa miljöer även koppar (se kurvan för SS-EN 1.4539 i diagrammet). Det finns dock undantag från denna regel, t ex närvaron av molybden tycks till och med vara negativ i starkt oxiderande syror, exempelvis salpetersyra.

Eftersom allmän korrosion fortgår med en viss hastighet är den lättare att förutse och i jämförelse med lokal korrosion, typ punktfrätning, kan tolereras till viss grad. Undantaget är applikationer inom industrier för framställning av livsmedel eller läkemedel där inget angrepp alls kan accepteras,

Punktfrätning

Rostfria stål kan drabbas av punktfrätning. Denna typ av korrosion är farlig eftersom den sker lokalt och, tack vare kombination av liten anod och stor katod, är angreppshastigheten hög. Tunt gods kan till och med penetreras under ganska kort tid. Det är primärt klorider i såväl neutral som sur lösning som ger upphov till punktfrätning som således är ett mycket vanligt problem i samband med exponering i salthaltig luft eller havsvatten.

Punktfrätning initieras där det skyddande oxidskiktet är försvagat, till exempel intill en slagginneslutning eller någon annan defekt som sammanfaller med stålets yta. När en frätgrop väl har utvecklats ökar dess djup mycket snabbt. Trots detta förblir ingångshålet ofta ganska litet vilket betyder att angreppet kan vara svårt att detektera.

Risken att punktfrätning ska uppstå ökar med ökad kloridhalt, surhetsgrad och temperatur. Avdunstning av kloridhaltigt vatten (havsvatten) på soliga dagar är synnerligen farlig.

De legeringsämnen i rostfria stål som motverkar punktfrätning är krom, molybden och kväve. Omfattande provning har visat att effekten av dessa ämnen kan sammanfattas genom ett så kallat PRE-värde (engelska "Pitting Resistance Equivalent"):

$$\text{PRE} = \% \text{Cr} + 3,3 \times \% \text{Mo} + 16 \times \% \text{N} \quad (\text{halter i vikt \%})$$

PRE-värden för de rostfria stålen som finns på marknaden idag ligger mellan cirka 12 för enklare ferritiska stål och 50 eller mer för de så kallat "super-" austenitiska eller duplexa stålen.

Som redan nämnts tilltar risken för initiering av punktfrätning i en given miljö med ökande temperatur. Därmed kan rostfria stål rangordnas genom jämförelsen av temperaturen då punktfrätning först uppträder i en viss miljö. Denna temperatur benämns CPT (engelska "Critical Pitting Temperature"). CPT-värden för rostfria stål från ett standardiserat prov kan variera mellan 10°C för det "enklaste" austenitiska stålet SS-EN 1.4307 och närmare 100°C för höglegerade "super-austenitiska" sorter.

Spaltkorrosion

Som namnet antyder sker spaltkorrosion i trånga vätskefyllda spalter med nedsatt syretillförsel. Angreppet kan därmed uppkomma vid flänsar, under brickor eller i anknytning till avlagringar. Det spelar ingen roll om materialet som bildar spalten emot stålet är metallisk eller inte. Spaltkorrosion är särskild förrädisk eftersom angreppet begränsas till själva

spalten och är därmed svår att upptäcka. Spaltangrepp kan dessutom uppstå under betingelser där inte punktfrätning uppträder på fria ytor.

Spaltkorrosion är närbesläktat med punktfrätning och uppstår särskilt ofta då klorider är närvarande i omgivningen. Återigen tilltar risken för angrepp med ökade halter klorider, temperatur och grad av surhet. De legeringsämnen i rostfritt stål som motverkar punktfrätning är även gynnsamma för beständigheten mot spaltkorrosion.

Målning eller ytbeläggning av rostfritt stål kan ge upphov till problem med spaltkorrosion mellan stålet och ytskiktet om det sistnämnda skadas eller repas.

I likhet med punktfrätning ökar risken för spaltangrepp med tilltagande temperatur och rostfria stål kan rangordnas genom jämförelse av CCT (engelska "Critical Service Temperature"). CCT i ett standardiserat prov är normalt lägre än CPT men rangordningen bland olika rostfria stål är ungefär densamma för båda kritiska temperaturer. Dessutom sammanfaller i stort sett rangordningen med den för PRE.

Korngränsfrätning (interkristallin korrosion)

Denna typ av angrepp härrör från utskiljning av kromkarbid eller andra kromrika partiklar i stålets korngränser. Sådan utskiljning kan äga rum till följd av värmning till eller långsam svalning från hög temperatur, till exempel i samband med svetsning. Resultatet är att ett område intill korngränserna utarmas av krom till den grad att det skyddande, passiva skiktet inte längre är stabil och denna utarmade zon kan korrodera även i mindre aggressiv miljö. Alla typer av rostfritt stål kan drabbas av korngränsfrätning.

Utskiljningen i korngränser av kromhaltiga partiklar äger rum i temperaturintervallet 500 - 900°C, lite beroende av stålsort och vilken förening det är fråga om. Värmning till eller svalning genom 650 - 700°C ofta nämns som "farligast". I regel är rostfria stål i leveranstillstånd släckglödgade, det vill säga de har kylts mycket snabbt efter värmning till cirka 1050°C. På så sätt undviks utskiljning i korngränser och stålen uppvisar ingen benägenhet för korngränsfrätning.

Problem kan uppstå om stålen efter leverans svetsas eller på annat sätt utsätts för värme till exempel genom avspäningsglödning. Då kan det vara svårt att undvika att en viss utskiljning äger rum i korngränser med risk för kromutarmning och korrosionsangrepp.

Korngränsfrätning till följd av utskiljning av kromkarbid kan till viss del undvikas genom att välja ett stål med lägre kolhalt (t ex SS-EN 1.4404 med <0,03% kol i stället för 1.4401 där högst 0,07% tillåts) eller i kritiska fall ett som stabiliserats med titan eller niob, exempelvis SS-EN 1.4571.

Spänningskorrosion

I synnerhet austenitiska rostfria stål är känsliga för spänningskorrosion, det vill säga sprickbildning genom exponering till korrosiv miljö i kombination med dragbelastning. Den sistnämnda kan ibland uppkomma under drift men orsakas som oftast av restspänningar till följd av svetsning eller formning. Återigen är det kloridhaltiga lösningar vid förhöjda temperaturer (>60°C) som orsakar mest problem, speciellt salthaltigt vatten. Spänningskorrosion kan dock uppstå även i starkt alkaliska lösningar, typ lut, också vid förhöjda temperaturer. Vår förståelse av fenomenet är ofullständig och det märkliga ofta inträffar att sprickbildning sker utan minsta tecken på korrosion av den yttre ytan av detaljen (se bild).



Spänningskorrosionsspricka som har fullständigt penetrerat väggen av ett rör i stålsort SS-EN 1.4307 som exponerats till vätska innehållande klorider i en värmeväxlare.

Ferritiska rostfria stål är mer eller mindre okänsliga för spänningskorrosion och duplexa stål är betydligt mindre känsliga än austenitiska. Mest drabbade är de "ordinära" CrNi- och CrNiMo-stålsorter exempelvis SS-EN 1.4307 och 1.4404. Om nickelhalten höjs till uppemot 20% eller mer blir även ett austenitiskt stål mer beständigt mot spänningskorrosion i klorider.

En annan typ av spänningskorrosion kan inträffa då rostfria stål används inom olje- och gasindustrin där processvätskorna är ofta förorenade med vätesulfid, H₂S. I detta fall sker sprickbildning till följd av väteförspridning och förutom graden av förorening med H₂S är även kloridhalt och temperatur av betydelse för omfattningen av angreppet. Det har visat sig att austenitiska stål med hög nickelhalt bäst står emot denna typ av spänningskorrosion.

Galvanisk korrosion

Om två olika metaller står i direkt, elektrisk kontakt i samma miljö kan den som är oädlare korrodera, i synnerhet om den upptar mycket mindre area än den ädlare motparten. Det klassiska exemplet är ordinärt stål som rostar i kontakt med en kopparlegering. I allmänhet är två olika sorters rostfritt stål elektrokemiskt tillräckligt lika att inga sådana galvaniska effekter uppstår. Däremot kan ett rostfritt stål korrodera om det står i kontakt med grafit. Å andra sidan om ett rostfritt stål och ett ordinärt kolstål står i metallisk kontakt, till exempel i en värmeväxlare med rostfria rör och ändplåtar av kolstål, kan kolstålet rosta mycket snabbt.

Atmosfärisk korrosion

Korrosivt angrepp av rostfritt stål i atmosfären kan innefatta flera olika korrosionsmekanismer och dessutom påverkas av luftfuktighet, temperatur, graden av exponering och vilka föroreningar som finns. Självklart är risken för angrepp påtaglig i kustnära miljö där luften innehåller klorider eller i förorenade industrimiljöer. Även inomhus finns exempel på aggressiva miljöer, såsom simbassänger.

Eftersom rostfritt stål används många gånger i applikationer där utseende är av vikt är även missfärgning och väldigt lätt korrosivt angrepp inte önskvärt. Sådant främjas av smutsansamlingar och i sammanhanget är ytfinitet av störst betydelse. Smutspartiklar fastnar lättare på en grövre yta och fukt innehållande föroreningar stannar kvar längre. En finare polerad eller slipad yta samlar inte smuts lika lätt och

samtidigt är den lättare att hålla ren. Speciellt inom industrier för framställning av livsmedel eller läkemedel är det viktigt att detaljer eller konstruktioner i rostfritt stål har så pass fina ytor att rengöring underlättas.

Provningsmetoder för korrosionsbeständighet

Detaljer kring de vanligaste testmetoderna som ibland kan påträffas i specifikationer för rostfritt stål sammanfattas i tabellen nedan.

Det måste poängteras att provningsresultat från dessa olika

testmetoder ska användas bara för att rangordna olika material eller, i fallet Huey eller Strauss, kontrollera att en viss post har behandlats ordentligt med avseende på benägenhet för interkristallin korrosion. För att utvärdera korrosionsprestanda i en viss applikation krävs provning i exakt den miljö som är aktuell, samtidigt som praktisk erfarenhet från miljömässigt liknande situationer bör inhämtas och utvärderas.

Vad avser spänningskorrosion finns ett antal standardiserade och icke-standardiserade provningsmetoder i synnerhet inom segmentet olja och gas för att utvärdera resistens mot väteförsprödning, exempelvis till följd av närvaron av vätesulfid.

Provningsmetod och typ av korrosion	ASTM #	ISO #	Provningsbetingelser	Vad mäts/noteras?	Anmärkningar
Huey test Interkristallin korrosion	A262 Metod C	3651 - 1	Exponering i 65% kokande salpetersyra - 5 x 48 timmar	Viktförlust	Kan ej användas för stål med molybden (oxiderande syra)
Strauss test Interkristallin korrosion	A262 Metod E	3651 - 2	Exponering i kokande svavelsyra med kopparsulfat	Uppkomst eller ej av sprickor efter provet har böjts	Går bra även för stål med molybden
Kritisk temperatur för punktfrätning (CPT)	G48 Metod E	-	6% FeCl ₃ + 1% HCl, exponering 24 timmar vid olika temperaturer	Temperaturen då punktfrätning först kan skönjas	Tar ganska lång tid
Kritisk temperatur för punktfrätning (CPT)	G150	17864	1M NaCl vid +700 mVSCE. Temperaturen höjs med 1°C/min med start vid 0°C	Temperaturen då strömtätheten blir > 100 µA/cm ² anses som CPT	Snabbare metod. Resultaten ej direkt jämförbara med G48 Metod E
Kritisk temperatur för spaltkorrosion (CCT)	G48 Metod F	-	6% FeCl ₃ + 1% HCl, exponering 24 timmar vid olika temperaturer	Temperaturen då spalt-korrosion först kan skönjas	Spaltbildare av PTFE. Tar ganska lång tid

Korrosion vid höga temperaturer, oxidation/skalning

Speciellt austenitiska rostfria stål har goda mekaniska egenskaper vid förhöjda temperaturer och används därför för konstruktionselement i ugnar, avgassystem och liknande applikationer. Resistensen mot skalning i såväl luft som olika gasblandningar och avgaser är därmed av intresse.

I luft bildas ett skikt av huvudsakligen kromoxid som är ganska kompakt och porfri och som medför ett gott skydd upp till en viss temperatur, den så kallad skalningstemperaturen. Då förmår oxidskiktet inte längre skydda det underliggande materialet och oxidationshastigheten ökar i regel ganska drastiskt. Legeringstillsetser som höjer skalningstemperaturen är krom, kisel och sällsynta jordartsmetaller såsom cerium. Den sistnämnda är gynnsam för vidhäftningen av oxidskiktet och på så vis begränsar dess tillväxthastighet

och höjer skalningstemperaturen. SS-EN 1.4835 är ett exempel på ett värmebeständigt austenitiskt stål innehållande, förutom krom och nickel, förhöjd halt kisel och även cerium. Noteras bör att molybdenhaltiga rostfria stål inte är lämpliga för applikationer som kräver god värmebeständighet. Anledningen är att vid temperaturer >750°C bildas oxider innehållande molybden som är flytande och skyddet från oxidskiktet går förlorat.

Ofta innehåller ugnsatmosfärer och avgaser andra beståndsdelar än enbart luft. Om vattenånga till exempel är närvarande kan skalningstemperaturen minska betydligt. Svavelhaltiga föreningar är vanliga i avgaser och kan orsaka omfattande angrepp om inte oxidskiktet är tätt och porfritt. Hög nickelhalt är negativt vad beträffar beständighet mot svavelhaltiga gaser då nickelsulfid har låg smältpunkt. Atmosfären i vissa ugnar leder till risk för uppkolning som återigen motverkas bäst av att stålets yta täcks av ett tätt, defektfritt oxidskikt.

Praktiska åtgärder för att minimera risken för korrosionsangrepp

- Alla ytor bör hållas så rena som möjligt och en god ytfinitet eftersträvas. Detta gäller speciellt vid konstruktionsarbete såsom svetsning eller slipning. Svetsar ska helst bearbetas släta.
- Vid formning och annan hantering av rostfritt stål är det viktigt att inte små partiklar av järn överförs från verktyg och liknande till den rostfria ytan. I synnerhet om svetsar ska rengöras genom borstning måste rostfria borstar användas
- Svetsmetoder som rekommenderas av ståltillverkaren eller i standardblad ska följas. En viktig princip är att sammansättningen av tillsatsmaterialet skall vara minst lika ädelt som basstålet.
- Lågkolhaltiga stål med C < 0,02% bör väljas för svetsade konstruktioner.
- Svetsspänningar ska hållas så låga som möjligt och vid behov skall konstruktionen avspänningsglödgas.
- Oxidskiktet som bildas vid svetsning, glödning eller härdning bör elimineras genom betning eller på mekanisk väg (maskinbearbetning eller slipning).
- Lyft- eller fastspänningsanordningar skall vara fodrade med rostfritt stål.
- Undvik spalter och fickor så gott det går. De spalter som är oundvikliga fylls helt med elastiskt tätningskitt.
- Se till att rostfria konstruktioner och ytor inspekteras och rengörs regelbundet. Det är synnerligen viktigt att ta bort avlagringar och i havsvatten, växter och djur som har fastnat på stålets yta. Ytor som utsätts för stänk av havsvatten som sedan avdunstar skall tvättas med rent vatten så ofta som möjligt.
- Strömningshastigheten i rör, värmeväxlare, ventiler och dylikt skall alltid vara så hög som möjligt så att lokala områden med stillastående vätska undviks.
- Använd aldrig rostfritt stål i direkt kontakt med grafit.
- Om direkt kontakt mellan rostfritt stål och en oädlare metall inte kan undvikas, bör man se till att den sistnämnda upptar en större yta.
- All korrosion sker snabbare ju högre temperaturen är och vissa korrosionstyper, spänningskorrosion till exempel, äger rum endast vid högre temperaturer. Därför skall en konstruktion eller åtminstone delar av den som består av rostfritt stål inte tillåtas under drift uppnå högre temperatur än nödvändigt.
- Den aktuella miljön där stålet ska exponeras bör kartläggas nog. I vissa fall kan närvaron av ganska låga halter av föroreningar, klorider till exempel, medföra att korrosiva angrepp ändå uppstår i en miljö där stålets prestation annars kunde förväntas vara tillfredsställande.



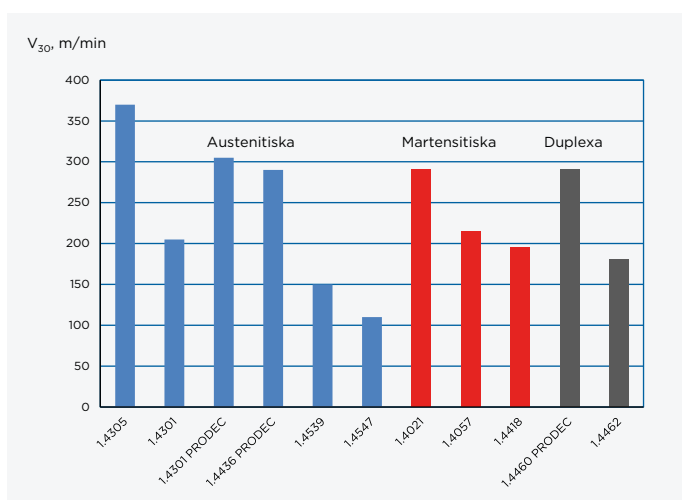
Skärande bearbetning av rostfria stål

En allmän uppfattning är att rostfria stål ofta ställer till besvär när det kommer till maskinbearbetning. Detta är dock en sanning med modifikation eftersom ferritiska och martensitiska sorter inte kan anses svårare att bearbeta än motsvarande kolstål vid samma hårdhet. Visserligen är martensitiska stål som härdats/anlöpts till hårdheter >250 HB svårbearbetade men samma sak gäller även för låglegerade seghärdningsstål.

Om maskinbearbetningsproblem uppstår är ofta austenitiska eller duplexa stål involverade och ju högre legerade dessa ståltyper är desto mera utmanande blir maskinbearbetningen. Svårigheterna härrör från den karaktäristiska kombinationen av egenskaper som austenitiska (och duplexa) stål uppvisar och som diskuterats tidigare i denna handbok.

- Hög duktilitet vilket innebär att spånor är svårbrutna samtidigt som stora krav ställs på skäreggens hållfasthet och maskinens effekt och stabilitet.
- Dålig värmeledningsförmåga med konsekvens att värmen som genereras under skärprocessen tenderar att vara kvar i skärebben i stället för att ledas bort med spånorna.
- Benägenhet att deformationshärda kraftigt som medför att den bearbetade ytan från ett föregående skär blir betydligt hårdare än grundmaterialet. Detta är speciellt besvärligt vid finbearbetning eftersom skärdjupet är så pass litet att risken är att man hamnar mitt i det härda skiktet.
- Stor tendens till löseggsbildning (kletning) på spetsen av det skärande verktyget, som dels orsakar en dålig yta på den bearbetade detaljen och dels medför risk för tidigt verktygshaveri.

I rostfria automatstål förbättras skärbarheten genom tillsats av svavel varvid det bildas inneslutningar av mangansulfid. Det är framför allt bildning och brytning av spånor som underlättas av närvaron av mangansulfider. Nackdelen är att korrosionsbeständigheten försämras avsevärt. Dessutom blir såväl svetsbarhet som duktilitet sämre. SS-EN 1.4305 är ett exempel av ett rostfritt automatstål av 18-9 typ med förhöjd svavelhalt.



Jämförelse av skärbarhet vid svarvning av ett antal olika rostfria stål i glödgat tillstånd. Värden tagna från en artikel av Staffan Gunnarsson i "Mechanical Properties of Stainless Steels", Outokumpu Research Foundation (1990) s.173.

Behandling av stålsmltan med kalcium är ett sätt att förbättra skärbarheten hos rostfria stål utan någon större avkall på övriga egenskaper, i synnerhet korrosionsbeständighet. Valbrunas MAXIVAL® och Outokumpus PRODEC® program utgör goda exempel. Inneslutningarna i sådana stål består av komplexa och ganska mjuka oxider/sulfider innehållande kalcium och kisel. Sådana slagger förbättrar spånbrytningen samtidigt som ett smörjande, skyddande kalciumhaltigt skikt bildas mellan spåna och verktyg. De tillsatser som erfordras (kalcium, svavel) är förhållandevis små så analysmässigt är det möjligt att hålla sig inom de etablerade normerna vilket inte är fallet med rostfria automatstål med förhöjd svavelhalt.

I figuren nedan jämförs maskinbearbetbarheten vid svarvning hos några rostfria stål. Skärbarheten uttrycks här som ett V₃₀-värde, det vill säga den skärhastighet som medför ett förutbestämt mått av förslitning av ett standardverktyg i en given maskin under en ingreppstid av 30 minuter.

Lägg märke till att i PRODEC-utförande har stålen en skärbarhet som närmar sig automatstålet SS-EN 1.4305. Det kan också noteras att svårast att bearbeta är de riktigt höglegerade austenitiska stålen såsom SS-EN 1.4539 och 1.4547. Även av intresse att nämna är resultatet i likande provning av det duplexa stålet LDX 2101® (SS-EN 4162) som var 230 m/min.

Under senare år har det skett en utveckling där hårdmetallverktyg har optimerats vad avser maskinbearbetning av rostfria stål. Förbättrade geometrier underlättar spånbrytning samtidigt som beläggningar som motverkar löseggsbildning har tagits fram. Vid sidan av hårdmetall har cermet verktyg, baserade på titankarbid i stället för volframkarbid, utvecklats. Cermetverktyg uppvisar mindre tendens till löseggsbildning och lämpar sig därför speciellt väl för färdigbearbetning av rostfria stål där fina ytor eftersträvas för korrosionsbeständighetens skull.

Som allmänna råd vid maskinbearbetning av i synnerhet austenitiska och duplexa stål kan följande beaktas:

- Skärkrafterna är höga så stabila maskiner med höga effekter krävs.
- Det är bra om verktyg och arbetsstycke är stabilt uppspända och att överhäng för verktyget är så litet som möjligt, allt för att minimera vibrationer.
- Verktygets geometri ska väljas med omsorg. En så liten nosradie som möjligt kombineras med god eggskärpa och en tillräckligt positiv spånvinkel. En viss kompromiss blir dock nödvändigt då egghållfastheten måste vara tillräckligt hög för att stå emot de stora skärkrafterna.
- Skärdjupet skall vara tillräckligt för att komma under deformationshårdade zoner härrörande från tidigare skär.
- Skärplattan skall bytas ofta – en slö egg medför att den ytliga zonen får större hårdhet och djup.
- Överväg cermet som alternativ till hårdmetall för såväl svarvning som fräsning.
- Rikligt med skärvätska skall användas speciellt vid svarvning och borring så att värmeborttagning från skärzonen underlättas.



Svetsning av rostfria stål

Val av svetsmetod och tillsatsmaterial är synnerligen viktig för rostfritt stål eftersom en fel utförd svetsning kan äventyra korrosionsegenskaperna. Vanligaste svetsmetoder är:

- MMA-svetsning med belagda elektroder.
- MIG/GMAW-svetsning med solid tråd och skyddsgas argon med eventuella tillsatser av helium (upp till 20%), koldioxid (max 2%) och för duplexa stål även kväve.
- FCAW/MCAW-svetsning med rörtråd, där smältbadet skyddas av såväl slagg som gas. Här är det rätt vanligt att en oxiderande skyddsgas används, typ M21 med en blandning av 80% argon och 20% koldioxid.
- TIG/GTAW-svetsning med skyddsgas argon eller blandningar av argon och helium. Denna svetsteknik är långsam men kvalitén är oftast överlägsen andra metoder. TIG-omsmältning kan även användas för att förbättra yt kvaliteten av MMA-, FCAW- eller MIG-svetsar.

Den mest använda metoden är MIG/GMAW eftersom den har högst produktivitet och går lätt att automatisera. Svetsning med rörtråd är mer produktiv än då solid tråd används. Pulverbågsvetsning är en smältsvetsmetod som ibland tillämpas för tjockare gods. Rostfria stål lämpar sig inte för gassvetsning p.g.a. uppkolningsrisken.

I jämförelse med kolstål drar rostfria stål fördelen av att smältpunkten är lägre vilket betyder att för en given svetsmetod och godstjocklek kan hastigheten ökas och värmeförsel sänkas. Med undantag för martensitiska sorter kan svetsbarheten av rostfria stål betraktas som god och minst likvärdig svetsbara kolstål. Ett par saker bör dock tas i beaktande. Först och främst består eventuellt oxidskikt på rostfritt stål av kromoxid som har hög smältpunkt och reduceras inte av desoxidationstillätsarna i tillsatsmaterial. Därmed ställs högre krav att ytorna som skall fogas ihop är rena, än för kolstål. En annan skillnad gentemot kolstål, som gäller speciellt för austenitiska typer, är att värmen leds sämre samtidigt som den termiska utvidgningen är högre. Konsekvensen är att värmeförseln måste begränsas och svetsteknik anpassas för att undvika oacceptabla formändringar.

Med rätt teknik ger svetsning av austenitiska stål sällan upphov till problem och svetsbarheten förblir god även för ganska höglegerade sorter. Förvärmning behövs inte och kan speciellt i kombination med högre svetsenergi faktiskt vara negativ eftersom det föreligger då risk för varmsprickor och formförändringar. Trots att "enkla" CrNi-stålsorter, t ex SS-EN 1.4307, i glödgat tillstånd består av 100 % austenit, karaktäriseras efter svetsning såväl svetsgodset som den värmepåverkade zonen av ett visst inslag av ferrit. Ferritens närvaro är till viss del positiv i och med att den motverkar varmsprickor, men kan vara negativ för korrosionsbeständigheten. Svetsgodset i högre legerade stål med hög halt nickel saknar ofta ferrit och benägenheten för varmsprickor är således högre. Motmedlet är noggrann svetsteknik i kombination med tillsatsmaterial av hög renhet då det är föreningar såsom svavel och fosfor som bidrar till varmsprickbildning.

Vid svetsning av austenitiska rostfria stål vars hållfasthet har förbättrats genom bearbetning (kallvalsning, kallformning eller kalldragning) kommer hårdheten att sjunka i den värmepåverkade zonen intill svetsen.

Duplexa rostfria stål är relativt lättsvetsade så länge tillsatsmaterial och svetsenergin anpassas så att förhållandet mellan ferrit och austenit bibehålls på ungefär samma nivå som i grundmaterialet. Svetsbarheten av ferritiska stål är också acceptabel om värmeförseln begränsas så att mikrostrukturen i den värmepåverkade zonen inte blir för grov med försämrad seghet som följd. Dessutom är svetsar i ferritiska stål benägna till sprödhet om de kontamineras med väte eller kväve.

Martensitiska stål har för det mesta dålig svetsbarhet och ju högre kolhalten är desto sämre blir svetsbarheten. Förvärmning fordras så gott som alltid och även då blir den värmepåverkade zonen ganska hård med risk för kallsprickor till följd av kontamination med väte. Svetsbarheten av martensit-ferritiska stål är bättre än för sorter som är helmartensitiska.

Som redan har nämnts, kan problem med interkristallin korrosion uppstå i stål med kolhalt $>0,03\%$ till följd av utskiljning av kromkarbider i den värmepåverkade zonen under svalning efter svetsning. Alla typer av rostfria stål kan drabbas men risken är mindre om kolhalten hålls låg ($<0,02\%$) eller om stålet är stabiliserat med titan eller niob. Utskiljning av intermetalliska föreningar såsom sigmafas i samband med svetsning av höglegerade austenitiska och duplexa stål kan ge upphov till oförväntade och oönskade korrosionsproblem.

Rostfria stål och i synnerhet austenitiska typer har i svetsningssammanhang en olycklig kombination av hög termisk utvidgning och dålig värmeledningsförmåga. Därmed är dessa ståltyper i svetsade konstruktioner benägna till formförändringar i mycket högre grad än kolstål. För att motverka sådana är det en fördel att svetsfogar är så symmetriska som möjligt för att balansera spänningar samtidigt som energitillförseln begränsas. TIG/GTAW ger bästa resultat vad avser formändringar och bör övervägas i kritiska fall även om produktiviteten är betydligt sämre än med MIG/GMAW eller FCAW.

Tillsatsmaterial för svetsning av rostfria stål

Eftersom korrosionsbeständigheten är den främsta anledningen att välja ett rostfritt stål för en viss applikation är det väsentligt att inte denna äventyras genom svetsning. Därmed måste tillsatsmaterial väljas så att svetsgodset uppvisar lika bra korrosionsegenskaper som grundstålet. "Enkla" stål svetsas ofta med ett "arteget" tillsatsmaterial, det vill säga ett som ger en svetsgods med ungefär samma sammansättning som stålet. Men så är inte alltid fallet. Till exempel är det rätt vanligt att ferritiska stål svetsas med ett "austeniskt" tillsatsmaterial; samma sak gäller för svärsvetsade martensitiska rostfria stål. Normalt är tillsatsmaterial för standard austenitiska CrNi- och CrNiMo-stålsorter anpassade för att ge en viss mängd ferrit i svetsgodset så att benägenheten för varmsprickor minskas. I fall då ett helaustenitiskt svetsgods erfordras kan varmsprickrisken



motverkas genom användning av ett tillsatsmaterial med låga föroreningshalter och legerat med mangan. Svetsning av höglegerade austenitiska och duplexa stål genomförs som regel med ett överlegerat tillsatsmaterial, dvs ett med högre halter av krom, nickel och molybden än i basstålet. Anledningen härtill är att segringar i svetsgodset annars skulle resultera i lokalt nedsatt korrosionsbeständighet om tillsatsmaterialet var arteget. Det är till och med rätt vanligt att höglegerade austenitiska stål svetsas med ett tillsatsmaterial baserat på nickel i stället för järn.

Tillsatsmaterial anpassade för duplexa rostfria stål ger en ferrit-austenitisk mikrostruktur men deras sammansättning avviker något från den i motsvarande basstålet. Normalt är halten av austenitbildande ämnen, mangan, nickel och kväve, något högre för att motverka alltför höga ferrithalter i svetsgodset. Svetsning av duplexa stål utan tillsatsmaterial är inte att rekommendera eftersom svetsgodset annars kommer att ha hög ferrithalt och sämre mekaniska egenskaper.

I tabellen på nästa sida listas lämpliga tillsatsmaterial (SS-EN beteckningar) för svetsning av de vanligaste rostfria stålsorterna i Tibnors lagerprogram. Sammanställningen är på intet sätt fullständig. I ett par fall anges beteckningar från Avesta Welding Manual men motsvarande produkter kan naturligtvis tillhandahållas från andra leverantörer. Ett korrekt val av tillsatsmaterial är synnerligen viktigt för just rostfritt stål och vid minsta osäkerhet bör du rådfråga antingen din speciallistkontakt på Tibnor eller din leverantör av svetsmaterial.

Det är fullt möjligt att genom svetsning foga ihop ett rostfritt stål och ett ordinärt kolstål under förutsättning att det "svarta" materialet har acceptabel svetsbarhet. Bäst resultat med minst risk för sprickbildning uppnås med ett rostfritt tillsatsmaterial vars sammansättning ger en mindre mängd ferrit i svetsgodset. Sådana tillsatsmaterial kan erbjudas av de flesta leverantörerna och är normalt något överlegerade i jämförelse med det som skulle användas för svetsning av en fog rostfritt-rostfritt, detta för att kompensera svetsgodsets utspädning till följd av insmältning av kolstålet. Vid sidan av val av tillsatsmaterial bör dessutom följande beaktas om man vill foga ihop rostfritt stål och kolstål:

- En enkel tumregel är att vidta samma åtgärder, till exempel rengöring av ytor eller förvärmning, som om stålen skulle svetsas mot sig själva. Synsättet är något konservativt men risken för sprickor i den värmepåverkade zonen på kolstålssidan minskas därmed och likaså bibehålls korrosionshårdighet i den rostfria delen av fogen.
- Korrosionsbeständigheten av det rostfria stålet kan äventyras om avspänningsglödning utförs i det normala temperaturintervallet för kolstål (500 - 650°C).
- I aggressiv miljö kan kolstålet utsättas för kraftig galvanisk korrosion om inte det skyddas.

Efterbehandling av svetsade detaljer i rostfritt stål

Efter avslutad svetsning är svetsgodset och den angränsande stålytan förorenad till följd av missfärgning/oxidation samt närvaro av slagg och andra svetsdefekter, sprut, partiklar från slipning och annan hantering, och även organiska föreningar, typ olja. Dessutom kan ytfinheten vara undermålig. Oxidation, svetsdefekter, föroreningar, grov yta och så vidare verkar nedsättande för korrosionsegenskaper.

För att försäkra god korrosionsbeständighet måste nämnda defekter och fel elimineras genom någon typ av efterbehandling med antingen mekaniska eller kemiska metoder, många gånger i kombination. De mekaniska metoderna omfattar slipning, blästring, borstning och för kritiska applikationer, polering. Slipning är det enda alternativet för att avlägsna svetsdefekter såsom slagg, smältdiken, tändmärken och dylikt. Vid mekanisk efterbearbetning är det viktigt att slipskivor och borstar är rena och att den slutliga ytfinheten är tillräckligt bra. Kemiska metoder involverar någon typ av betning med flytande betmedel eller pasta. Båda innehåller i regel salpetersyra i kombination med andra syror så det är nödvändigt att efteråt tvätta i rikligt med vatten. Höglegerade, korrosionsbeständigare stålsorter kräver starkare betmedel.

Efterbehandlingen avslutas med en rengöring för att ta bort partiklar och andra föroreningar som har fastnat på stålets yta. Traditionellt har salpetersyra använts men idag finns miljömässigt bättre alternativ. I specifikationer kallas ofta detta steg för passivering.

En kort beskrivning som denna kan omöjligen lyfta fram alla aspekter kring val av metod, procedur och tillsatsmaterial för svetsning av rostfria stål. Svetshandböcker som publicerats av till exempel tillverkare av tillsatsmaterial är utmärkta källor för den som önskar fördjupade kunskaper. Några exempel är:

"The Avesta Welding Manual – Practice and products for stainless steel welding", Böhrer Welding Group, (www.voestalpine.com/welding/).

"Outokumpu Welding Handbook" (www.outokumpu.com).

"Technical Handbook – Stainless Steel Welding", ESAB, (www.esab.se).

"Welding of Stainless Steels", Euro-Inox, Materials and Applications Series, Volume 3, (www.euro-inox.org).

Stål SS-EN	Typ av stål (**)	MMA svetsning EN 1600	MIG/MAG svetsning		TIG- svetsning EN 12072	Anmärkningar
			Solid tråd EN 12072	Rörtråd EN 12073		
1.4301	austenitisk	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L	W 19 9 L	Svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4306	austenitisk	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L	W 19 9 L	
1.4307	austenitisk	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L	W 19 9 L	
1.4401	austenitisk	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L	W 19 12 3 L	Svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4404	austenitisk	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L	W 19 12 3 L	
1.4432	austenitisk	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L	W 19 12 3 L	
1.4435	austenitisk	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L	W 19 12 3 L	
1.4436	austenitisk	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L	W 19 12 3 L	
1.4571	austenitisk (Ti-stabiliserad)	E 19 12 3 Nb	G 19 12 3 Nb	T 10 12 3 Nb	W 19 12 3 Nb	Svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4835	austenitisk (värmebeständig)	253 MA *	253 MA *	-	254 MA *	Svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4539	austenitisk (höglegerad)	E 20 25 5 Cu L	G 20 25 5 Cu L	-	W 20 25 5 Cu L	Svetsgods helaustenitiskt
1.4547	austenitisk (höglegerad)	P 12 *	P 12 *	-	P 12 *	Svetsgods helaustenitiskt, nickelbaserad
1.4162	duplex	LDX 2101*	LDX 2101*	LDX 2101*	LDX 2101*	Avsedd att ge svetsgods med 30 - 50% ferrit
1.4460	duplex	E 25 7 2 NL	E 25 7 2 NL	E 25 7 2 NL	E 25 7 2 NL	
1.4462	duplex	E 25 7 2 NL	E 25 7 2 NL	E 25 7 2 NL	E 25 7 2 NL	
1.4003	ferritisk	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L	W 19 9 L	Austenitiskt svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4016	ferritisk	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L	W 19 9 L	
1.4418	martensit- ferritisk	248 SV *	248 SV *	-	248 SV *	Ca 5% ferrit i svetsgodset

** Om martensitiska stål i Tibnors lagerprogram (typ SS-EN 1.4021 och 1.4057) skall svetsas rekommenderas att en leverantör av tillsatsmaterial kontaktas för att diskutera såväl materialval som svetsprocedur.

* Beteckningar i Avesta Welding Manual.

Kallformning av rostfria stål

Med undantag för martensitiska stål karaktäriseras alla rostfria stål av ganska hög eller i fallet austenitiska stål av mycket hög duktilitet. Kallformbarheten, med andra ord hur mycket stålet kan bearbetas i en kallformningsoperation utan att brista, är kopplad till duktiliteten. Austenitiska stål uppvisar därmed utmärkt kallformbarhet medan duplexa och ferritiska stål är något sämre i detta avseende även om deras formbarhet ändå kan klassas som god. Martensitiska stål är svåra att kallforma men enklare operationer såsom bockning eller stukning kan utföras med materialet i mjukglödgat tillstånd.

Rostfria stål används mycket ofta i form av plåt och då är kallformbarheten i operationer som bockning, djupdragning och sträckpressning (eller kombinationer av dessa) av intresse. Austenitiska stål har förutom mycket god duktilitet även högt förhållande brottgräns/sträckgräns och följaktligen uppvisar utmärkt formbarhet i operationer involverande en hög grad av sträckning. För en given plåttjocklek och sträckgräns är sträckformbarheten signifikant bättre än för konventionella lågkolhaltiga stål avsedda för pressning. I förhållande till en given nivå av brottgräns är skillnaden ännu mera påtaglig. Däremot i djupdragning kan inte austenitiska stål anses som bättre än mjuka kolstål. Eftersom de flesta industriella kallformningsoperationerna har inslag av såväl sträckpressning som djupdragning uppvisar austenitiska rostfria stål överlag något bättre formbarhet än ordinära kallvalsade och glödgade stål med låg kolhalt.

Ferritiska rostfria stål har en kallformbarhet som är i stort likvärdig med den för ordinära stål med samma hållfasthet i såväl sträckpressning som djupdragning. Jämfört med austenitiska stål är formbarheten i sträckpressning något sämre medan djupdragningsegenskaperna är hos ferritiska stål till och med lite bättre i synnerhet för de stålsorter som avsiktligt utvecklats med avseende på formbarhet, såsom

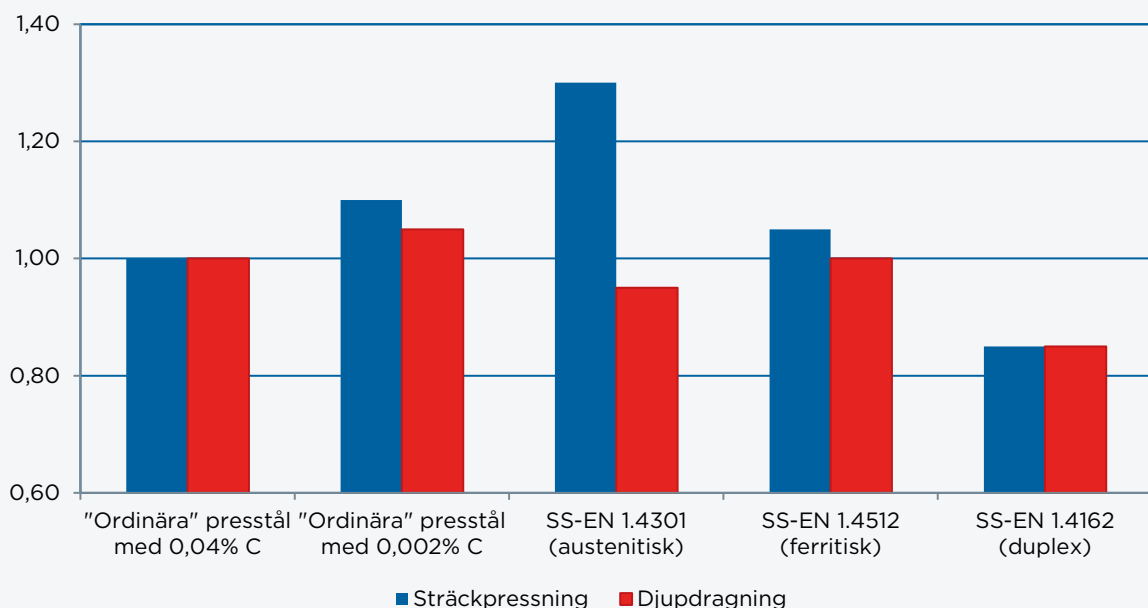
SS-EN 1.4512. Formbarheten hos ferritiska stål försämrans dock avsevärt vid även måttliga temperatursänkningar varför formningsoperationer med dessa material alltid bör utföras inomhus.

Duplexa stål har högre hållfasthet och kan allmänt sägas vara sämre än austenitiska stål vad beträffar sträckformning och lite sämre än ferritiska stål i djupdragning. Ändå uppvisar duplexa stål i allmänhet god formbarhet. För en given godstjocklek är kraften för att pressa ett duplext stål högre till följd av den högre hållfastheten. Dock kompenseras detta till viss del av att godset för en viss applikation ofta kan vara tunnare än vad som skulle fordras för ett austenitiskt eller ferritiskt stål.

Eftersom rostfria stål har ungefär samma E-modul som kolstål är vid en given hållfasthet återfjädringen i samband med kallformning ungefär lika. I glödgat tillstånd uppvisar duplexa stål med högre hållfasthet större återfjädring än austenitiska och ferritiska stål.

I såväl sträckformning som djupdragning har friktion mellan plåt och verktyget stor betydelse för formbarheten. Som vi redan har sett i diskussionen kring skärbarhet, har rostfria stål och speciellt austenitiska sådana en tendens att "kleta" på ett formningsverktyg vilket kan ge upphov till ett instabilt beteende i en formningsoperation. Lågkolhaltiga ordinära stål avsedda för kallformning drabbas inte alls på samma sätt. Smörjning och/eller ytbeläggning av verktygen är därmed av största vikt då man ska kallforma ett rostfritt stål.

I diagrammet visas en sammanfattande jämförelse av formbarheten för glödgat, lågkolhaltigt ("ordinärt") stål och olika typer av rostfria stål.



Ungefärlig jämförelse av formbarhet av olika typer av rostfria stål i förhållande till ett ordinärt presstål med 0,04 % C. Avser samma plåttjocklek men eftersom tjockleken ofta kan minskas för duplexa stål (tack vare den högre hållfastheten) kommer formbarheten då att förbättras i förhållande till de andra.

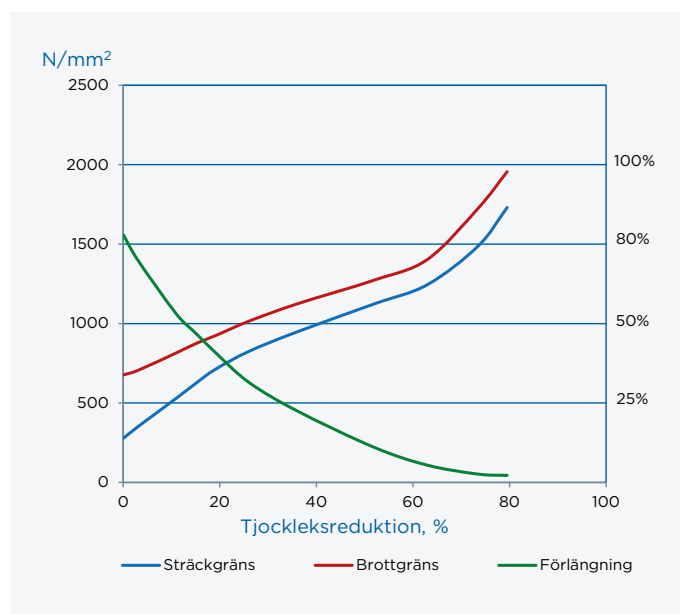


Copyright © 2021 Outokumpu Oyj

Austenitiska och ferritiska stål kan bockas till en minsta radie som är lika med godstjockleken, d v s i stort sett jämbördig med glödgat kolstål. Duplexa stål stannar vid ungefär 2 x godstjockleken.

Vi har sett att austenitiska rostfria stål uppvisar god duktilitet och att förhållandet mellan brottgräns och sträckgräns är högt. Detta möjliggör att hållfastheten hos sådana stål kan ökas mångfalt genom kallbearbetning samtidigt som acceptabel duktilitet bibehålls. Effekten är synnerligen påtaglig för CrNi-stål med nickelhalter som ligger något under 8 %, t ex SS-EN 1.4310. I figuren intill illustreras hållfasthetsökningen som kan åstadkommas genom kallvalsning av detta material. Man kan lägga märke till den betydande ökningen av såväl sträck- som brottgräns vid höga reduktionsgrader. Detta förklaras av att sammansättningen för denna stålsort ligger precis på gränsen för stabilitet av austenitmikrostrukturen. En konsekvens är att det bildas i samband med kallvalsning så kallad deformationsmartensit, som är hårdare än austeniten och bidrar till den mycket påtagliga höjningen av hållfastheten. En annan effekt av denna martensitbildning är att duktiliteten av det kallvalsade materialet fortsätter att vara ganska god även vid höga nivåer av sträck- och brottgräns.

Genom väl avvägda kombinationer av kallvalsning och glödgning kan stål SS-EN 1.4310 tillhandahållas i form av plåt med tjocklekar upp till 6-8 mm och med olika nivåer av brottgräns från 800-2 000 N/mm². Det går att genom kallbearbetning och glödgning höja hållfastheten (brottgräns upp till 1 300 - 1 500 N/mm²) även hos andra austenitiska stål, såsom SS-EN 1.4307 och SS-EN 1.4404, men det är inte möjligt att uppnå så höga värden som med SS-EN 1.4310.



Hållfastheten och duktiliteten av stål SS-EN 1.4310 som funktion av reduktionsgrad efter kallvalsning till en tjocklek av 1 mm (värden tagna från R. Mutso, Tekn. Dr. avhandling, McGill University, Montreal (1970)).

Rostfria stål - olika produktformer och utföranden

De flesta produktformer som finns tillgängliga för kolstål - band, plåt, stång, rör och så vidare - går även att få som rostfritt stål. Huvudskillnaden gentemot produkter av kolstål är att ytbeskaffenheten oftast är mycket bättre. Kolstål, till exempel, vanligtvis levereras med en varmvalsad oxiderad yta. Detta fungerar inte för rostfritt stål eftersom en oxiderad yta medför nedsatt korrosionsbeständighet och försämrade svetsbarhet. Av denna anledning är oxidskiktet oftast avlägsnat genom betning i syra även för de enklaste produkterna.

Platta produkter - tunnplåt och band

Platta produkter med tjocklek mindre än 5 mm svarar för en stor del av förbrukningen av rostfritt stål. Efter stål tillverkningssträng gjuts det flytande stålet till ett rektangulärt format, så kallad "slabs", som sedan konverteras till plåt eller band genom varmvalsning kompletterad för mindre tjocklekar av kallvalsning. Såväl varmvalsade som kallvalsade platta produkter hasplas normalt till "coils" för att underlätta fortsatt hantering vid stålverket och även transport. Bredden på plåten i form av coils är normalt 1,5 - 2 m.

För att uppnå acceptabel korrosionsbeständighet måste det valsade stålet glödgas efterföljd av hastig kylning, så kallad släckglödning. Efter denna värmebehandling elimineras oxidskiktet först mekaniskt och därefter genom betning i starka syror. Enligt SS-EN 10088-2 avser beteckningen 1D varmvalsade platta produkter med glödgad och betad yta utan oxid.

För band/plåt med tjocklek mindre än ca 3 mm utgår man oftast ifrån en varmvalsad produkt med ytutförande 1D som sedan bearbetas ytterligare genom kallvalsning. Kallvalsad plåt har såväl finare ytor som bättre toleranser än varmvalsad varför material med tjocklek >3 mm också går att få i kallvalsat utförande. Även kallvalsat material måste släckglödgas med efterföljande betning för att ta bort oxidskiktet. Det allra vanligaste kallvalsade utförandet betecknas 2B - kallvalsat, glödgat, betat och med en slutlig mycket lätt kallvalsning som försäkrar god korrosionsbeständighet i paritet med fina ytor och toleranser.

Enligt SS-EN 10088-2 är andra vanliga ytutföranden för kallvalsade band av rostfritt stål:

- 2E, kallvalsat, glödgat och med mekanisk borttagning av oxidskiktet. Ytan blir mattare än 2B och material med detta ytutförande används ofta för vidareförädling till svetsade rör eller hålprofiler.
- 2R, kallvalsat och glödgat i skyddsgas (blankglödgat) så att betning inte behövs. Efter en slutlig lätt kallvalsning blir ytfiniteten bättre och glansen ännu högre än 2B.
- 2H, enbart kallvalsat för att uppnå högre hållfasthet. Beteckningar såsom C700, C850 och så vidare avser en viss nivå av brottgräns i N/mm². Stål som SS-EN 1.4310 vars hållfasthet kan höjas till mycket höga nivåer genom kallvalsning (se avsnittet om kallformning) är normalt tillgängligt i form av band med ytutförande 2H.

Kallvalsad tunnplåt med känsliga ytor (utförande 2B och 2R) beläggs som oftast med en tunn plastfilm för att skydda vid hantering under transport, lagerhållning och processgången hos slutförbrukaren.

I tabellen ges en sammanställning över ungefärliga Ra-värden för rostfria plåtprodukter med olika ytutförande. Dessutom illustreras de olika ytorna i bildformat på nästa sida.

Beteckning enligt SS-EN 10088-2	Typ av stål	Ra, µm
1D	Varmvalsat, glödgat, betat	4 - 7
2E	Kallvalsat, glödgat med mekanisk borttagning av oxidskiktet	2 - 5
2B	Kallvalsat, glödgat, betat med avslutande lätt kallvalsning	0,1 - 0,5
2R	Kallvalsat, blankglödgat med avslutande lätt kallvalsning	0,05 - 0,1
2G (*)	Kallvalsat, glödgat, betat och slipat (normalt bara ena sidan slipat)	0,2 - 1,0
2G/DP40	Kallvalsat, glödgat, betat och torrslipt (normalt bara ena sidan slipat)	0,4 - 0,7
2G/DP20	Kallvalsat, glödgat, betat och torrslipt (normalt bara ena sidan slipat - finare än DP40)	0,15 - 0,25
2J (*)	Kallvalsat, glödgat, betat och borstat (normalt bara ena sidan borstat)	0,2 - 1,0
2K	Kallvalsat, glödgat, betat och satinpolerat (normalt bara ena sidan polerat)	<0,5
2P	Kallvalsat, glödgat, betat och högglosspolerat (normalt bara ena sidan polerat)	<0,1

* Inom klassificering 2G och 2J kan ytans karaktär och i synnerhet Ra kan variera en hel del beroende på metoden för ytbearbetning, grovleken på slipmedel eller borstar, huruvida slipvätska används eller inte o s v.



1D: varmvalsat, glödgat, betat.



2B: kallvalsat, glödgat, betat med slutlig lätt kallvalsning.



2E: kallvalsat, glödgat med mekanisk borttagning av oxidskiktet.



2R: kallvalsat, blankglödgat med slutlig lätt kallvalsning.

Platta produkter - ytbehandlad tunnplåt

Rostfri tunnplåt används flitigt i applikationer där utseende och estetik är av betydelse, till exempel för hushållsapparater och beklädnad av byggnader såväl inom- som utomhus. Därmed finns en hel uppsjö av yutföranden utöver de valsa- de standardytorna som beskrivs i föregående avsnitt:

- Slipade, borstade och polerade ytor med olika grad av finhet och glans. I SS-EN 10088-2 betecknas sådana ytor som 2G (slipad), 2J (borstad) samt 2K eller 2P (polerade). DP20 och DP40 (Outokumpu beteckningar) är torrslipade ytor som framtagits med slipmedel av olika kornstorlek. DP20 är en finare yta (lägre Ra) än DP 40 - se tabellen på sidan 24.
- Blästrade ytor med jämn, lågreflekterande finish som inte uppvisar samma riktningsberoende som slipade/ polerade ytor tack vare avsaknaden av repor.
- Ytor som polerats elektrolytiskt (elektrolytpolering medför den fördel att ytor med komplicerad form kan behandlas).
- Elektrolytisk färgade ytor där stålets naturliga oxidskikt görs tjockare. Genom att styra skiktets tjocklek fås olika färger tack vare ljusinterferenseffekter.
- Mönstrade ytor som kan åstadkommes med elektro-etsning eller oftare genom kallvalsning med mönstrade valsar. En slät och en mönstrad vals i kombination ger ett ensidigt mönster medan tvåsidiga mönstrar resulterar om båda valsar är mönstrade. Förutom tilltalande utseende har kallvalsade mönstrade ytor bättre styvhet så att materialets tjocklek kan minskas samtidigt som ytan är hårdare och mera reptålig. Ett exempel visas här intill.

Ytbehandlad tunnplåt av rostfritt stål beläggs normalt med plastfilm för att skydda den känsliga ytan under hantering vid till exempel en byggarbetsplats.

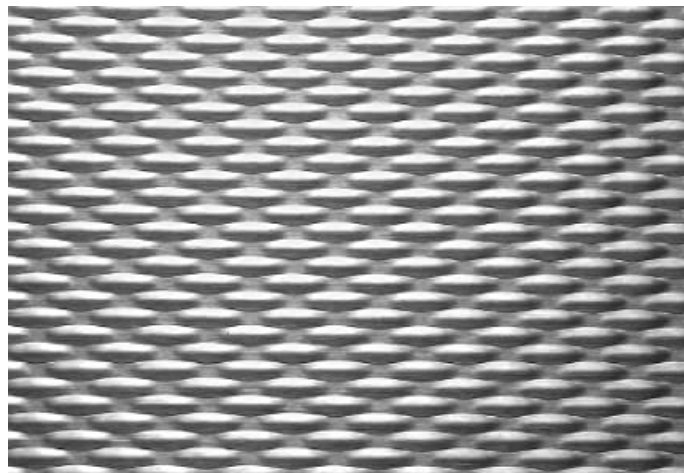
Dokumentet "Guide för val av rostfri ytfinish" som finns tillgängligt på svenska från Euro-Inox (European Stainless Steel Development Association) beskriver ingående olika yutföranden och visar exempel på applikationer (www.euro-inox.org).

Underhåll av rostfritt stål

Komponenter/konstruktioner gjorda i rostfritt stål behöver regelbunden rengöring dels för att bibehålla ytornas ursprungliga lyster och tilltalande utseende och dels för att inte korrosionsbeständigheten försämrats. Rostfria ytor kan visserligen missfärgas genom exponering mot olja/fett eller från fingeravtryck. Allvarigare är dock missfärgning till följd av begynnande korrosion, knappt synlig i början, men som kan utvecklas till allvarigare typer av angrepp om inte motåtgärder sätts in i tid.

Betoningen i detta avsnitt är på rostfritt stål i form av plåt som oftast måste uppfylla såväl estetiska som hygieniska krav. De olika konstateranden samt rekommendationerna gäller dock i lika hög grad för rostfritt stål i annat format. Missfärgning till följd av korrosion kan ske om:

- Stålet utsätts för aggressivare miljö än vad det är avsett för, exempelvis luft som är salthaltig eller starkt förorenad,
- Smuts och andra korrosiva ämnen får fäste på ytan, som lätt händer om Ra-värdet är för högt,
- Konstruktionen är olämpligt utformad med fickor och trånga spalter,
- Ytorna har vid installation eller under drift förorenats av



Exempel på dubbelsidig mönstrad yta (AN5)

- partiklar innehållande järn, och
- Galvaniska effekter har uppstått till följd av kontakt med ett ordinärt stål.

Korrosionsriskerna i de tre förstnämnda situationerna är störst för de lägre legerade rostfria stålsorterna och kan minskas avsevärt genom att man från början väljer ett stål med bättre korrosionsbeständighet, t ex SS-EN 1.4404 i stället för 1.4307.

I de båda sistnämnda fallen är det rost från det ordinära stålet som orsakar missfärgningen. Därmed bör samtliga fästelement vara av rostfritt stål och likaså vid montering ska rena verktyg som är fria från rester av ordinära stål användas. Ifall konstruktionen fordrar att ett rostfritt och ett ordinärt stål kommer i närhet av varandra bör eventuella kontaktytor isoleras elektrisk, till exempel genom ett mellanliggande skikt av plast.

Om den rostfria plåten har fått fläckar eller missfärgningar, som inte går att avlägsna genom normal tvätt i vatten, kan rengöringsmetoder som visas i tabellen på nästa sida användas.

Tänk på att aldrig göra följande:

- Borsta eller skura med borstar eller stålull av ordinärt stål,
- Sandblästra med sand som tidigare används för blästring av ordinärt stål,
- Rengöra med starka syror, i synnerhet saltsyra. Speciellt ska man inte frestas av att ta bort betongfläckar med saltsyra - sådana tvättas bäst bort med vatten innan

Typ av angrepp/ missfärgning	Rengöringsmedel och metoder
Fingeravtryck	Tvätta med tvål, tvättmedel, alternativt ett organiskt lösningsmedel. Skölj sedan med rent kallt vatten och torka.
Olja och fett	Tvätta med ett organiskt lösningsmedel och sedan med tvål och vatten. Avsluta med sköljning i rent kallt vatten efterföljd av torkning.
Svårare missfärgningar och fläckar inkl. upphettningsfärger	Tvätta med mildt slipande tvättmedel (skurpulver eller "Scotchbrite" svamp), gnid i ytstrukturriktningen om den syns. Skölj sedan med rent kallt vatten och torka. Alternativt kan 10%-fosforsyralösning användas med efterföljande sköljning med utspädd ammoniaklösning och sedan vatten.
Rostfläckar	Blöt ytan med oxalsyralösning, låt stå 15 - 20 minuter, skölj med rent kallt vatten och torka. Vid behov upprepa tvättningen med skurpulver enligt ovan.
Djupare rostangrepp	Bortslipning eller i allvarigare fall svetsreparation. För det sistnämnda fordras lika mycket varsamhet som med svetsning i samband med konstruktion.
Repor på slipad eller borstad yta	Polera med slipdyna (med järnfritt slipmedel) i ytstrukturriktningen, tvätta sedan med tvällösning, skölj med rent kallt vatten och slutligen torka. OBS! Denna metod kan ej användas för 2B-, 2R- ytor. Inte heller för mönstrade eller dekorvalsade ytor.

Platta produkter - grovplåt

Utgångsformatet för tillverkning av grovplåt i rostfritt stål är detsamma som för tunnplåt, d v s stränggjutna ämnen i form av "slabs" med anpassade längder. Dessa varmvalsas individuellt i ett reversibelt verk med kapacitet att rotera hetan så att såväl bredden som längden kan ökas samtidigt som tjockleken reduceras. Minsta tjockleken som valsas i ett reversibelt plåtverk är ca 10 mm och dimensionsområden för "tjock varmvalsad tunnplåt" och "tunn grovplåt" överlappar därmed till viss del. Dock möjliggör ett reversibelt verk större bredder än ett varmvalsverk för tunnplåt som hasplas.

Ett annat namn för grovplåt är kvartoplåt eftersom varmvalsning sker ofta i ett s k kvartoverk bestående av ett valspar med dubbla valsar såväl ovan- som nedanför. Den färdiga plåten underkastas glödgning och betning på samma sett som varmvalsad tunnplåt så yttutförandet är normalt 1D. Efter betning planriktas plåten genom valsning eller sträckning, kanterna trimmas och i förekommande fall kapas moderplåten upp i mindre längder och bredder.

Långa produkter - stång

För tillverkning av stång konverteras stålsmältan genom stränggjutning till fyrkantiga eller runda ämnen. De med större tvärsnitt benämns "blooms" medan ämnen med mindre tvärsnitt kallas för "billets". Framställning av stång från sådana utgångsämnen i passande längder sker genom varmvalsning i verk som oftast består av ett reversibelt förpar följt av en kontinuerlig valsningsslinje med så många som ett tiotal individuella valspar. Under valsningen ändras hetans såväl dimension som form. Speciellt för små dimensioner är materialets hastighet i slutet av valsningen hög, och kan vara >10 meter per sekund. Valsningsslinjer för stång är mycket flexibla och ett stort dimensionsomfång i olika tvärsnitt, rund, kvadrat, rektangulär och vinkel kan framställas i ett och samma verk. Efter valsningen får de färdiga stängerna svalna i luft innan kapning till hanterbara längder, 6 meter är ganska vanligt.

De färdigvalsade stängerna underkastas släckglödgning och betning på samma vis som varmvalsad plåt för att uppnå yttutförande 1D innan de som slutoperation riktas. Behovet av riktning varierar men osymmetriska stångformat, t ex vinkel, måste så gott som alltid riktas.

Rostfri armeringsstång tillverkas utgående från billets i liknande verk som för produktion av stång. Valsarna i slut-

stegen är dock mönstrade för att forma de karaktäristiska kammarna. Eftersom det normalt är fråga om mindre dimensioner hasplas stången efter valsning till coils för att erhålla ett kompakt format som underlättar hantering. Efter släckglödgning och betning kapas sedan det hasplade materialet till passande längder eller levereras i coilsformat.

Långa produkter - ytbearbetad stång

Även om yterna av rostfri stång i glödgat-betad tillstånd är ganska fina finns ett antal ytbearbetade utföranden där såväl ytfiniteten och framför allt dimensionstoleranserna har förbättrats ytterligare.

- Kalldragen stång: kalldragning sker efter att den varmvalsade stången har glödgats och betats men ändå dock kan vissa små ytfel kvarstå. Av denna anledning bör den kalldragna ytan inte lämnas obearbetad om detaljen eller konstruktionen kommer att utsättas för hög belastning. Förutom runt är sexkant ett annat kalldraget format, som tillverkas genom att glödgad-betad rundstång dras genom ett sexkantigt verktyg. I SS-EN 10088-3 betecknas den kalldragna ytan som 2H. Dragna stänger, såväl runda som sexkantiga, har normalt en h-tolerans såsom definieras i ISO 286 - 2 och som är en noll-minus-tolerans. Med andra ord är dimensionen marginellt mindre än den nominella.
- Maskinbearbetad rundstång: mindre dimensioner skal-svarvas medan större dubbssvarvas. Eftersom glödskalet elimineras av svarvningen behövs inte betning efter glödgning. Skalsvarvade stänger riktas normalt genom profilerade valsar (reelriktning) som medför att ytan får en viss grad av rullpolering. En maskinbearbetad yta betecknas i SS-EN 10088-3 som 1G eller 1X. Maskinbearbetade stänger har normalt en diametertolerans som är noll-plus (k-tolerans enligt ISO 286 - 2) vilket betyder att diametern är marginellt större än den nominella.
- Slipad rundstång: center-less slipning görs på stång som först har skalsvarvats och noggrant riktats. I fråga om diametertolerans, rundhet, rakhet och ytans beskaffenhet är slipad stång helt överlägsen alla andra rundstångsutföranden. Produkten går att använda direkt, t ex som axlar, med inget eller minimalt behov av ytterligare bearbetning. I SS-EN 10088-3 betecknas en slipad yta som 2G. Slipad rostfri rundstång har normalt en diametertolerans h8 eller h9 såsom definieras i ISO 286 - 2. Dessa är noll-minus-toleranser. Med andra ord är diametern marginellt mindre än den nominella.

Långa produkter - tråd

Rostfri valstråd framställs genom varmvalsning utgående ifrån stränggjutna billets i ett verk som i början ser ut som ett varmvalsverk för stång men där sista delen består av ett s k trådblock. Hetans hastighet genom trådblocket är mycket hög, uppemot 100 meter per sekund. Valstråden hasplas till coilsformat efter valsningen för att underlätta fortsatt hantering såsom glödning och betning samt kalldragning för att förbättra mekaniska egenskaper, ytor och toleranser.

Rostfria rör - svetsade

Rostfria rör svarar för en ganska stor andel av den totala förbrukningen av rostfritt stål och vanligast är tunnväggiga svetsade rör som framställs genom kapning av varmvalsad eller kallvalsad plåt (ytbeskaffenhet 1D, 2B eller 2E) till en passande bredd, bockning till rundformat och svetsning i längdled. Svetsproceduren kan variera men för tunnväggiga rör används ofta automatisk bågsvetsning eller en metod där värmningen är induktiv (HF-svetsning).

Efter svetsningen är ytan vid och intill svetsen oxiderad med lokalt nedsatt korrosionsbeständighet. Av denna anledning måste rören glödgas och betas ytterligare en gång alternativt blankglödgas i skyddsgas. Ytorna, som betecknas W2A respektive W2R i standarder SS-EN 10296-2 och SS-EN 10217-7, är helt metalliskt ren utan oxid men svetsen är synlig och svetsvulsten tillåts vara något förhöjd.

Svetsade rör som används i processutrustning för tillverkning av livsmedel eller läkemedel har speciella krav avseende rengöring och desinficering varför ytorna såväl invändigt som utvändigt ofta är slipade eller borstade och med svetsrågen bearbetad.

Rören avsedda för applikationer där de vid drift utsätts för inre övertryck måste testas individuellt för att försäkra trycktäthet enligt procedurer som föreskrivs i SS-EN 10217-7.

Rostfria rör - sömlösa

För vissa applikationer där rören utsätts för högt invändigt tryck eller om speciellt höga krav på korrosionsresistens föreligger utgör svetsen och området intill i ett svetsat rör en viss risk varför sömlösa rör finns som alternativ. Ett applikationsexempel är hydrauliska ledningsrör som måste kunna formas och böjas utan att brista samtidigt som de ska under drift stå emot ett inre tryck som stundtals kan vara mycket högt.

Sömlösa rostfria rör tillverkas genom strängpressning av valsade eller stränggjutna ämnen eller för större väggjocklekar valsning i ett rörverk. Sedan förbättras toleranserna och ytfinhet genom kalldragning med efterföljande glödning och betning alternativt glödning i skyddsgas. Ytorna av tryckkärlsrör typ hydrauliska ledningsrör betecknas CFD och CFA i SS-EN 10216-5 och är helt metalliskt ren. Dessutom är varje rör testat avseende trycktäthet.

Rostfria ämnesrör

Ämnesrör används som alternativ till rostfri rundstång då detaljer med centralt hål ska tillverkas genom maskinbearbetning. Jämfört med stång som utgångsmaterial medför ämnesrör i gynnsamma fall sänkta kostnader i form av mindre materialåtgång och bearbetningstid.

För tillverkning av ämnesrör av rostfritt stål utgår man ifrån valsade eller stränggjutna ämnen som strängpressas eller varmvalsas i ett rörverk. Efter varmformningen underkastas

rören glödning och betning på samma sätt som rostfria stångprodukter och ytbeskaffenheten är normalt 1D. Dimensionstoleranser på ämnesrör är vanligtvis utformade så att ett garanterat färdigmått kan uppnås vid bearbetning av ett rörstycke med en viss längd, oftast 2,5 eller 3 gånger yttre diametern. Dessutom är de garanterade yttre och inre måtten av en färdig detalj beroende hur rörbiten är uppsatt inför bearbetning, d v s med yttre eller inre centrerings.

Rostfria hålprofiler

Vanligast format för rostfria konstruktionsrör är fyrkant men även runda rör förekommer. Som namnet antyder används produkten inom byggnadsindustrin såväl inom- som utomhus och likväl som bärande konstruktionselement eller som detaljer med dekorativt eller hygieniskt inslag. Transportsektorn är ett exempel på ett annat applikationssegment.

Proceduren vid tillverkning av rostfria hålprofiler liknar i stora drag den för rostfria svetsade rör. Varmvalsad eller kallvalsad plåt (ytbeskaffenhet 1D eller 2E) som kapats till en passande bred böjs eller bockas i flera steg till en fyrkant eller rund profil som sedan svetsas i längdled. TIG, plasma eller högfrekvens (HF, induktiv) är vanliga fogningsmetoder. Efter slipning av svetsområdet för att utjämna svetsrågen och avlägsna oxid kontrolleras svetsens kvalitet normalt genom virvelströmsprovning.

Förutom där svetsen har slipats motsvarar ytfinishen av svetsade hålprofiler den hos utgångsplåten. För tunnväggiga profiler som används för synliga konstruktionsdetaljer eller inom livsmedels- eller läkemedelsindustrin är det dock rätt vanligt med slipade ytor.

Genom att utgå ifrån plåt vars hållfasthet har höjts genom kallvalsning kan man erbjuda hålprofiler med förhöjd hållfasthet.

Rostfria rördelar

För ett funktionsdugligt rörledningssystem krävs att olika rörsektioner sammanfogas. Det fordras ofta att vätskeflödet ändrar riktning, avgrenas, minskas eller stoppas helt. Dessutom finns instrument, ventiler, pumpar och andra apparater som måste förbindas med det övriga systemet. En omfattande flora av rostfria rördelar finns för att underlätta att dessa funktioner tillgodoses.

Rördelar tillverkas genom svetsning och maskinbearbetning med utgångspunkt från andra rostfria produkter, till exempel rör för böjar och T-förbindelser, ämnesrör för flänsar, kragar och svetsringar.

Olika rördelar och övriga delar av rörsystemet kan förbindas genom svetsning, gängning eller med tätningar och klämmor. Svetsade system, under förutsättning att svetsningen har utförts på ett korrekt sätt, medför minimal risk för läckage. Å andra sidan kan vid behov ett rörsystem som förbindas med gängor eller tätningar/klämmor lätt plockas isär. Det är viktigt att rör och rördelar i ett system matchas avseende både stålsort och tryckklass.

Rostfritt stål som konstruktionsmaterial

I princip kan vilken som helst detalj eller konstruktion i ett ordinärt kolstål även tillverkas i rostfritt stål utan att dimensioner behöver ändras eller man tvingas till avkall på mekanisk prestanda. Dessutom är i de flesta fall konverteringskostnaderna från stålprodukt till färdig detalj eller konstruktion likvärdiga.

Eftersom rostfritt stål många gånger eliminerar en av nackdelarna med ordinära stål, d v s benägenhet att rosta (korrodera), kunde man förvänta sig att rostfritt erövrar "marknadsandelar" och så är fallet även om konvertering från ordinära stål sker långsamt. Ett stort hinder i sammanhanget är naturligtvis den högre inköpskostnaden för rostfritt speciellt för sorter innehållande höga halter dyra legeringsämnen typ nickel och molybden som dessutom karaktäriseras av signifikant prisvolatilitet.

Livscykelkostnad

Ett vanligt argument för rostfritt är att oavsett högre initialt utlägg för material kan kostnaden över hela livscykeln för en komponent eller konstruktion ändå vara lägre. Många gånger måste ordinära stål från början underkastas omfattande och kostsamma behandlingar för att skydda mot korrosion. Dessutom måste korrosionsskyddet underhållas under konstruktionens livstid om inte det ska försämrass. Slutligen när maskinen eller konstruktionen har gjort sitt är skrotvärdet högre om man från början valt rostfritt stål.

För vissa applikationer exempelvis där miljön är mycket aggressiv eller där estetiska eller hygieniska överväganden spelar stor roll är rostfritt det självklara valet. I andra fall är fördelarna som uppstår då ett ordinärt stål ersätts av en rostfri sort inte lika uppenbar. Icke desto mindre kan en livscykelkalkyl visa att alternativet rostfritt faktiskt betyder lägst totalkostnad.

Relevanta mekaniska egenskaper

Styvhet/Elasticitet

Som tidigare har nämnts i denna handbok uppvisar såväl ordinära som rostfria stål ungefär samma höga värden för elasticitetsmodul och skjuvmodul. Detta betyder att den elastiska formändringen då en detalj eller konstruktion belastas är lika oberoende om den har tillverkats av ett ordinärt eller ett rostfritt stål. Den höga elasticitetsmodulen, ca 200 000 N/mm², innebär att formändringen är mycket liten även om belastningen är hög, en stor fördel i jämförelse med andra metaller. Rostfria stål besitter denna fördel i precis lika hög grad som ordinära stål.

Draghållfasthet och duktilitet

I likhet med ordinära stål tenderar draghållfastheten (sträckgräns, brottgräns) att avta med ökande produktdimension. Effekten är mera påtaglig för duplexa stål än för austenitiska eller ferritiska.

De vanligaste austenitiska rostfria stålerna såsom SS-EN 1.4307 och 1.4404 har ungefär samma sträckgräns som ordinära lågkolhaltiga handelsstål typ S235 och S355. Brottgränsen och förlängningen till brott är dock betydligt högre för de rostfria typerna. I sammanhanget kan det noteras att för just austenitiska stål är hållfasthetsutfallet i praktiken ofta betydligt högre än den minsta nivån som stipuleras i normer. Till exempel, SS-EN 10088-2 fordrar att $R_{p0,2}$ för

varmvalsad plåt av stål 1.4307 ska vara minst 200 N/mm² men i verklighet ligger utfallet 30-50% högre, d v s 260-300 N/mm². Dessutom för hållfasthetsberäkning av konstruktioner är det acceptabelt för vissa belastningstyper att man för dimensionering använder sig av $R_{p1,0}$, som är 10-15% högre för austenitiska stål, i stället för $R_{p0,2}$. För ordinära stål tillåts inte denna praxis

Allmänt gäller att hållfastheten, såväl sträck som brottgräns, av austenitiska stål tilltar med förhöjt legeringsinnehåll. Inverkan av höjda halter krom, nickel och molybden är dock förhållandevis blygsam. Störst effekt har tillsats av kväve så att såväl sträckgräns som brottgräns är ca 70 N/mm² högre för stål SS-EN 1.4311 med typisk kvävehalt 0,15% i jämförelse med 1.4307 som analysmässigt är ganska lik dock utan avsiktlig kvävetillsats. Hållfastheten hos austenitiska stål kan dessutom höjas betydligt genom kallvalsning för platta produkter eller för långa produkter kalldragning utan särskilt stort avkall på varken duktilitet eller slagseghet.

Ferritiska stål har genomgående ungefär samma sträckgräns som austenitiska stål med lägst legeringsinnehåll, typ SS-EN 1.4307, men duktiliteten och därigenom brottgränsen är lägre.

För en kombination av ganska hög hållfasthet över ett brett dimensionsintervall och god korrosionshårdighet bör man överväga duplexa rostfria stål. Sträckgränsutfallet ligger beroende på legeringsinnehåll i intervallet 500 - 600 N/mm² som är jämförbart med svetsbara mikrolegerade konstruktionsstål och 50 - 100% högre än handelsstålskvaliteter såsom S235 eller S355. Brottgränsen är bättre än för austenitiska stål, även höglegerade sorter, men duktiliteten något sämre. Under senare år har en utveckling skett mot legeringsmässigt magrare duplexa stål där legering med kväve och mangan har möjliggjort att halterna kostsamma ämnen som nickel och molybden kunnat minskas. Exempel är SS-EN 1.4062, 1.4362 och 1.4162 (Outokumpu LDX 2101®). Till en rimlig kostnad erbjuder dessa stålsorter hög hållfasthet i kombination med en korrosionshårdighet som motsvarar eller i vissa fall överträffar syrafasta austenitiska stål, exempelvis SS-EN 1.4404.

Högst hållfasthet bland samtliga rostfria ståltypen erbjuds av martensitiska stål i härdat och anlöpt tillstånd. I likhet med låglegerade kolstål används martensitiska rostfria stål som oftast i ett seghärdat tillstånd med brottgräns kring 1000 N/mm². Detta för att upprätthålla adekvat duktilitet och slagseghet. Den höga hållfastheten hos martensitiska stål uppnås på bekostnad av förutom duktilitet och slagseghet även svetsbarhet och korrosionsbeständighet. Det finns dock undantag. Ett är SS-EN 1.4418 som har låg kolhalt och är därmed relativt svetsbar samtidigt som stålet uppvisar hög hållfasthet (brottgräns 1000 N/mm² eller högre) och ganska god korrosionsbeständighet i nivå med de enklaste austenitiska typer, till exempel SS-EN 1.4307.

Utmattningshållfasthet

Utmattning är ett skadeförlopp som sker då en detalj utsätts för växlande belastning. Under sådana omständigheter kan en detalj eller konstruktion haverera vid mycket lägre laster än den som motsvarar brottgränsen och även till och med sträckgränsen. Utmattning svarar för en betydande andel av alla haverier som drabbar maskinkomponenter eller konstruktioner.



Utmattningsegenskaper för ett specifikt material kan redogöras genom ett s k Wöhler-diagram då spänningsamplituden (halva skillnaden mellan största och minsta spänningsnivå) vid växlande belastning avsätts mot antalet lastväxlingar innan brott inträffar. Livslängden, d_v s antalet lastväxlingar som materialet kan stå emot, minskar i takt med att spännings-amplituden ökar.

Såväl rostfria stål som ordinära stål uppvisar en s k utmattningsgräns vilket innebär att utmattningsbrott kan undvikas om lasten eller spänningen hålls under en viss nivå. När man pratar om ett ståls utmattningshållfasthet avses normalt nivån av utmattningsgränsen. Förutom själva stålet påverkas utmattningsgränsen (-hållfastheten) av belastningens karaktär, närvaro av anvisningar, ytfinhet, restspänningar och i synnerhet restspänningar till följd av svetsning, samt slutligen miljön.

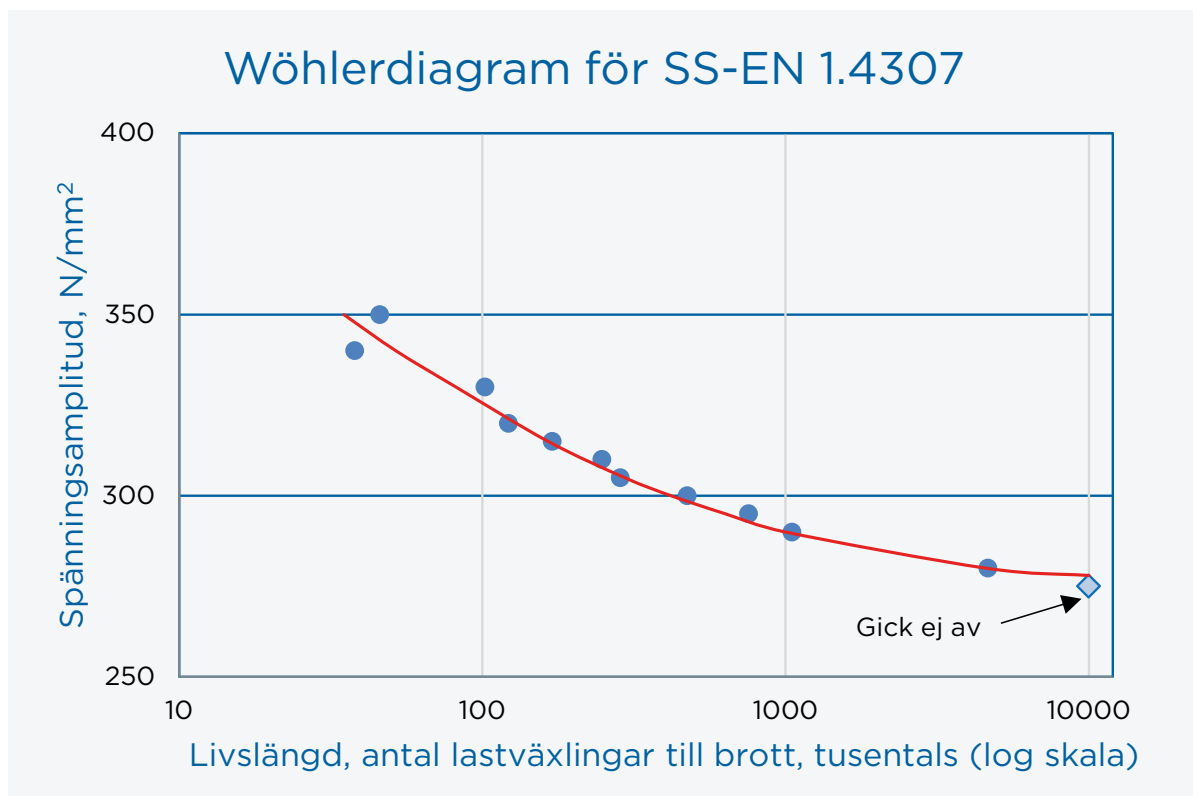
Ett exempel av ett Wöhler-diagram för rostfritt stål (SS-EN 1.4307) visas nedan. Utmattningshållfastheten som normalt definieras som spänningsamplituden motsvarande tio miljoner lastväxlingar är i detta fall ca 275 N/mm².

En tumregel för ordinära stål är att värdet för utmattningshållfastheten är lika med 50% av brottgränsen och detta gäller i grova drag så länge den sistnämnda är mindre 1000 N/mm². Brottgränsen för det rostfria materialet som visas i diagrammet var 585 N/mm² så 50%-regeln tycks stämma även i detta fall. Vad avser austenitiska stål bekräftar flera andra mätningar att halva brottgränsen kan användas som preliminär vägledning för att uppskatta utmattningsgränsen, dock enbart för böjbelastning. Undersökningar hos Outokumpu på böjutmattning av duplexa stål tycks indikera att utmattningsgränsen är 450 - 500 N/mm² som är ungefär

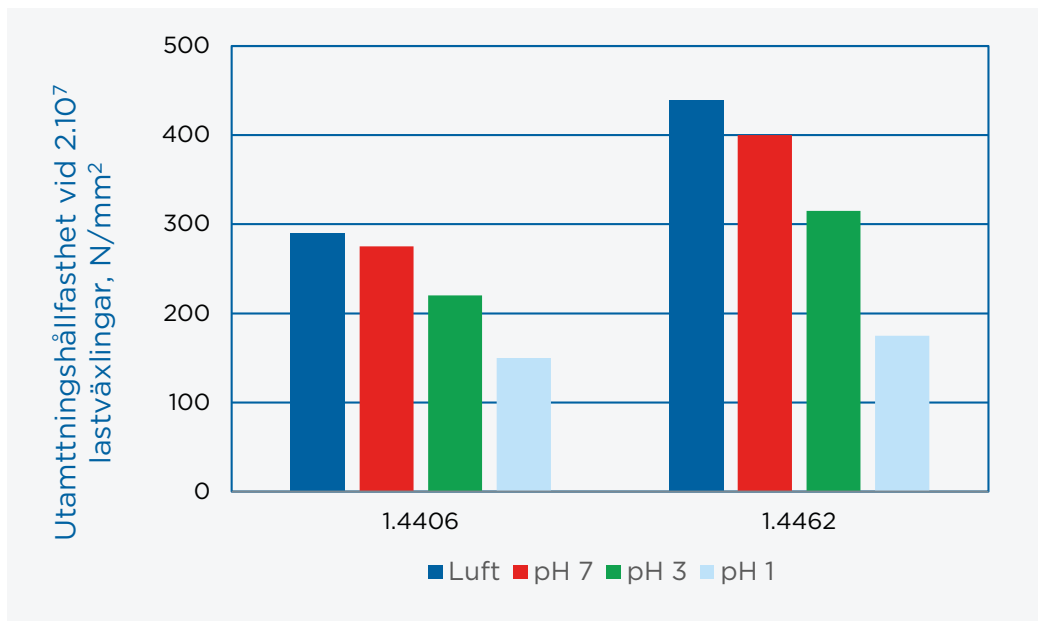
lika med sträckgränsen, d_v s signifikant mer än 50% av brottgränsen. Detta skulle innebära att duplexa stål uppvisar betydligt bättre utmattningshållfasthet än ordinära kolstål vid samma nivå av sträckgräns.

Ovanpå inverkan från själva materialet verkar svetsar ned-sättande för en konstruktions utmattningshållfasthet av två anledningar. Den första är att svetsar karaktäriseras av geometriska anvisningar och även innehåller metallurgiska defekter som kan fungera som startpunkter för utmattning. Den andra anledningen är att svetsning skapar ogynnsamma dragrestspänningar. Därmed i konstruktioner som utsätts för varierande belastning och där det föreligger risk för utmattning bör svetsar i möjligaste mån placeras där belastningen är minst. Svetsar i rostfritt stål efterbehandlas nästan alltid med mekaniska eller kemiska metoder för att säkra god korrosionsbeständighet vid och intill svetsen. Sådan behandling speciellt i kombination med avspänningsglödning är positiv ur ett utmattningsperspektiv.

Eftersom rostfria stål många gånger används i aggressiva miljöer måste kombinationen av växlande belastning och samtidig korrosion beaktas (korrosionsutmattning). För ordinära kolstål sänks utmattningshållfastheten nästan katastrofalt om växlande belastning äger rum i korrosiv miljö, typ havsvatten. Försök på austenitiska och duplexa rostfria stål visar att även för dessa material sänks utmattningshållfastheten under korrosiva betingelser (miljö innehållande till exempel klorider) men inte i lika hög grad som kolstål (se diagrammet på sidan som följer).



Wöhler-diagram för det austenitiska stålet 1.4307 testat i utmattning med roterande böjprovning (växlande drag-tryck belastning). Underlaget för enskilda livslängdsvärden har tagits från National Research Institute of Metals (Japan), Fatigue Data Sheet No. 33 (1983).



Inverkan av miljö på utmattningshållfasthet för ett austenitiskt och ett duplex stål testade i roterande böjprovning vid 40°C i luft och 3% saltlösningar av olika surhetsgrad. Diagrammet är reproducerat från Outokumpus publikation "Handbook of Stainless Steel".

Sammanfattningsvis för att minimera risk för haveri genom utmattningsav en detalj eller konstruktion i rostfritt stål som utsätts för växlande belastning bör man:

- Välja ett material med så hög hållfasthet som möjligt, t ex ett kallbearbetad austenitisk typ eller ett duplex alternativt martensitiskt stål;
- Se till att ytorna är fina;
- Undvika anvisningar såsom hålkäl och se till att dimensionsövergångar är mjuka, utan skarpa hörn;
- Placera svetsar där belastningen är lägst och se till att svetsar efterbehandlas och om möjligt att hela konstruktionen avspänningsglödgas;
- Undvika kombinationen av växlande belastning och väldigt aggressiv miljö.

Slagseghet

En betydande nackdel med ordinära kolstål är att de blir spröda vid låga temperaturer till följd av deras benägenhet att spricka genom klyvning. Tack vare deras annorlunda mikrostruktur visar austenitiska rostfria stål inga sådana tendenser och karaktäriseras av god slagseghet t o m vid -200°C. Däremot har ferritiska och martensitiska stål en mikrostruktur som mer liknar ordinära kolstål och således blir också spröda vid låga temperaturer. Slagsegheten hos ferritiska stål blir bättre om halterna kol och kväve hålls så låga som möjligt.

Duplexa stål med en blandning av ferrit och austenit i mikrostrukturen intar ett mellanläge. Slagsegheten ned till -50°C är ofta acceptabel men vid mycket låga (kryogena) temperaturer blir även duplexa stål spröda.

Att austenitiska stål inte har någon benägenhet till sprödhet och uppvisar en hög nivå av slagseghet även vid mycket låga temperaturer gör dem till ett passande materialval i behållare för lagring och transport av flytande gaser.

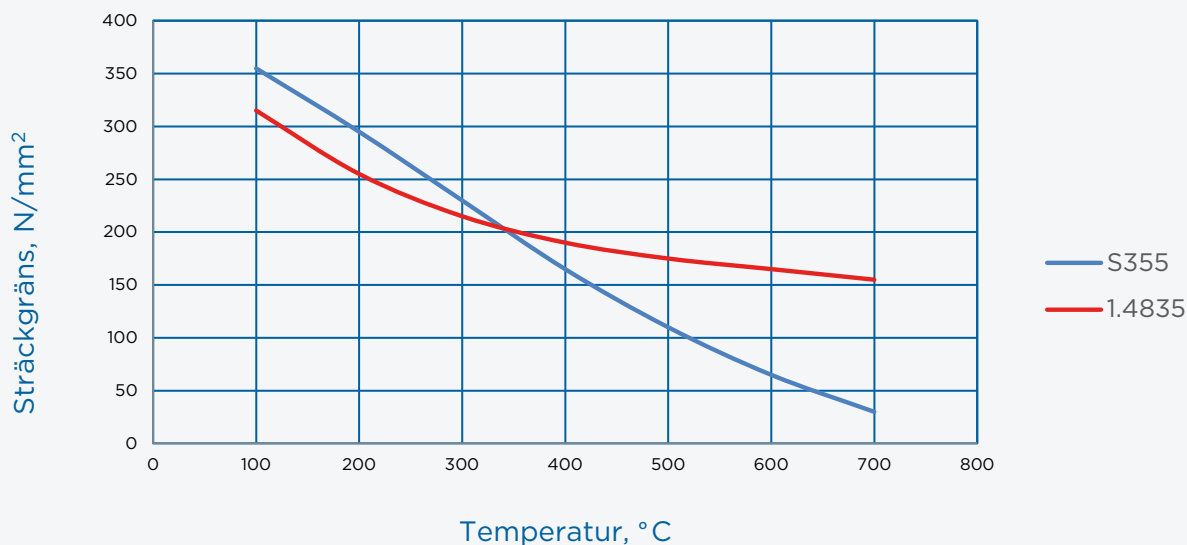
De flesta martensitiska stål har ganska undermålig slagseghet även vid rumstemperatur. SS-EN 1.4418 utgör ett undantag och vid måttligt låga temperaturer (åtminstone ned till -30°C) uppvisar stålet en ganska gynnsam kombination av hållfasthet och slagseghet.

Hållfasthet vid höga temperaturer

Om en detalj eller konstruktion ska utsättas för höga temperaturer finns två faktorer att ta i beaktande då man ska välja stål. Först och främst minskar såväl styvhet som hållfasthet då temperaturen höjs. Den andra faktorn är den kemiska reaktionen mellan stålet och den kringliggande miljön (oxidation om stålet utsätts för höga temperaturer i luft). Vid tillräckligt hög temperatur kan materialet även krypa, d v s långsamt undergå permanent formändring då det utsätts för last även om lasten är lägre än den motsvarande sträckgränsen vid den aktuella temperaturen.

Austenitiska rostfria stål uppvisar god hållfasthet vid höga temperaturer, väsentligt mycket bättre än ordinära kolstål. Dessutom gör innehållet av krom att resistens mot oxidation också är förhöjd. Av denna anledning finns ett antal austenitiska stål vars sammansättning har anpassats för applikationer där materialet utsätts för höga temperaturer antingen stundtals eller kontinuerligt. Dessa temperaturbeständiga stål har normalt något högre kolhalt än austenitiska stål som optimerats för att motstå vätkorrosion vid lägre temperaturer. Dessutom kan de innehålla titan, kväve, högre halt än normalt av kisel samt i vissa fall även cerium. Samtliga tillsatser bidrar till att förbättra varmhållfastheten och/eller höja oxidationsbeständigheten.

I diagrammet på nästa sida jämförs sträckgränsens beroende av temperatur för det svetsbara konstruktionsstålet S355 och ett värmebeständigt austenitiskt stål SS-EN 1.4835 (Outokumpu 253 MA®). Stålen är i stort sett jämbördiga upp till 400°C men från och med 500°C och uppåt har 1.4835 högre hållfasthet. Vid 700°C är sträckgränsen för det austenitiska rostfria stålet hela fem gånger högre.



Sträckgränsens beroende av temperatur för konstruktionsstålet S355 och det värmebeständiga austenitiska rostfria stålet SS-EN 1.4835 (Outokumpu 253 MA®).

Vad avser förmågan att motstå skalning/oxidation i varm luft uppvisar 1.4835 god resistens för temperaturer upp till 1100°C men självklart vid så höga temperaturer är hållfastheten i allmänhet och även kryphållfastheten låg vilket måste beaktas om en konstruktion ska utsättas för laster utöver den egna vikten. Det kan även noteras att 1.4835 fungerar bäst i temperaturintervallet 800-1100°C. Vid lägre temperaturer än 800°C kan utskiljning av intermetalliska föreningar innehållande krom orsaka sprödhet och under sådana betingelser är SS-EN 1.4818 (Outokumpu 153 MA™) med lägre halt krom ett bättre val.

Austenitiska värmebeständiga stål lider av en olycklig kombination av dålig värmeledningsförmåga kopplad med hög koefficient av termisk utvidgning vilket betyder att det finns risk för uppkomsten av sprickor om materialet utsätts för upprepade temperaturvariationer, s k termisk utmattning. Sådana kan uppstå vid t ex uppstart eller nedstängning av ugnsutrustning och dyl. Det finns ferritiska värmebeständiga rostfria stål där innehållet av krom kompletteras med tillsats av kisel. Dessa sorter är inte lika känsliga för termisk utmattning som austenitiska typer. Ferritiska värmebeständiga stål karaktäriseras även av mycket god oxidationsbeständighet men varm- och kryphållfastheten är klart underlägsen 1.4835 och liknande austenitiska sorter.

Användning av rostfritt stål för byggnader och andra konstruktioner

Förutom de väl etablerade och självklara applikationsområden med estetiska eller hygieniska inslag, såsom byggnadsbeklädnad, vitvaror, utrustning för hantering av mat i såväl liten som stor skala, används rostfritt stål i en allt större utsträckning som material i lastbärande byggnadskonstruktioner. Fördelarna gentemot ordinära stål i sådana applikationer är:

- Inget behov av ytbeläggning för korrosionsskydd varken när konstruktionen är ny eller då den ska underhållas. Dessutom är det lättare att besiktiga en yta som är metallisk ren och utan beläggning.

- Står bättre emot värmen i eventualiteten av en brand eftersom, åtminstone för austenitiska och duplexa stål, varmhållfastheten är överlägsen. Denna skillnad betyder att vid brand kommer den lastbärande funktionen av en konstruktion i rostfritt stål att bibehållas bättre och längre.
- Ingen risk för sprödbrott utgående ifrån svetsdefekter i arktiskt klimat (austenitiska stål).

Vad avser lastbärande element i byggnader och andra konstruktioner gäller standarden SS-EN 1993-1-4 "Design of steel structures: general rules: supplementary rules for stainless steel". En bra sammanställning har publicerats av Euro-Inox (www.euro-inox.org).

Rostfria fyrkantiga eller cirkulära hålprofiler används mycket ofta som grundelement i byggnadskonstruktioner. Om dessa ska fogas ihop genom svetsning är det fördelaktigt om detta kan utföras i verkstadsmiljö där man har möjlighet att efterbehandla svetsarna ordentligt. På byggarbetsplatsen kan de svetsade delelementen sedan kopplas ihop via bultförband. Det är viktigt att geometrin vid såväl svetsar som bultförband är sådan att spalter och smutsansamlingar undviks i så hög grad som möjligt. Smuts kan även samlas på horisontella ytor av fyrkantiga hålprofiler. Återkommande rengöring är därmed väsentlig för att förhindra initiering av korrosion, speciellt för strukturer utomhus.

Kraven på ytfinitet av synliga byggelement i rostfritt stål är naturligtvis högre än om elementen är gömda. Men fina ytor är alltid fördelaktiga ur korrosionshänseende och dessutom är sådana ytor lättare att hålla rena.

Tillverkning av hålprofiler i rostfritt stål medför en viss grad av kallbearbetning, ganska jämt fördelad över tvärsnittet för cirkulära profiler men koncentrerad vid hörn för fyrkantiga. Likväl stipulerar EN 1993-1-4 att för konstruktionsändamål ska sträckgränsen av det ursprungliga plåtmaterialet användas, t ex 200 N/mm² för SS-EN 1.4307. Det finns dock möjlighet att allmänt höja profilens hållfasthet antingen genom kallvalsning av utgångsplåten eller kallbearbetning under profilformning. På så vis kan sträckgränsen av 1.4307 höjas till 350 N/mm². Denna hållfasthetsklass betecknas CP350 i SS-EN 10088-2 och EN 1993-1-4. Ett annat alternativ

för höghållfasta byggelement utan behov av kallbearbetning är att använda profiler gjorda i duplexa stål. Hållprofiler med högre hållfasthet tillåter slankare strukturer som ofta är mera tilltalande ur ett estetiskt perspektiv.

Simhallar utgör en mycket krävande miljö inom byggsegmentet tack vare höga halter klorider i atmosfären kopplad med ganska höga temperaturer. Då krävs att materialet i lastbärande element är molybdenlegerade stål typ SS-EN 1.4404 eller 1.4432. Om regelbunden rengöring inte är möjlig bör austenitiska eller duplexa stål med ännu högre legeringsinnehåll användas såsom 1.4547 (Outokumpu 254 SMO®) eller det duplexa stålet 1.4462.

Applikationer för rostfritt stål inom transportsektorn och fordonsindustri

Rostfria stål och i synnerhet austenitiska typer används flitigt vid tillverkning av järnvägsbussar och bussar för såväl belastade element i ramen som för yttre paneler. För ramen är det rätt vanligt att hållprofiler kombineras med stång och andra element fogade ihop från plåt. Krocksäkerhet är viktig och austenitiska stål med god duktilitet och därmed en hög förmåga att absorbera energi passar bra. För yttre paneler används kallvalsad plåt i austenitiska eller ferritiska stål med lämplig ytbeskaffenhet för att undvika eller åtminstone minimera målning. Vikten av ramen kan minskas genom att välja duplexa stål och då utgör SS-EN 1.4362 eller 1.4162 (Outokumpu LDX 2101®) ekonomiska alternativ.

Tåg och bussar trafikerar olika miljöer, landsbygden, städer och stundtals nära kusten så de korrosiva betingelserna kan variera en hel del. En viktig aspekt att ta med i beräkningen vad gäller bussar är eventuell exponering till vägsalt under vinterhalvåret. Mer legerade austenitiska sorter som 1.4404 och 1.4432 medför bättre resistens mot vägsalt men även dessa sorter fordrar regelbunden rengöring om inte korrosion ska få uppstå.

Trots uppenbara fördelar har rostfria stål inte fått så bred användning inom bilindustrin främst på grund av kostnad. Det finns dock visst intresse att använda de goda energiabsorberande egenskaperna hos austenitiska stål för komponenter inom bilens krockskyddssystem. Avgassystem är annars bildelen där användning av rostfritt stål är tämligen väl etablerad men det är enbart exklusiva modeller som förses med rostfria avgassystem när bilen är ny. Många gånger används enklare ferritiska stål med 12% krom, typ SS-EN 1.4512, men korrosionsbeständigheten av denna sort räcker ofta inte till i de svalare delarna av avgassystemet där kondens innehållande aggressiva, sura kemikalier bildas internt samtidigt som utsidan kan utsättas för vägsalt.

Rostfria stål i tryckkärl

För svetsade tryckkärl, speciellt sådana som står utomhus, är rostfritt stål ett uppenbart materialalternativ. Austenitiska stål har marginellt lägre sträckgräns än ordinära tryckkärlsstål men för ett givet inre tryck kan detta kompenseras genom lite större vägg tjocklek. Däremot vad avser tryckkärl som används vid låga temperaturer, där risken för sprödbrott föreligger för ordinära stål, utgör austenitiska stål det överlägsna alternativet tack vare deras utomordentliga slagseghet över hela temperaturområdet hög-låg. För svetsade tryckkärl måste dock möjligheten att det har bildats ferrit i och intill svetsar tas i beaktande vid bedömning av slagsegheten. Ferriten kan minimeras eller elimineras genom värmebehandling efter svetsning men för större kärl kan detta vara besvärligt att anordna.

Duplexa rostfria stål med mer än dubbelt så hög sträckgräns än austenitiska typer är ett intressant alternativ för tryckkärl eftersom väggstjockleken kan sänkas och vikten minskas för ett givet inre tryck. Men hänsyn måste då tas till omslaget från segt till sprött brott vid sänkt temperatur. Omfattande studier av brottbeteendet hos duplexa stål vid låga temperaturer har demonstrerat att dessa stål, även sådana med låg nickelhalt såsom SS-EN 1.4162 (LDX 2101®), uppvisar adekvat seghet ned till -50°C och ofta lägre. Den senaste utgåvan av SS-EN 13445-2 rörande stålmaterial i tryckkärl medger användning av duplexa stål med sträckgräns t o m 550 N/mm². Standarden fastställer den lägsta tillåtna driftstemperaturen för en given nivå av sträckgräns och väggstjocklek och tar hänsyn till att stålets mikrostruktur, i synnerhet förhållandet mellan ferrit och austenit, har påverkats av eventuell svetsning.

För duplexa stål och i mindre grad austenitiska stål i svetsade tryckkärl som utsätts för låga temperaturer är kontroll av svetsning, avseende värmeförlopp, tillsatsmaterial, svalningsbetingelser och möjligheter till värmebehandling efter svetsning, av stor vikt för att uppnå en mikrostruktur med acceptabel nivå av slagseghet. Dock är situationen inte annorlunda än för ordinära tryckkärlsstål.

Rostfritt stål i maskinkomponenter

Maskinkomponenter innefattar ofta roterande delar som utsätts för samtidig vridning och/eller böjning vilket innebär en varierande belastning och därigenom risk för utmattningsskada. Martensitiska rostfria stål med kolhalter 0,2% eller lägre kan seghärdas till betydligt högre draghållfasthet än duplexa stål och uppvisar god utmattningshållfasthet i nivå med låglegerade specialstål i seghärdat tillstånd. Nackdelen med seghärdning är att en viss mängd krom går åt för att bilda kromkarbid och korrosionshårdigheten blir lidande. Det finns dock undantag, till exempel SS-EN 1.4418 vilken kan seghärdas till 1000-1200 N/mm² brottgränsnivå, samtidigt som stålet har låg kolhalt (0,05% är typiskt) och en korrosionshårdighet väl i nivå med 18Cr-9Ni-stålet SS-EN 1.4307. De så kallade super-martensitiska stålsorterna, som har utvecklats specifikt för oljefältsapplikationer, utgör ett annat exempel av material som kombinerar hög hållfasthet med adekvata korrosionsegenskaper.

För maskinapplikationer där hög korrosionsbeständighet erfordras samtidigt som hållfasthetskraven inte är så höga utgör duplexa stål ett självklart alternativ. Som exempel kan nämnas hydrauliska cylindrar som arbetar i marin miljö eller offshoreanläggningar.

I diagrammet på sidan 36 visas minsta nivån av sträckgräns som funktion av korrosionsbeständighet (uttryckt som ett modifierat PRE-värde) för några martensitiska, duplexa och austenitiska stål. Den gynnsamma kombinationen av hög hållfasthet och god resistens mot korrosion som erbjuds av stålet SS-EN 1.4418 är uppenbar. Ytterligare fördelar med 1.4418 är en förhållandevis god svetsbarhet tack vare låg kolhalt och ganska bra slagseghet. Stålet innehåller dock 5% nickel och är därmed dyrare än många andra martensitiska stål.

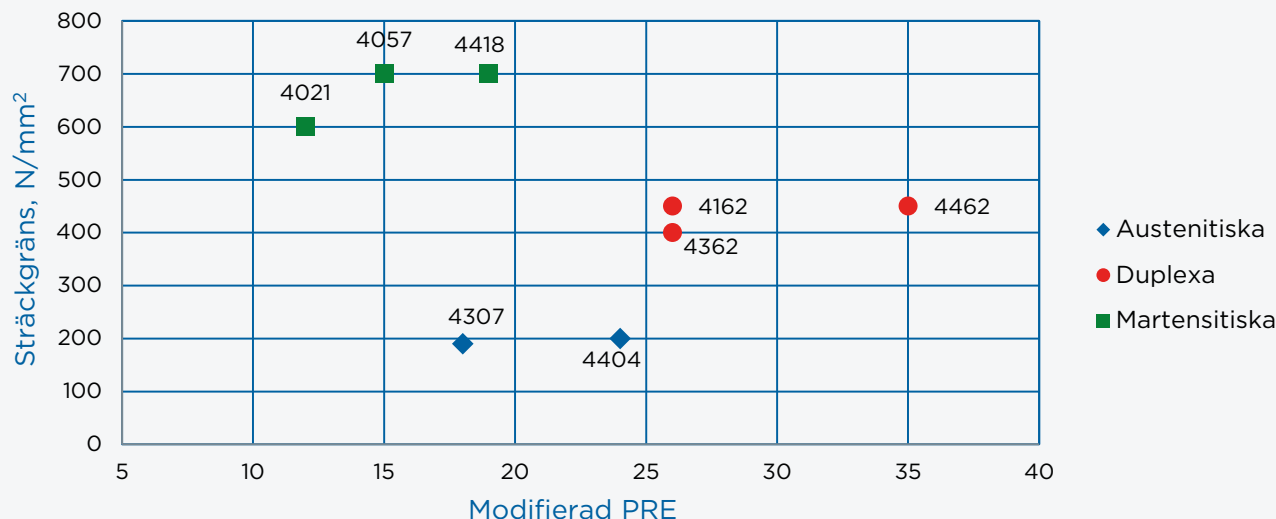
Rostfria stål av martensitisk typ finner bred användning för delar i pumpar och marina motorer i synnerhet utombordsmotorer. Inom fordonsindustri används martensitiska stål i injektorpumpar och för sensorer i avgassystemet. Matningsskruvar för transport av olika ingredienser och blandningar inom livsmedelsindustri är många gånger gjorda i martensitiska stål.



ETP
www.etp.se

screw
pressure Nm
pressure 21

ETP-EXPRESS R-40
Made in Sweden, Pat.
8122206



Jämförelse av lägsta sträckgräns enligt SS-EN 10088-3 som funktion av korrosionsbeständighet för några austenitiska, duplexa och martensitiska rostfria stål. Korrosionsbeständigheten uttrycks genom en modifierad PRE-formel ($PRE = \%Cr + 3,3\%Mo + 16\%N - 5\%C$) som tar hänsyn till den negativa effekten av kol.

Armering av betong med rostfritt stål

Betong har ganska god hållfasthet i tryck men havererar vid mycket låg last om det utsätts för dragbelastning. Betongkonstruktioner måste därmed armeras med stål som avlastar betongen när den utsätts för dragspänningar.

Ordinära armeringsstål korroderar normalt inte då den är innesluten i betong eftersom den sistnämnda är alkalisk. Det finns dock omständigheter då ett ordinärt armeringsstål i en betongstruktur kan angripas av korrosion:

- Exponering mot klorider från till exempel marin/kustnära miljö eller vägsalt. Upplösta i vatten vandrar kloriderna genom porer i betongen och når så småningom armeringsstålet. Kloriderna bryter ned betongens naturliga korrosionsskydd och stålet rostar.
- Genom reaktion med koldioxid i luften, som ökar surhetsgraden, blir betongen med tid mindre alkalisk och dess korrosionsskydd gentemot stål försvagas långsamt (kan ta många år).

Om armeringen i betongen angrips av korrosion upptar rosten som bildas större volym än vad stålet ursprungligen ockuperade med resultat att betongen kan spricka, falla bort och exponera armeringsstålet för den yttre miljön. I sådana fall kan hållfastheten av hela den stålarmade betongkonstruktionen äventyras.

Det finns ett antal olika tillvägagångssätt för att motverka nedgraderingen genom korrosion av armeringsstålet i betong. Exempel på detta är, ökat avstånd mellan betongens utsida och armeringen, modifiering av betongblandningen, beläggning av stålet med zink (galvanisering) eller plast, eller slutligen externt pålagt katodiskt skydd.

Erfarenhet visar att användning av rostfri armering utgör ett mycket effektivt medel för att motverka korrosion av armering. Trots den högre utgångskostnaden kan senare

besparingar i form av uteblivet eller minskat underhåll ofta räknas hem. En uppskattning från 1996 indikerar att reparationskostnader i Västeuropa för konventionella betongkonstruktioner är högre än 50 miljarder kronor årligen.

Sedan 2016 är rostfri armering standardiserad i Sverige (SS 212545). Eftersom duplexa stål uppvisar en sträckgräns som är ungefär lika med den för ordinära armeringsstål fungerar de utmärkt för rostfri armering. SS-EN 1.4162 (Outokumpu LDX 2101®) kombinerar en korrosionsbeständighet i nivå med austenitiska syrafasta stål (t ex SS-EN 1.4404) med mekaniska egenskaper som möter kraven i den nya svenska standarden för rostfri armering med sträckgräns >500 N/mm². Den låga nickelhalten utgör dessutom stålet till ett ekonomiskt intressant alternativ.

I betong som exponeras mot kloridhaltig miljö sker indiffusion av kloridjoner relativt långsamt så att det är armeringen närmast betongens yttre yta som kommer att drabbas värst av korrosion. Därför är det fullt möjligt att kombinera armering av rostfritt stål närmast utsidan av konstruktionen med ordinär armering längre in. Det finns modeller som, för olika kloridhalter i den yttre miljön, tillåter uppskattning av djupet från betongens yttre yta där rostfri armering fordras. Undersökningar har också visat att när båda är inneslutna i betong finns ingen risk för omfattande galvanisk korrosion även om det är metallisk kontakt mellan ett rostfritt och ett ordinärt stål.

I vissa fall krävs att betongen är icke-magnetisk, till exempel kring rum med känslig utrustning som störs av magnetfält. I sådana fall måste betongen armeras med ett austenitiskt stål och då passar SS-EN 1.4301/4307 eller 1.4432/1.4436





Copyright © 2021 Outokumpu Oyj

Produktprogram för rostfritt stål

I sidorna som följer sammanfattas Tibnors lagerprogram för rostfritt stål där detaljer rörande stålsorter, kemisk analys, mekaniska egenskaper, dimensioner, ytbeskaffenhet och toleranser för dimension och form presenteras mestadels i tabellform. Uppgifter på artikelnivå om tillgängligheten och

priset kan inhämtas från kundportalen på www.tibnor.se. På hemsidan hittar man även information om det aktuella legeringstillägget för en viss stålsort (uppdateras månatligen).

Plåt

Produktprogram



Rostfri plåt - kallvalsad

Standarder: SS-EN 10088-2, 10088-4 och 10028-7
Vanligaste ytutförande: 2B - glödgat, betat följd av lätt kallvalsning

Stålsort	Ståltyp	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper				Anteckningar
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	0,5 - 6	0,02	18	8,5	-	-	18	220	250	520 - 700	45	Dubbelklassat
1.4404	Austenitiskt	0,5 - 6	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	240	270	530 - 680	40	
1.4432/1.4436	Austenitiskt	1 - 3	0,02	17	11	2,6	-	26	240	270	550 - 700	40	Dubbelklassat
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitiskt	2 - 3	0,02	22	5,5	3	0,17 N	35	500	-	700 - 950	20	Ferrit-austenitiskt ≡ duplex, ytutförande 2E
1.4835 (253 MA®)	Austenitiskt	1,5 - 4	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	Värmebeständig stålsort, standard SS-EN 10095, ytutförande 2E

Rostfri plåt - kallvalsad, ytbehandlad

Standarder: SS-EN 10088-2, 10088-4 och 10028-7

Stålsort	Ståltyp	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper				Anteckningar
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	
1.4301	Austenitiskt	0,7 - 4	0,04	18	8,5	-	-	18	230	260	540 - 750	45	Ytutföranden inkluderar: 2R - glödgat i skyddsgas följd av lätt kallvalsning. Slipat - 2G enligt SS-EN 10088-2 eller DP40. Mönsterplåt - AN5
1.4404	Austenitiskt	1,5 - 2	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	240	270	530 - 680	40	Ytutförande slipat, DP20
1.4016	Ferritiskt	0,7 - 2	0,05	16,5	-	-	-	16	260 (längd) 280 (tvär)	-	430 - 600	50	Vanligast ytutförande 2R: Glödgat i skyddsgas följd av lätt kallvalsning

Rostfri plåt - varmvalsad, bandformat

Standarder: SS-EN 10088-2, 10088-4 och 10028-7
Vanligaste ytutförande: 1D - glödgat, betat

Stålsort	Ståltyp	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	Slagseg-het (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	3 - 12	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	520 - 700	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dubbelklassat. 3 och 4 mm finns som tårplåt. Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4404	Austenitiskt	4 - 12	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	100 (längd) 60 (tvär)	Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4432/1.4436	Austenitiskt	4 - 12	0,02	17	11	2,6	-	26	220	260	550 - 700	40	100 (längd) 60 (tvär)	Dubbelklassat. Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitiskt	4 - 12	0,02	22	5,5	3	0,17 N	35	260	-	700 - 950	25	100 (längd) 60 (tvär)	Ferrit-austenitiskt ≡ duplext. Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4162 (LDX 2101*)	Ferrit-austenitiskt	3 - 12	0,03	21,5	1,5	0,3	0,22 N, 5 Mn, 0,5 Cu	26	480	-	680 - 900	30	80 (längd) 80 (tvär)	Ferrit-austenitiskt ≡ duplext. Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4835 (253 MA*)	Austenitiskt	4 - 12	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	-	Värmebeständig stålsort, standard SS-EN 10095

* Provningsoption för tjocklekar > 10 mm, certifieras enbart på begäran.

Rostfri plåt - varmvalsad grovplåt (kvartoplåt)

Standarder: SS-EN 10088-2, 10088-4 och 10028-7
Ytutförande: 1D

Stålsort	Ståltyp	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	Slagseg-het (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	15 - 50	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	500 - 700	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dubbelklassat
1.4404	Austenitiskt	15 - 50	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	520 - 670	45	100 (längd) 60 (tvär)	
1.4432/1.4436	Austenitiskt	15 - 50	0,02	17	11	2,6	-	26	220	260	520 - 670	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dubbelklassat
1.4835 (253 MA*)	Austenitiskt	15 - 25	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	-	Värmebeständig stålsort, standard SS-EN 10095

* Provningsoption för tjocklekar > 10 mm, certifieras enbart på begäran.

Toleranser för kallvalsad plåt (inklusive ytbehandlat)

SS-EN ISO 9445-2 specificerar toleranser för kallvalsad plåt med tjocklekar 0,3 - 8 mm och bredd i intervallet 600 - 2 100 mm. Även smalare band som skurits från sådan plåt omfattas av denna standard.

Dimensionstoleranser

Tjocklek mm	Tjocklektolerans, mm (*)	Breddtolerans, mm för 1000 < w < 2100 mm	Breddtolerans, mm för skuren band med w ≤ 1000 mm		
			w ≤ 250	250 < w ≤ 600	600 < w ≤ 1000
0,5 - <0,8	±0,05	+2,0/-0	+0,5/-0	+0,7/-0	+1,5/-0
0,8 - <1,0	±0,06	+2,0/-0	+0,5/-0	+0,7/-0	+1,5/-0
1,0 - <1,2	±0,07	+2,0/-0	+0,7/-0	+1,0/-0	+1,5/-0
1,2 - <1,5	±0,08	+2,0/-0	+0,7/-0	+1,0/-0	+1,5/-0
1,5 - <2,0	±0,09	+2,5/-0	+1,0/-0	+1,2/-0	+2,0/-0
2,0 - <2,5	±0,10	+2,5/-0	+1,0/-0	+1,2/-0	+2,0/-0
2,5 - <3,0	±0,12	+3,0/-0	+1,2/-0	+1,5/-0	+3/-0
3,0 - <3,5	±0,14	+3,0/-0	+1,2/-0	+1,5/-0	+3/-0
3,5 - <4,0	±0,14	+4,0/-0	+2,0/-0	+2,0/-0	+4/-0
4,0 - <6,5	±0,15	+4,0/-0	+2,0/-0	+2,0/-0	+4/-0

* SS-EN ISO 9445-2 Metod A.

Avseende längdtolerans för skurna längder gäller +5/-0 mm för längder t o m 2000 mm eller plus 0,0025 gånger längd/minus noll för längder därutöver.

Formtoleranser

i) Kantrakhet

Bredd mm	Max. pilhöjd (mm) för referenslängd:	
	1000 mm	2000 mm
10 < w ≤ 40	2,5	10
40 < w ≤ 125	2	8
125 < w ≤ 600	1,5	6
600 < w ≤ 2100	1	4

ii) Avvikelse från rättvinklighet

Längd mm	Max. skillnad mellan diagonaler mm
L ≤ 3000	6
3000 < L ≤ 6000	10
L > 6000	15

iii) Planhet

Planhet uppmätt som pilhöjd mellan plåten och en rak kant (längd 1 eller 2 meter) får inte överskrida 10 mm för plåtlängder upp till 3 000 mm och 12 mm för längder därutöver (gäller överallt på plåten och i alla riktningar).

iv) Kantvågighet

Förhållandet mellan höjden och längden av en våg vid plåtens kant får inte överskrida 0,03 oberoende av plåttjocklek.

Toleranser för kontinuerlig varmvalsad plåt

SS-EN ISO 9444-2 specificerar toleranser för plåt som hasplats efter varmvalsning och som har tjocklekar 2 - 13 mm och bredder 600 - 2 500 mm. Standarden omfattar även alla produkter som klipps eller skärs från den utplanade varmvalsade plåten.

Dimensionstoleranser

Tjocklek mm	Tjockleks-tolerans, mm		Breddtolerans, mm
	$w \leq 1400$ mm	$1400 < w \leq 2500$ mm	
2,5 - $\leq 3,0$	$\pm 0,26$	$\pm 0,31$	+5/-0
>3,0 - $\leq 4,0$	$\pm 0,29$	$\pm 0,34$	"
>4,0 - $\leq 5,0$	$\pm 0,31$	$\pm 0,36$	"
>5,0 - $\leq 6,0$	$\pm 0,34$	$\pm 0,38$	"
>6,0 - $\leq 8,0$	$\pm 0,38$	$\pm 0,40$	"
>8,0 - $\leq 10,0$	$\pm 0,42$	$\pm 0,44$	"
>10 - $\leq 13,0$	$\pm 0,46$	$\pm 0,48$	"

Avseende längdtolerans för skurna eller klippta plåtstycken gäller +10/-0 mm för längder t o m 2000 mm eller plus 0,005 gånger längd/minus noll för längder därutöver.

Formtoleranser

i) Kantrakhet

Max. pilhöjd över en referenslängd av 1 m får vara 0,005 gånger längden för $L < 5\,000$ mm och 15 mm för längder därutöver.

ii) Avvikelse från rättvinklighet

Högst tillåten skillnad mellan diagonaler är 1% av bredden.

iii) Planhet

Planhet mäts som pilhöjd mellan plåten och en rak kant (längd 1 eller 2 meter). Kraven avser alla tjocklekar och gäller överallt på plåten och i alla riktningar.

Bredd mm	Högst pilhöjd mm
$w \leq 1200$	23
$1200 < w \leq 1500$	30
$w > 1500$	38

Toleranser för plåt varmvalsad i reversibelt verk (kvarto-plåt)

SS-EN ISO 18286 specificerar toleranser för plåt som varmvalsats i reversibelt verk och som har tjocklekar 4 - 250 mm och bredder ≥ 600 mm. Standarden omfattar även alla produkter med bredd ≥ 600 mm som klipps eller skärs från kvarto-plåt.

Dimensionstoleranser

Tjocklek mm	Tjocklektolerans, mm	Breddtolerans, mm (klass A)	
	$w \leq 2100$ mm	$600 \leq w < 2000$ mm	$2000 \leq w < 3000$ mm
10 - <20	+1,4/-0,3	+15/-0	+20/-0
20 - <25	+1,55/-0,3	"	"
25 - <50	+1,8/-0,3	"	"
50 - <75	+2,55/-0,3	"	"

Längd mm	Längdtolerans, mm (klass A)
$600 \leq L < 4000$	+20/-0
$4000 \leq L < 6000$	+30/-0
$L \geq 6000$	+40/-0

Formtoleranser

i) Kantrakhet

Max. pilhöjd får som mest vara 0,5% av längden.

ii) Avvikelse från rättvinklighet

En rättvinkelig projektion av en kant i breddriktningen på en kant i längdriktningen får vara högst 1% av bredden.

iii) Planhet

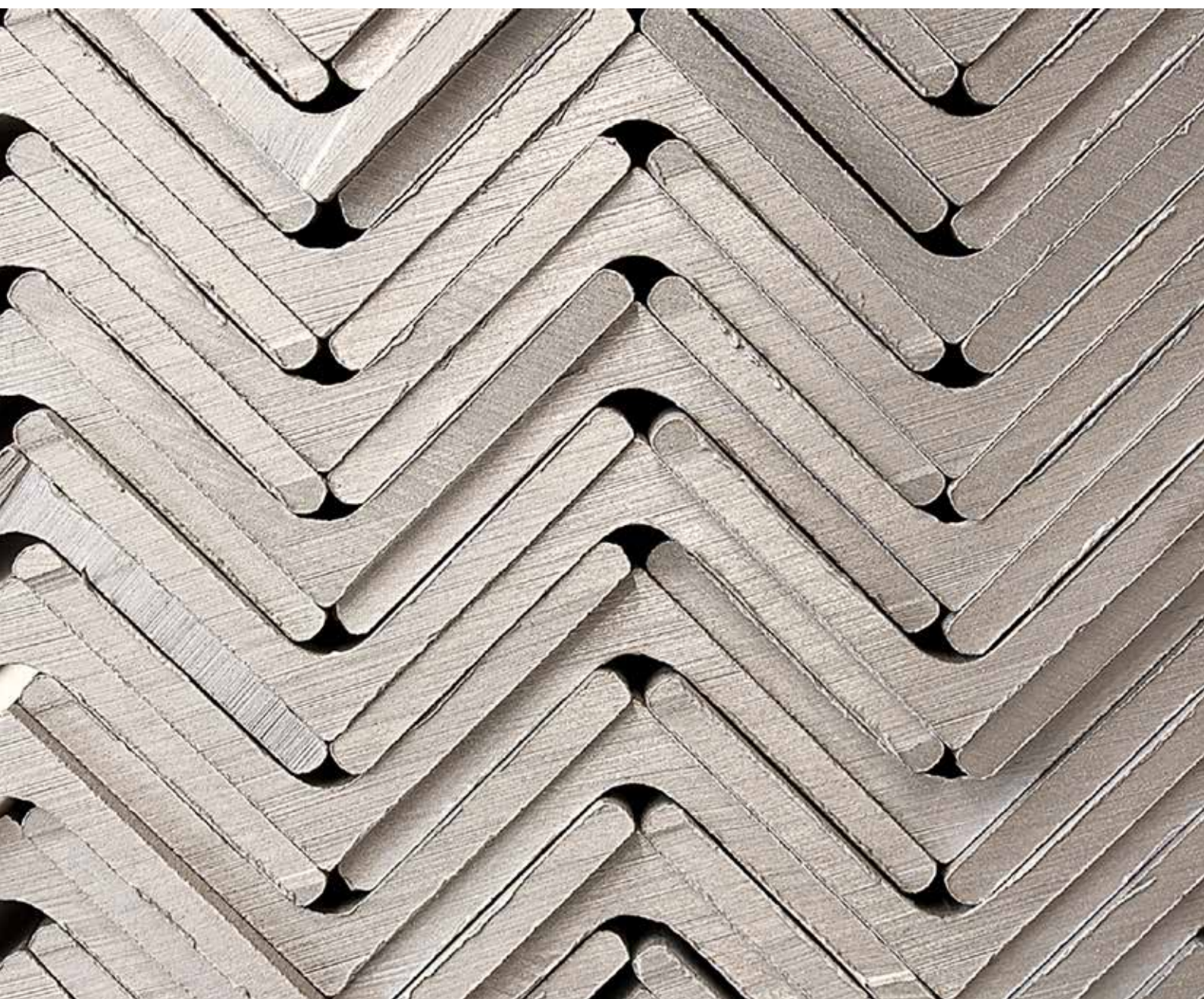
Planhet mäts som pilhöjd mellan plåten och en rak kant (längd 1 eller 2 meter). Kraven avser alla tjocklekar och galler överallt på plåten och i alla riktningar

Tjocklek mm	Högst pilhöjd, mm			
	Ref. längd 1000 mm		Ref. längd 2000 mm	
	Stål typ A*	Stål typ B*	Stål typ A*	Stål typ B*
$15 \leq t < 25$	7	10	10	13
$25 \leq t < 40$	6	9	9	10
$t \geq 40$	5	8	8	11

*) Stål typ B - stål med %Ni > 20 eller %Mo > 2 eller %N > 0,11.
Stål typ A - alla andra stål.

Stång

Produktprogram



Rostfri rundstång - skalsvarvad/maskinbearbetad

Standarder: SS-EN 10088-3 och 10088-5

Vanligaste ytutförande: 1G - glödgat, betat, skalsvarvat

Stålsort	Ståltyp	Diameter mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper						Anteckningar
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A ₅	HB max	Slagseghet (J,*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	20 - 160	0,02	18	8,5	-	-	18	175	210	500 - 700	45	215	100	Dubbelklassat. MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
		>160 - 300							"	"	"	35 (tvär)	"	60 (tvär)	
1.4305	Austenitiskt	28 - 115	0,05	17,5	8,5	-	0,25 S	14 - 16	190	225	500 - 750	35	230	-	Rostfritt automatstål
1.4404	Austenitiskt	23 - 160	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	200	235	500 - 700	40	215	100	MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
		>160 - 300							"	"	"	30 (tvär)	"	60 (tvär)	
1.4547 (254 SMO®)	Austenitiskt	10 - 160	0,01	20	18	6,2	0,22 N	43	300	340	650 - 850	35	260	100	Superaustenitiskt stål Dimensioner <16 mm betad yta
1.4539 (904L)	Austenitiskt	16 - 150	0,01	20	25	4,5	1,5 Cu	34	230	260	530 - 730	35	230	100	Stål med god beständighet mot svavelsyra
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitiskt	12 - 180	0,02	22	5,5	3	0,17 N	35	450	-	650 - 880	25	270	100	Ferrit-austenitiskt ≡ duplex Dimensioner <16 mm betad yta
1.4460	Ferrit-austenitiskt	16 - 244	0,02	26	5,5	1,5	0,10 N	32	450	-	620 - 880	20	260	85	Ferrit-austenitiskt ≡ duplex. MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
1.4835 (253 MA®)	Austenitiskt	6 - 150	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	210	100	Värmebeständig stålsort, standard SS-EN 10095.
1.4021	Martensitiskt	35 - 160	0,20	13	8,5	-	-	12	500	-	700 - 850	13	ca 220	25	Seghärdat, +QT 700
1.4057	Martensitiskt	16 - 60	0,20	16	2	-	-	15	600	-	800 - 950	14	ca 290	25	Seghärdat, +QT 800
		>60 - 160							"		"	12	"	20	
1.4418	Martensitiskt	25,4 - 160	0,03	16	5	1	>0,02 N	19	700	-	900 - 1100	16	ca 320	80	Seghärdat, +QT 900
		>160 - 256							"		"	14	"	60 (tvär)	

§ Längdprov om inte annat anges.

* Provningsoption, certifieras enbart på begäran.

Rostfri stång - kalldragen stång

Standarder: SS-EN 10088-2 och 10088-4

Vanligaste ytutförande: 2H - glödgat, betat, kalldraget

Stålsort	Ståltyp	Profil/ dimension, mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
									R _{p0,2}	R _m	A (längd)	HB max	Slagseg- het (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	Rund	0,02	18	8,5	-	-	18						Dubbelklassat. MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
		≤10							400	600 - 930	25	310	-	
		>10 - 16							380	"	"	"	-	
		>16 - 30							175	500 - 830	30	"	100 (längd)	
1.4305	Austenitiskt	Rund, sexkant	0,05	17,5	8,5	-	0,25 S	14 - 16						Rostfritt automatstål. Dimension för sexkant avser avstånd mellan motsatta plana ytor.
		≤16							400	600 - 950	15	330	-	
		>16 - 50							190	500 - 850	20	"	-	
1.4404	Austenitiskt	Rund, sexkant	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24						MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande. Dimension för sexkant avser avstånd mellan motsatta plana ytor.
		≤10							400	600 - 930	25	310	-	
		>10 - 16							380	580 - 930	"	"	-	
		>16 - 46							200	500 - 830	30	"	100 (längd)	

* Provningsoption, certifieras enbart på begäran.

Rostfri rundstång - centerless slipat

Standarder: SS-EN 10088-2 och 10088-4

Ytutförande: 2G, Ra ≤1,2 µm

Stålsort	Ståltyp	Diameter mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
									R _{p0,2}	R _m	A (längd)	HB max	Slagseg- het (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	≤10	0,02	18	8,5	-	-	18	400	600 - 930	25	215	-	Dubbelklassat. MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
		>10 - 16							380	"	"	"	-	
		>16 - 50							175	500 - 830	30	"	100 (längd)	
1.4305	Austenitiskt	≤16	0,05	17,5	8,5	-	0,25 S	14 - 16	400	600 - 950	15	230	-	Rostfritt automatstål
		>16 - 60							190	500 - 850	20	"	-	
1.4404	Austenitiskt	≤10	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	400	600 - 930	25	310	-	MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
		>10 - 16							380	580 - 930	"	"	-	
		>16 - 45							200	500 - 830	30	"	100 (längd)	
1.4460	Ferrit-austenitiskt	5 - 90	0,02	26	5,5	1,5	0,10 N	32	450	620 - 880	20	260	85 (längd)	Ferrit-austenitiskt ≡ duplex. MAXIVAL® skärbarhetsförbättrad utförande
1.4418	Martensitiskt	12 - 125	0,03	16	5	1	>0,02 N	19	700	900 - 1100	16	ca 320	80 (längd)	Seghärdat, +QT 900

* Provningsoption, certifieras enbart på begäran.

Rostfri fyrkantstång

Standarder: SS-EN 10088-3 och 10088-5
Ytutförande: 1D - glödgat, betat

Stålsort	Ståltyp	Dimension mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper						Anteckningar
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längd)	HB max	Slagseg-het (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	12 - 50	0,02	18	8,5	-	-	18	175	210	500 - 700	45	215	100 (längd)	Dubbelklassat. MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande
1.4404	Austenitiskt	10 - 50	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	200	235	500 - 700	40	215	100 (längd)	MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande

* Provningsoption, certifieras enbart på begäran.

Rostfri plattstång

Standarder: SS-EN 10088-2/-3/-4 och -5
Ytutförande: 1D - glödgat, betat

Stålsort	Ståltyp	Tjocklek mm	Bredd mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper						Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längd)	HB max	Slagseg-het (*)	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	4 - 12	15 - 150	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	520 - 700	45	215	100 (längd)	Kapat från plåt. Dubbelklassat
		8 - 40	20 - 150							175	210	500 - 700	45	"	"	Varmvalsat. Dubbelklassat och MAXI-VAL® skärbarhetsförbättrat utförande
1.4404	Austenitiskt	3 - 12	15 - 150	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	215	100 (längd)	Kapat från plåt
		8 - 40	20 - 150							200	235	500 - 700	40	"	"	Varmvalsat: MAXIVAL® skärbarhetsförbättrat utförande

* Provningsoption för tjocklekar >10 mm, certifieras enbart på begäran.

Rostfri vinkelstång (liksidig)

Standarder: SS-EN 10088-3 och 10088-5

Ytutförande: 1D - glödgat, betat

Stålsort	Ståltyp	Flänsbredd mm	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längd)	HB max	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min		
1.4301/1.4307	Austenitiskt	20 - 100	3 - 10	0,02	18	8,5	-	-	18	175	210	500 - 700	45	215	Dubbelklassat.
1.4404	Austenitiskt	25 - 100	3 - 10	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	200	235	500 - 700	40	215	

Rostfri armeringsstång

Standarder: SS 212545

Ytutförande: 1D - glödgat, betat

Stålsort	Ståltyp	Dimension mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper*					Anteckningar
									R _{p0,2}	R _m / R _{p0,2}	A	A _{gt}	HB max	
			C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min		
1.4162 (LDX 2101*)	Ferrit-austenitiskt (duplext)	8 - 25	0,03	21,5	1,5	0,3	0,22 N 5 Mn 0,5 Cu	26	500	1,08	25	5	290	Uppfyller kraven för K500B i SS 212545. A _{gt} = förlängning vid högsta last
1.4362 (2304)	Ferrit-austenitiskt (duplext)	8 - 25	0,02	23	4,5	0,3	0,12 N 0,4 Cu	26	500	1,08	25	5	260	Uppfyller kraven för K500B i SS 212545. A _{gt} = förlängning vid högsta last

* Kraven avseende mekaniska egenskaper för armeringsstång baseras på statistisk kapabilitet från regelbunden provning snarare än absoluta minimivärden - se SS 212545.

Toleranser för rundstång

För rundstång och beroende på utförande stipuleras diametertolerans i följande standarder:

- Varmvalsad, betad - SS-EN 10060 (endast mindre dimensioner).
- Maskinbearbetad genom skalsvarvning eller grovsvarvning - SS-EN ISO 286-1, toleransbeteckning k12 eller k13 som är plus/noll toleranser vilket betyder att den verkliga diametern är marginellt större än den nominella.
- Kalldragen - SS-EN ISO 286-1 med toleransbeteckning h9 som är en minus/noll tolerans vilket betyder att den verkliga diametern är marginellt mindre än den nominella.
- Slipad - SS-EN ISO 286-1 med toleransbeteckning h8 eller h9 som är minus/noll toleranser.

Dimensionstoleranser - varmvalsad och glödgad/betad rundstång (yta 1D)

Stålsort	Diameter mm	Tolerans mm
1.4462 (2205)	12, 16	±0,40
1.4539 (904L)	10	+0,25/-0,15
1.4835 (253 MA*)	6, 8, 10, 12	+0,25/-0,15
1.4547 (254 SMO*)	10, 12	+0,25/-0,15

Diametertoleranser - ytbearbetad rundstång

Diameter mm	Skalsvarvad/grovsvarvad tolerans, mm		Kalldragen, tolerans h9, mm	Slipad, tolerans h8, mm (*)	Slipad, tolerans h9, mm (§)
	Beteckning	mm			
>3 - 6	-	-	+0/-0,030	+0/-0,018	-
>6 - 10	-	-	+0/-0,036	+0/-0,022	+0/-0,036
>10 - 16	-	-	+0/-0,043	+0/-0,027	+0/-0,043
16 - 18	k12	+0,18/-0	+0/-0,043	+0/-0,027	+0/-0,043
>18 - 30	k12	+0,21/-0	+0/-0,052	+0/-0,033	+0/-0,052
>30 - 50	k12	+0,25/-0	+0/-0,062	+0/-0,039	+0/-0,062
>50 - 80	k12	+0,30/-0	-	+0/-0,046	+0/-0,074
>80 - 120	k12	+0,35/-0	-	-	+0/-0,087
>120 - 180	k12	+0,40/-0	-	-	+0/-0,100
>180 - 250	k12	+0,46/-0	-	-	-
>250 - 300	k13	+0,81/-0	-	-	-

* Gäller för stålsorter 1.4305, 1.4301/4307 och 1.4404.

§ Gäller för stålsorter 1.4418 och 1.4460.

Formtoleranser

Gällande standarder är SS-EN 10060 för varmvalsad stång och SS-EN 10278 för ytbearbetad stång.

i) Rundhet

Rundhet (ovalitet) definieras som skillnaden mellan två vinkelräta diametermått. Denna skillnad jämförs med toleransvidden för diameter (D):

- Varmvalsad/betad - högst 75% av toleransvidden för D.
- Svarvad - högst 50% av toleransvidden för D.
- Kalldragen - högst 100% av toleransvidden för D.
- Slipad - högst 33% av toleransvidden för D.

Exempel: en slipad stång D = 40 mm h8 har faktisk diameter mellan 39,961 och 40,000 mm. Toleransvidden är 0,039 mm och orundheten högst $0,039/3 = 0,013$ mm.

ii) Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då stången är utlagd på ett horisontellt underlag. Pilhöjden är avståndet mellan underlaget och stångbågens högsta punkt.

Varmvalsad/betad - pilhöjden får som mest vara 0,004 gånger stångens längd för diametrar t o m 80 mm och 0,0025 gånger längd för diametrar därutöver.

Ytbearbetad - pilhöjden över en referenslängd av 1 meter får inte överskrida 1 mm.

Toleranser för fyrkantstång (varmvalsad/betad, yta 1D)

Gällande standard är SS-EN 10059.

Toleranser för kantlängd

Dimension mm	Tolerans mm
10 - 14	±0,4
>14 - 25	±0,5
>25 - 35	±0,6
>35 - 50	±0,8

Formtoleranser

i) Hörnradie

Dimension mm	Radie mm
≤12	≤1,0
>12 - 20	≤1,5
>20 - 30	≤2,0
>30 - 50	≤2,5

ii) Rakhet

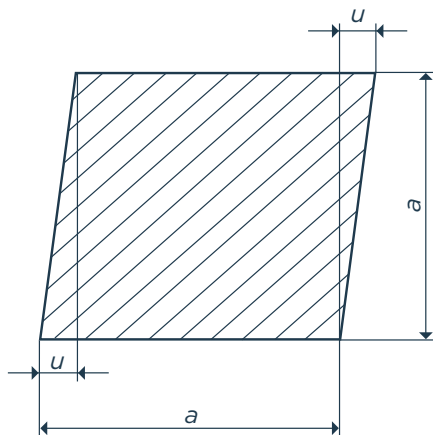
Rakhet mäts som maximal pilhöjd då stången är utlagd på ett horisontellt underlag. Pilhöjden får som mest vara 0,004 gånger stångens längd, t ex 24 mm för en stång med längd 6 meter.

iii) Skevhet, vridning

For kantlängder t o m 14 mm får vridningen som högst vara 4°/meter eller max. 24° över stångens hela längd. För större kantlängder gäller 3°/meter och max. 18° över hela längden.

iv) Formavvikelse tvärsnitt

För kantlängder t o m 50 mm får avvikelser från fyrkantformat ("u" i figuren) vara högst 1,5 mm.



Toleranser för plattstång (varmvalsad/betad, yta 1D)

Gällande standard är SS-EN 10058.

Toleranser för bredd och tjocklek

Gäller för såväl varmvalsad plattstång som för plattstång som kapats från plåt.

Bredd mm	Tolerans för bredd, mm	Tjocklek mm	Tolerans för tjocklek mm
10 - ≤40	±0,75	≤20	±0,5
>40 - 80	±1	>20 - ≤40	±1
>80 - 100	±1,5	>40 - ≤80	±1,5
>100 - 120	±2		
>120 - 150	±2,5		

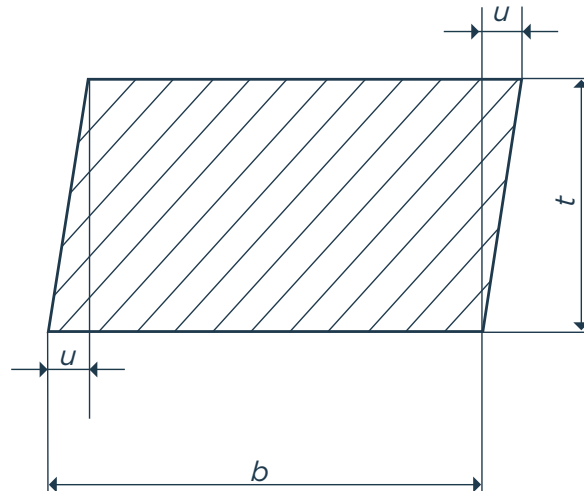
Formtoleranser

i) Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då stången är utlagd på ett horisontellt underlag. Om tvärsnittsarean är mindre än 1000 mm² får pilhöjden som mest vara 0,004 gånger stångens längd, t ex 24 mm för en stång med längd 6 meter. Då tvärsnittsarean är större eller lika med 1000 mm² får pilhöjden inte överskrida 0,0025 gånger längd (d v s 15 mm för en sex-meters stång).

ii) Formavvikelse tvärsnitt

För tjocklekar t o m 25 mm får avvikelser från rektangulärt format ("u" i figuren) vara högst 0,5 mm. Om tjockleken är i intervallet >25 - 40 mm får u som mest vara 1 mm.



Toleranser för vinkelstång (varmvalsad/betad, yta 1D)

Standarder SS-EN 10056-1 och 10056-2 behandlar vinkelstång i ordinarie konstruktionsstål och omfattar inte rostfria stål. Dock uppfyller rostfri vinkelstång som lagerhålls av Tibnor fordringarna för tolerans och form som föreskrivs av dessa normer. SS-EN 10056-1 fastställer vilka dimensioner som standardiseras och anger tvärsnittsdata för att t ex beräkna styvheten i böjning. Dimensionstoleranser stipuleras i SS-EN 10056-2.

Hörn- och kantradier

Flänsbredd mm	Hörnradie (*) mm	Kantradie mm
20, 25	3,5	1,8
30, 35	5	2,5
40	6	3
45, 50	7	3,5
60	8	4
65, 70, 75	9	4,5
80	10	5
90	11	5,5
100	12	6

* Avser inre hörn.

Toleranser för flänsbredd och -tjocklek

Flänsbredd mm	Tolerans för bredd mm	Tjocklek mm	Tolerans för tjocklek, mm
20 - ≤50	±1,0	≤5	±0,5
>50 - 100	±2,0	>5 - 10	±0,75

Formtoleranser

i) Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då stången är utlagd på ett horisontellt underlag. För flänsbredder 100 mm och mindre får pilhöjden som mest vara 0,004 gånger stångens längd, t ex 24 mm för en stång med längd 6 meter. Dessutom ingenstans på stången får pilhöjden överskrida 6 mm över en längd av 1500 mm.

ii) Tillåten avvikelse från rättvinklighet mellan flänsar

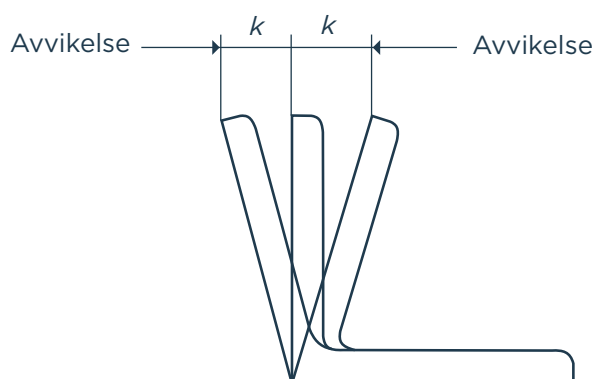
För flänsbredder t o m 100 mm får avvikelser från rättvinklighet ("k" i figuren) vara högst 1 mm.

iii) Vikttolerans

Skilnaden mellan uppmätt och beräknad vikt får inte överskrida ±6 % ifall flänstjockleken är 4 mm eller mindre och ±4 % om tjockleken är större än 4 mm. För att beräkna vikten utgår man ifrån följande formel för tvärsnittsarean i mm² (S),

$$S = T \cdot (2 \cdot B - T) + 0,1073 \cdot R^2,$$

där B är flänsbredden, T är tjockleken och R är radien av det inre hörnet. Tvärsnittsarean konverteras då till en metervikt med hjälp av täthetsvärden som anges i SS-EN 10088-1 och som redovisas i tabellen över fysikaliska egenskaper på sidan 66.



Toleranser för sexkantstång (kalldragen, yta 2H)

Gällande standard för kalldragen sexkantstång är SS-EN 10278 medan toleranserna stipuleras i ISO 286-1.

Toleranser för dimension (avståndet mellan motsatta plana ytor)

Dimension mm	Tolerans h11 mm
>6 - 10	+0/-0,090
>10 - 18	+0/-0,110
>18 - 30	+0/-0,130
>30 - 50	+0/-0,160

Formtoleranser

i) Formavvikelse vid kanter

Kanter får ha en odefinierad profil inom ett avstånd på 0,2 mm från den hypotetiska kanten.

ii) Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då stången är utlagd på ett horisontellt underlag. Pilhöjden får som mest vara 0,001 gånger stångens längd, t ex 3 mm för en stång med längd 3 meter.

Toleranser för rostfri armeringsstång (glödgad/betad, yta 1D)

Precis som för armering i ordinära stål har Sverige valt att ha en egen standard för rostfri armering, SS 212545, där fordringar på stålets analys och mekaniska egenskaper stipuleras. Det finns ingen gemensam EN-standard för rostfri armering men SS 212545 följer i stort sett de allmänna riktlinjerna som fastställs för armeringsstål i SS-EN 10080.

Vikttolerans

Skillnaden mellan uppmätt och beräknad vikt får inte överskrida $\pm 6\%$ ifall den nominella diametern är 12 mm eller mindre och $\pm 4,5\%$ om den är större än 12 mm. Metervikten beräknas utifrån täthetsvärden som anges i SS-EN 10088-1 och redovisas i tabellen över fysikaliska egenskaper på sidan 66. Formler för metervikten (kg/m) är $0,006126 \cdot D^2$ för stålsort 1.4362 och $0,006048 \cdot D^2$ för stålsort 1.4162 där D är den nominella diametern.

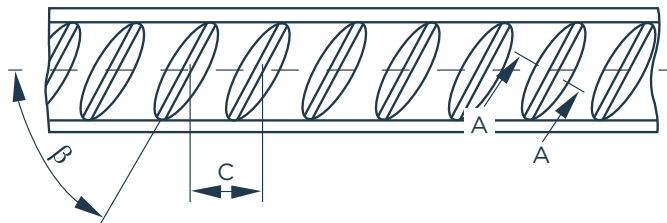
Kammarnas geometri

Kammarnas höjd uppmätt över snittet A-A ska vara mellan 0,05 och 0,10 D. Mellanrummet (c) ska vara mellan 0,5 och 1,0 gånger D och lutningen (β) i intervallet 35 - 75°. Kammarnas yttre profil projicerade vinkelrätt mot stångens längdriktning skall uppta minst 75% av omkretsen ($3,1416 \times D$).

Kammarnas relativa area

Den relativa arean av kammarna (f_R) definieras som den projicerade arean av kammarna på ett tvärsnitt av stången delad med produkten av avståndet mellan kammarna och stångens nominella omkrets. Tabellen visar kravet för f_R inom olika intervaller för D.

Nominell diameter mm	f_R
6,5 - 8,5	$\geq 0,045$
>8,5 - 10,5	$\geq 0,052$
>10,5	$\geq 0,056$



Rör

Produktprogram



Rostfria rör (svetsade)

Standard: SS-EN 10296-2 och SS-EN 10217-7 (*)
Ytutförande: W2A - glödgat, betat efter svetsning, eller W2R - blankglödgat i skyddsgas efter svetsning

Stålsort	Ståltyp	Y.D. mm	Vägg tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper§					Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längs)	A (tvär)	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	20 - 254	1,5 - 3,2	0,02	18	8,5	-	-	18	180	215	470-670	40	35	Kallvalsat utgångsmaterial, dubbelklassat
1.4404	Austenitiskt	8 - 204	1,0 - 3,6	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	190	225	490-690	40	30	Kallvalsat utgångsmaterial
1.4432/1.4436	Austenitiskt	20 - 204	1,5 - 2,0	0,02	17	11	2,6	-	26	190	225	490-690	40	30	Kallvalsat utgångsmaterial, dubbelklassat

* SS-EN 10217-7 föreskriver att varje rör provas avseende trycktäthet.
§ Ytterligare provning fodras för att fastställa svetsens integritet (t ex plattering, dragprovning av ring, böjprovning).

Rostfria rör (svetsade och utvändigt slipade)

Standard: SS-EN 10296-2 och SS-EN 10217-7 (*)
Ytutförande: WG - glödgat efter svetsning, betat invändigt, borstslipat utvändigt

Stålsort	Ståltyp	Y.D. mm	Vägg tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper§					Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längs)	A (tvär)	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	20 - 51	1,5 - 2,0	0,02	18	8,5	-	-	18	180	215	470-670	40	35	Kallvalsat utgångsmaterial, dubbelklassat

* SS-EN 10217-7 föreskriver att varje rör provas avseende trycktäthet.
§ Ytterligare provning fodras för att fastställa svetsens integritet (t ex plattering, dragprovning av ring, böjprovning).

Rostfria ämnesrör (sömlösa)

Standard: SS-EN 10297-2
Ytutförande: HFD - glödgat, betat

Stålsort	Ståltyp	Y.D. mm	I.D. mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper						Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längs)	A (tvär)	Hårdhet	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	HB	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	32 - 140	16 - 90	0,02	18,5	9	-	S ≤ 0,030	18	210	240	515-680	45	35	≤200	Dubbelklassat. SANMAC®utförande för förbättrad skärbarhet
1.4404	Austenitiskt	32 - 224	16-180	0,02	17	11	2,1	S ≤ 0,030	24	220	250	515 - 690	45	35	≤200	SANMAC®utförande för förbättrad skärbarhet

Rostfria hydraulikrör (sömlösa)

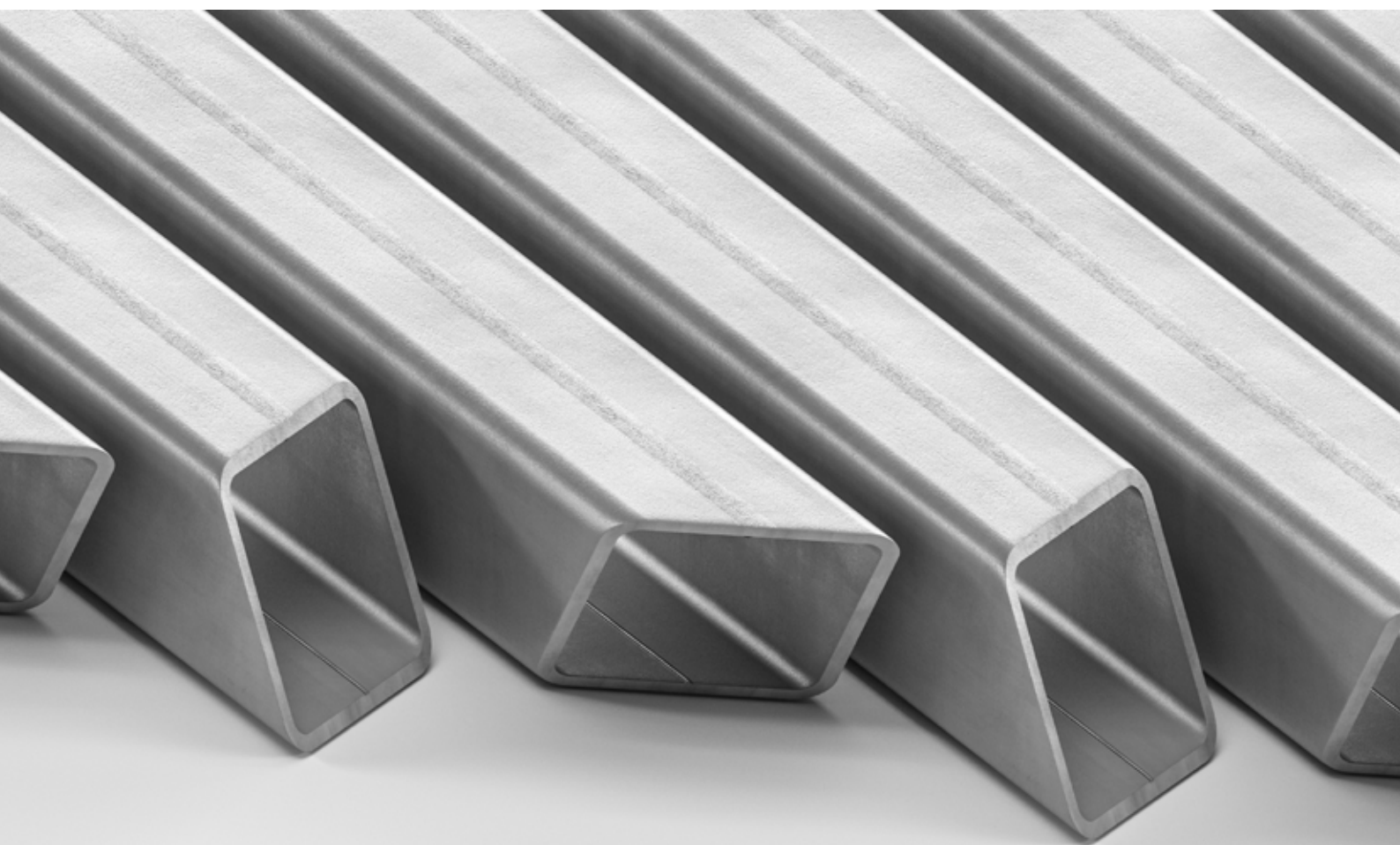
Standard: SS-EN 10216-5 (*)
Ytutförande: CFA - kalldraget och blankglödgat i skyddsgas

Stålsort	Ståltyp	Y.D. mm	Vägg tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper§				Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längs)	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	
1.4435	Austenitiskt	6 - 30	1,0 - 4,0	0,02	17,5	13	2,6	-	18	220	260	515-690	45	Extruderat utgångsmaterial, 100% provning för trycktäthet

* SS-EN 10216-5 föreskriver att varje rör provas avseende trycktäthet.
§ Beroende på dimension fordras ytterligare provning i SS-EN 10216-5, antingen platteringsprovning eller ringexpansionsprovning.

Hålprofiler

Produktprogram



Rostfria hålprofiler (kvadratiska, svetsade)

Standarder: SS-EN 10088-2, 10088-4
Ytutförande: 1D (glödgat, betat) eller 2B (glödgat, betat med efterföljande lätt kallvalsning) eller 2G (glodgat, betat och slipat)

Stålsort	Ståltyp	Kantlängd mm	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	Slagseghet (*)	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	15 - 300 (1D, 2B) 15 - 150 (2G)	1,5 - 12,5 1,2 - 6	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	520 - 700	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dubbelklassat. Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4404	Austenitiskt	25 - 100 (1D, 2B) 50 (2G)	2 - 5 2	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	100 (längd) 60 (tvär)	

* Provningsoption för tjocklekar > 10 mm, certifieras enbart på begäran.

Rostfria hålprofiler (rektangulära, svetsade)

Standarder: SS-EN 10088-2, 10088-4
Ytutförande: 1D (glödgat, betat) eller 2B (glödgat, betat med efterföljande lätt kallvalsning) eller 2G (glodgat, betat och slipat)

Stålsort	Ståltyp	Kantlängder mm	Tjocklek mm	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	Slagseghet (*)	
				C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	30 x 20 - 400 x 200 (1D, 2B) 40 x 10 - 120 x 80 (2G)	1,2 - 12,5 1,2 - 6	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	520 - 700	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dubbelklassat. Slagseghetskrav endast för tjocklekar >10 mm
1.4404	Austenitiskt	60 x 40 - 100 x 50 (1D, 2B)	3 - 4	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	100 (längd) 60 (tvär)	

* Provningsoption för tjocklekar > 10 mm, certifieras enbart på begäran.

Rördelar

Produktprogram



Rostfria rördelar

Standarder (stål): SS-EN 10088-2 och 10088-3 (*)
Ytutförande: W2A - glödgat, betat efter svetsning, eller W2R - blankglödgat i skyddsgas efter svetsning

Stålsort	Ståltyp	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
								R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (längs)	A (tvär)	
		C	Cr	Ni	Mo	Övriga	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	0,02	18	8,5	-	-	18	180	215	470	40	35	Plåtrördelar, dubbelklassat
1.4404	Austenitiskt	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	190	225	490	40	30	Plåtrördelar, gängrördelar, rostfri fläns
1.4432/1.4436	Austenitiskt	0,02	17	11	2,6	-	26	190	225	490	40	30	Plåtrördelar, svetsringar med krage

* Standarder för rördelar är SS-EN 10253-3 och 10253-4

Galvaniserade flänsar

Standarder: SS-EN 10273 (stål), SS-EN 10253-2 (fläns)
Ytutförande: varmgalvaniserat

Stålsort	Ståltyp	Typisk analys, vikt %						Mekaniska egenskaper					Anteckningar
								R _{eH}	R _m	A	Slagseghet, KV längs		
		C	Si	Mn	P	S	Övriga	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	J min. vid 0°C	J min. vid 20°C	
P265GH + N	Kolstål	0,10	0,3	0,9	≤0,025	≤0,015	Cr+Cu+Mo+Ni 0,70 max	200 - 265 (*)	400 - 530	22	40	47	Tryckkärlstål som värmebehandlats genom normalisering

* Beroende på dimension

Toleranser och utförande för svetsade rör

Toleranser för svetsade rostfria rör fastställs i SS-EN 10296-2 eller ifall rören utsätts för inre övertryck i SS-EN 10217-7. Var och en av dessa standarder hänvisar i sin tur till SS-EN ISO 1127.

Yttre diameter (D)

Om D är mindre än eller lika med 168,3 mm är diameter-toleransen det som är störst av $\pm 0,75\%$ eller $\pm 0,3$ mm. För diameter större än 168,3 mm är toleransen $\pm 1,0\%$. Eventuell ovalitet skall införlivas inom toleransintervallet. Dessa toleranser motsvarar klasser D3 resp. D2 i SS-EN ISO 1127.

Vägg tjocklek (T)

För alla D är toleransen på vägg tjockleken den som är störst av $\pm 10\%$ eller $\pm 0,2$ mm. Denna tolerans motsvarar klass T3 i SS-EN ISO 1127. Tjocklekstoleransen gäller runt hela periferin med undantag av svetsen (se nedan). Eventuell excentricitet skall införlivas inom toleransintervallet.

Svetsrågens höjd (utsidan och insidan)

Den högsta höjden av svetsrågen som tillåts är olika beroende på om svetsen lämnas obearbetad före släckglödning eller inte. Dessutom skiljer sig fordringarna något mellan SS-EN 10296-2 och SS-EN 10217-7 (se tabellen).

Svetsrågen på borstslipade rör har först utjämnats genom kallbearbetning och svetsen är inte synlig.

Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då röret är utlagd på ett horisontellt underlag. Enligt SS-EN 10296-2 får pilhöjden som mest vara 0,002 gånger rörets längd, t ex 12 mm för ett rör med längd 6 meter. Denna fordran gäller inte för rör med $D < 33,7$ mm då eventuellt krav på rakhet ska överenskommas från fall till fall.

Rör tillverkade enligt SS-EN 10217-7 har bättre rakhet med högst pilhöjd 0,0015 gånger rörets längd. Dessutom ingestans får pilhöjden över en referenslängd av 1 meter överskrida 3 mm.

Ändutförande

Rörens ände ska kapas med ett perpendikulärt snitt som är fritt från grader.

Vikttolerans

Metervikten beräknas utifrån täthetsvärden som anges i SS-EN 10088-1 och redovisas i tabellen över fysikaliska egenskaper på sidan 66.

Beräkning av störst tillåtet inre tryck

SS-EN 13480-3 föreskriver ett beräkningsförfarande som tillåter en preliminär dimensionering av rör som utsätts för inre tryck. Förutom dimensioner och toleranser är bl.a. stålsort/ mekaniska egenskaper, svetsens kvalitet och temperatur av betydelse. En grov (dock ej konservativ) uppskattning kan erhållas genom Barlows formel:

$$P_{\max} = 20 \cdot R_{p0,2} T / D$$

där $P_{\max}$ är det största tillåtna trycket i bar och $R_{p0,2}$ är sträckgränsen i N/mm². Till exempel för ett rör med $D \times T = 40 \times 2$ mm i stålsort 1.4307 är $P_{\max}$ enligt Barlows formel 180 bar medan värdet enligt beräkningsförfarandet i SS-EN 13480-3 är 148 bar vid 20°C. I vissa varianter av Barlows formel används i stället för $R_{p0,2}$ en "tillåten" spänning som tas som två-tredjedelar av $R_{p0,2}$. Då blir $P_{\max}$ konservativ i förhållande till vad som beräknas genom SS-EN 13480-3.

Standard	Svetsmetod	Rågens utförande/ beteckning	Rågens högsta höjd, mm	
			T ≤ 8 mm	T > 8 mm
SS-EN 10296-2	Olika, producenten har frihet att bestämma (*)	Obearbetad/A	0,2.T + 0,5	T/3
		Borttaget utsidan/B D ≤ 114,3 mm	0,06.T + 0,3	-
		Borttaget utsidan/B D > 114,3 mm	0,05.T + 0,5	T/6
		Borttaget utsidan och insidan/C	0,15	-
SS-EN 10217-7	Automatisk bågs svetsning (§)	Obearbetad/O1	0,2.T + 0,5	T/6
		Slipad utsidan/O2 D ≤ 114,3 mm	0,06.T + 0,3	-
		Slipad utsidan/O2 D > 114,3 mm	0,05.T + 0,5	T/10
		Bearbetad utsidan och insidan/O3	0,15	-

* För rör som framställs genom induktiv (högfrekvens - HF) svetsning måste svetsrågen bearbetas bort helt.

§ Även lasersvetsning tillåts men svetsrågen måste slipas eller bearbetas, d v s utförande O1 accepteras ej.

Toleranser för rostfria ämnesrör

Toleranser för rostfria ämnesrör fastställs i SS-EN 10297-2 som hänvisar i sin tur till SS-EN ISO 1127. Ämnesrör med SANMAC®-utförande har signifikant tätare toleranser speciellt vad gäller vägg tjocklek.

Yttre diameter (D)

Ämnesrör i enighet med SS-EN 10297-2 har en diametertolerans som är den största av $\pm 1,5\%$ eller $\pm 0,75$ mm. Eventuell ovalitet skall införlivas inom toleransintervallet. Denna tolerans motsvarar klass D1 i SS-EN ISO 1127.

SANMAC ämnesrör har diametertolerans som är det som är störst av $+2/-0\%$ eller $+1/-0$ mm, d v s rören har alltid ett visst övermått i förhållande till den nominella yttre diametern. Eventuell ovalitet skall införlivas inom toleransintervallet. Vad avser det sistnämnda motsvaras denna tolerans av klass D2 i SS-EN ISO 1127.

Vägg tjocklek (T)

Toleransen på vägg tjockleken är den som är störst av $\pm 15\%$ eller $\pm 0,6$ mm. Denna tolerans motsvarar klass T1 i SS-EN ISO 1127. Eventuell excentricitet skall införlivas inom toleransintervallet.

För ämnesrör med SANMAC-utförande specificeras toleransen av inre diameter i stället för vägg tjockleken. Toleransen är då den som är störst av $+0/-2\%$ eller $+0/-1$ mm, d v s rören har alltid ett visst undermått i förhållande till den nominella inre diametern. Som exempel, ett SANMAC rör med nominell dimension 150 x 80 mm har en vägg tjocklek mellan 35 och 37,3 mm motsvarande en tolerans av 6,6%.

Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då röret är utlagd på ett horisontellt underlag. Enligt SS-EN 10297-2 får pilhöjden som mest vara 0,002 gånger rörets längd, t ex 12 mm för ett rör med längd 6 meter. Denna fordran gäller inte för rör med $D < 33,7$ mm då eventuellt krav på rakhet ska överenskommas från fall till fall.

För SANMAC ämnesrör är högst pilhöjd 0,0015 gånger rörets längd. Denna förbättrade rakhet är en option i SS-EN 10297-2.

Garanterat maximalt färdigmått

Det högsta färdigmåttet som kan garanteras för komponenter som maskinbearbetas utgående ifrån ett ämnesrör av en viss nominell dimension är avhängig om röret är uppsatt med inner- eller yttre centrering. Med hänsyn till avvikelser från rakhet kan dessutom färdigmåttet garanteras enbart över en begränsad längd. För SANMAC ämnesrör är denna längd 2,5 gånger D. En fullständig sammanställning över vilka färdigmått som kan garanteras för olika rördimensioner går att hitta på www.materials.sandvik/hollow-bar.

Ändutförande

Rörens ände ska kapas med ett perpendikulärt snitt som är fritt från grader.

Vikttolerans

Metervikten beräknas utifrån täthetsvärden som anges i SS-EN 10088-1 och redovisas i tabellen över fysikaliska egenskaper på sidan 66.

Ytfel

Ytfel såsom upphöjningar, fördjupningar, grunda sprickor kan få förekomma så länge deras djup inte inkräktar på det minsta gränssavmåttet för vägg tjockleken.

Toleranser för sömlösa rostfria hydraulikrör (kalldragna)

Toleranser för kalldragna sömlösa rostfria rör för applikationer inom hydraulik fastställs i SS-EN 10216-5 som hänvisar i sin tur till SS-EN ISO 1127.

Yttre diameter (D)

Kalldragna sömlösa rör i enighet med SS-EN 10216-5 har diameterolerans som är den största av $\pm 0,75\%$ eller $\pm 0,3$ mm. Eventuell ovalitet skall införlivas inom toleransintervallet. Denna tolerans motsvarar klass D3 i SS-EN ISO 1127.

Kalldragna hydraulikrör från Sandvik har något bättre tolerans, $\pm 0,08$ mm för dimensioner till och med 30 mm som är något snävare än klass D4 i SS-EN ISO 1127.

Vägg tjocklek (T)

Toleransen på vägg tjockleken är den som är störst av $\pm 10\%$ eller $\pm 0,2$ mm. Denna tolerans motsvarar klass T3 i SS-EN ISO 1127. Eventuell excentricitet skall införlivas inom toleransintervallet.

Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då röret är utlagd på ett horisontellt underlag. Enligt SS-EN 10216-5 får pilhöjden som mest vara 0,0015 gånger rörets längd, t ex 9 mm för ett rör med längd 6 meter. Dessutom ingenstans får pilhöjden över en referenslängd av 1 meter överskrida 3 mm.

Ändutförande

Rörens ände ska kapas med ett perpendikulärt snitt som är fritt från grader.

Vikttolerans

Metervikten beräknas utifrån täthetsvärden som anges i SS-EN 10088-1 och redovisas i tabellen över fysikaliska egenskaper på sida 66.

Beräkning av störst tillåtet inre tryck

SS-EN 13480-3 föreskriver ett beräkningsförfarande som tillåter en preliminär dimensionering av rör som utsätts för inre tryck. Förutom dimensioner och toleranser är bl.a. stålsort/ mekaniska egenskaper, externa laster och temperatur av betydelse. En grov (dock ej konservativ) uppskattning kan erhållas genom Barlows formel:

$$P_{\max} = 20 \cdot R_{p0,2} \cdot T / D$$

där $P_{\max}$ är det största tillåtna trycket i bar och $R_{p0,2}$ är sträckgränsen i N/mm². Till exempel för ett rör med $D \times T = 25 \times 3$ mm i stålsort 1.4435 är $P_{\max}$ enligt Barlows formel 528 bar medan värdet enligt beräkningsförfarandet i SS-EN 13480-3 är 363 bar vid 20°C och 322 bar vid 100°C. I vissa varianter av Barlows formel används i stället för $R_{p0,2}$ en "tillåten" spänning som tas som två-tredjedelar av $R_{p0,2}$. Då blir $P_{\max}$ 352 bar vid 20°C som är något konservativ i förhållande till vad som beräknas genom SS-EN 13480-3 vid samma temperatur.



Toleranser för svetsade hålprofiler i rostfritt stål

Med vissa mindre avvikelser föreskrivs toleranser för svetsade rostfria hålprofiler (kvadratiske och rektangulära) av samma standard som för motsvarande profiler i ordinära stål, d.v.s. SS-EN 10219-2.

Yttre sidor och hörn (B x B eller B x H, kvadratiske resp. rektangulära)

B eller H mm	Tolerans. mm	Hörnprofil (*)		
		B, H	T	mm (§)
<100	Störst av $\pm 1\%$ eller $\pm 0,5$ mm	≤ 200 mm	≤ 3 mm	$\leq 1,5T$
100 - ≤ 200	$\pm 0,8\%$	≤ 200 mm	> 3 mm	1,6T - 2,4T
> 200	$\pm 0,6\%$	> 200 mm	≤ 4 mm	2T - 3T
		≤ 200 mm	> 4 mm	1,6T - 2,4T

* Avser radien av profilen som utgör hörnet. Hörnprofilen behöver inte vara helt cirkulär utan tillåts vara elliptisk till viss del. Inte heller behöver bågarna som utgör hörnen vara helt tangentiella med sidorna.

§ Snävare än vad som föreskrivs i SS-EN 10219-2.

Väggjocklek (T)

Toleransen på väggjockleken är $\pm 10\%$ när $T \leq 5$ mm och $\pm 0,5$ mm för $T > 5$ mm. Mätning av väggjockleken får inte ske inom ett avstånd av $2,5 \cdot T$ från svetsen.

Rakhet

Rakhet mäts som maximal pilhöjd då profilen är utlagd på ett horisontellt underlag. Enligt SS-EN 10219-2 får pilhöjden som mest vara 0,0015 gånger profilens längd, t ex 9 mm för en profil med längd 6 meter. Dessutom ingenstans får pilhöjden över en referenslängd av 1 meter överskrida 3 mm.

Vikttolerans

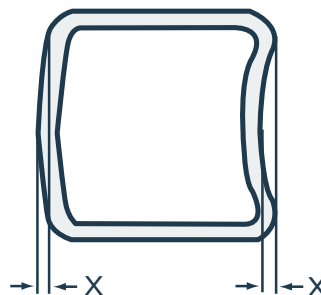
Den teoretiska metervikten beräknas utifrån täthetsvärden som anges i SS-EN 10088-1 och redovisas i tabellen över fysikaliska egenskaper på sidan som följer. Formler för beräkning av tvärsnittsarean och tabeller över värden finns i SS-EN 10219-2. Skillnaden mellan den teoretiska och uppmätta metervikten måste ligga inom spannet $\pm 6\%$.

Avvikelse från rättvinklighet mellan angränsande sidor.

Avvikelsen får vara högst ± 1 grad.

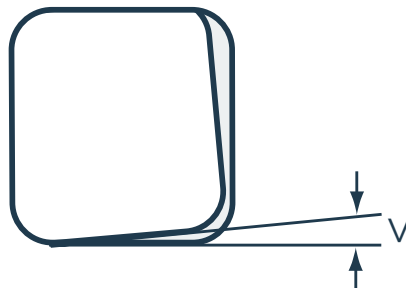
Konvexitet eller konkavitet av sidorna

Avvikelsen x får vara som högst 0,8% av B eller H men x tillåts vara upp till 0,5 mm oavsett längderna på B/H. Notera att x är oberoende av toleranserna på sidolängder.



Skevhet och vridning

Skevheten mäts som distansen v när profilens sida vid ena ändan trycks mot ett horisontellt underlag. v (mm) får vara som högst $(2 + 0,5 \cdot L)$ där L är profilens längd i meter. Till exempel för en profil med längd 6 meter ska v vara ≤ 5 mm.



Tabell med värden för fysikaliska egenskaper av rostfria stål

Värden för rostfria stål i Tibnors lagerprogram har tagits från SS-EN 10088-1 där du vid behov kan även hitta information om andra stålsorter än de som visas här. Av speciell betydelse är värden för täthet. För ordinarie stål kan tätheten betraktas som konstant, 7,85 kg/dm³, medan olika rostfria stål uppvisar små skillnader beroende på typ av stål och dess legeringsinnehåll. Täthetsvärden i tabellen ska användas vid beräkning av den teoretiska vikten för en rostfri stålprodukt av en viss dimension (se nästa avsnitt).

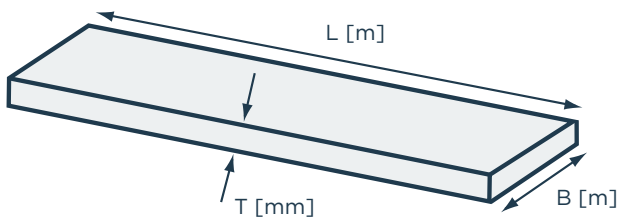
Stålsort	Ståltyp	Täthet, kg/dm ³	Termisk utvidgnings-koefficient	Värmelednings-förmåga	Specifik värme-kapacitet	Elektrisk resistivitet	E-modul (20°C),	Magnetiskt?
			(20 - 100°C), °C ⁻¹ x 10 ⁻⁶	(20°C), W/(m°C)	(20°C), J/(kg°C)	(20°C), Ω.mm ² /m	N/mm ² x 10 ³	
1.4301/1.4307	Austenitiskt	7,9	16,0	15	500	0,73	200	Nej (*)
1.4305	Austenitiskt	7,9	16,0	15	500	0,73	200	Nej (*)
1.4404	Austenitiskt	8,0	16,0	15	500	0,75	200	Nej
1.4432/1.4435/1.4436	Austenitiskt	8,0	16,0	15	500	0,75	200	Nej
1.4547 (254 SMO*)	Austenitiskt	8,0	16,5	14	500	0,85	195	Nej
1.4539 (904L)	Austenitiskt	8,0	15,8	12	450	1,00	195	Nej
1.4835 (253 MA*)	Austenitiskt	7,8	16,5	15	500	0,85	200	Nej
1.4016	Ferritiskt	7,7	10,4	25	460	0,60	220	Ja
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitiskt	7,8	13,0	15	500	0,80	200	Ja
1.4162 (LDX 2101*)	Ferrit-austenitiskt	7,7	13,0	15	500	0,75	205	Ja
1.4460	Ferrit-austenitiskt	7,8	13,0	15	500	0,80	200	Ja
1.4362 (2304)	Ferrit-austenitiskt	7,8	13,0	15	500	0,80	200	Ja
1.4021	Martensitiskt	7,7	10,5	30	460	0,60	215	Ja
1.4057	Martensitiskt	7,7	10,5	25	460	0,70	215	Ja
1.4418	Martensitiskt	7,7	10,3	15	430	0,80	200	Ja

*) Kan uppvisa svag magnetism efter kallbearbetning/kallformning.

Formler för beräkning av teoretisk vikt

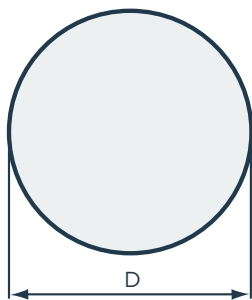
V = styckevikt (kg), W = metervikt (kg/m), ρ = täthet (kg/dm^3 - värden enligt tabellen på föregående sida), dimensioner i millimeter om inte annat anges.

Plåt



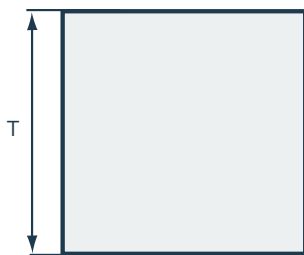
$$V \text{ (kg)} = (L \times B \times T \times \rho)$$

Rundstång och armeringsstång



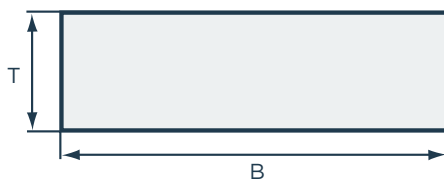
$$W \text{ (kg/m)} = (D^2 \times \rho) / 1273$$

Fyrkantstång



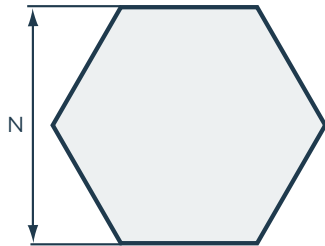
$$W \text{ (kg/m)} = (T^2 \times \rho) / 1000$$

Plattstång



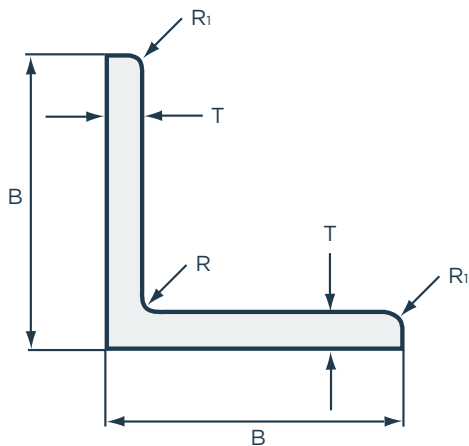
$$W \text{ (kg/m)} = (T \times B \times \rho) / 1000$$

Sexkantstång



$$W \text{ (kg/m)} = (N^2 \times \rho) / 1155$$

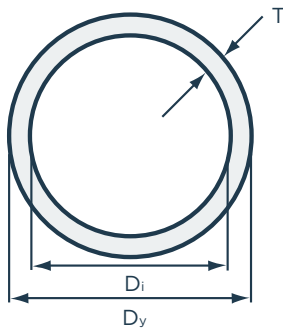
Vinkelstång (liksidig)



Tvärsnittsarean (S , mm²) är:
 $S = T \times (2B - T) + 0,1073 \times R^2$

$$W \text{ (kg/m)} = (S \times \rho) / 1000$$

Rör

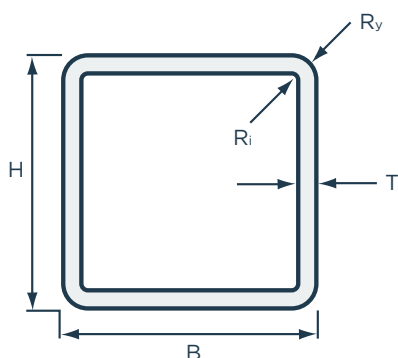


$$W \text{ (kg/m)} = ((D_y^2 - D_i^2) \times \rho) / 1273$$

alternativt

$$W \text{ (kg/m)} = (T \times (D_y - T) \times \rho) / 318$$

Hålprofiler



T mm	R _y mm	R _i mm	K
≤6	2,0T	1,0T	3
>6 - ≤10	2,5T	1,5T	4
>10	3,0T	2,0T	5

Tvärsnittsarean (S , mm²) är:
 $S = 2T \times (B + H - 2T) - 0,858 \times K \times T^2$

$$W \text{ (kg/m)} = (S \times \rho) / 1000$$

Lista över EN-normer rörande rostfritt stål

Allmänt

SS-EN 10020:2000	Definition och klassificering av ståltyper
SS-EN 10079:2007	Definitioner för stålprodukter
SS-EN 10088-1:2014	Rostfria stål - Del 1: Förteckning över rostfria stål
SS-EN 10204:2005	Metalliska varor - Typer av kontrolldokument
SS-EN ISO 377:2017	Stål och stålprodukter - Uttag och provberedning av provstycken och provstavar för mekanisk provning

Plåt

SS-EN 10088-2:2014	Rostfria stål - Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för plåt och band av korrosionsbeständiga stål för allmänna ändamål
SS-EN 10088-4:2009	Rostfria stål - Del 4: Tekniska leveransbestämmelser för plåt och band för byggprodukter av korrosionsbeständiga stål
SS-EN 10028-7:2016	Platta produkter av stål för tryckbärande anordningar. Del 7: Rostfria stål
SS-EN 10095:1999	Värmebeständiga stål och nickellegeringar
SS-EN ISO 9445-1:2010	Kontinuerligt kallvalsat rostfritt stål - Toleranser för dimensioner och form - Del 1: Smala band och klippta längder
SS-EN ISO 9445-2:2010	Kontinuerligt kallvalsat rostfritt stål - Toleranser för dimensioner och form - Del 2: Breda band och plåt
ISO 9444-1:2009	Continuously hot-rolled stainless steel - Tolerances on dimension and form - Part 1: Narrow strip and cut lengths (ej EN eller SS)
SS-EN ISO 9444-2:2009	Kontinuerligt varmvalsat rostfritt stål - Toleranser för dimensioner och form - Del 2: Breda band och plåt
SS-EN ISO 18286:2010	Varmvalsad plåt av rostfria stål - Toleranser för dimensioner och form

Stång

SS-EN 10088-3:2014	Rostfria stål - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för halvfabrikat, stång, valstråd, tråd, profiler och blanka produkter av korrosionsbeständiga stål för allmänna ändamål
SS-EN 10088-5:2009	Rostfria stål - Del 5: Tekniska leveransbestämmelser för stång, valstråd, tråd, profiler och blanka produkter för byggprodukter av korrosionshårdiga stål
SS-EN 10272:2016	Stång av rostfria stål för tryckändamål
SS-EN 10095:1999	Värmebeständiga stål och nickellegeringar
SS-EN 10302: 2008	Krypbeständiga stål, nickel- och koboltlegeringar
SS-EN 10060:2003	Varmvalsad rundstång av stål - Dimensioner och toleranser för form och dimensioner
SS-EN ISO 286-1:2010	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - ISO tolerans- och passningssystem - Del 1: Grunder för toleranser, lägesavmått och passningar
SS-EN 10278:1999	Dimensioner och toleranser för blanka stålprodukter
SS-EN 10059:2003	Varmvalsad fyrkantstång av stål - Dimensioner och toleranser för form och dimensioner
SS-EN 10058:2018	Varmvalsad plattstång av stål - Dimensioner och toleranser för form och dimensioner
SS-EN 10056-1:2017	Likflänsiga och olikflänsiga vinkelprofiler av allmänt konstruktionsstål — Del 1: Dimensioner
SS-EN 10056-2:1994	Likflänsiga och olikflänsiga vinkelprofiler av allmänt konstruktionsstål — Del 2: Toleranser för form och dimensioner
SS 212545:2016	Armeringsstål - Korrosionsbeständigt armeringsstål - Tekniska leveransbestämmelser för stång, coil, svetsat nät och armeringsbalk i rostfritt stål
SS-EN 10080:2005	Armeringsstål - Svetsbart armeringsstål - Allmänt

Rör och hålprofiler (konstruktionsrör)

SS-EN ISO 1127:	Rostfria stålrör - Dimensioner, toleranser och viktuppgifter
SS-EN 10296-2:2005	Svetsade runda rör för allmänna ändamål - Tekniska leveransbestämmelser - Del 2: Rostfria stål
SS-EN 10217-7:2014	Svetsade rör av stål för tryckändamål - Tekniska leveransbestämmelser - Del 7: Rör av rostfria stål
SS-EN 10297-2:2005	Sömlösa rör för allmänna ändamål - Tekniska leveransbestämmelser - Del 2: Rostfria stål
SS-EN 10216-5:2013	Sömlösa rör av stål för tryckändamål - Tekniska leveransbestämmelser - Del 5: Rör av rostfria stål
SS-EN 10219-2:2019	Kallformade svetsade konstruktionsrör - Del 2: Toleranser, dimensioner och tvärsnittsdata

Jämförelse mellan EN och andra internationella standarder

Nedan redovisas våra svenska SS- (utgångna) och SS-EN-normer tillsammans med några internationella standarder. Någon exakt överensstämmelse råder sällan mellan olika normer utan jämförelsen ska betraktas som ”närmast jämförbara” norm.

Austenitiska stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk beteckning				
1.4301	X5CrNi18-10	2333	S30400/304	SUS 304	S30408
1.4305	X10CrNiS18-9	2346	S30300/303	SUS 303	S30317
1.4307	X2CrNi18-9	2352	S30403/304L	SUS 304L	S30403
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	2348	S31603/316L	SUS 316L	S31603
1.4432	X2CrNiMo17-12-3	2353	S31603/316L	SUS 316L	S31603
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	2367	S31603/316L	SUS 316L	S31603
1.4436	X3CrNiMo17-12-3	2343	S31600/316	SUS 316	S31608
1.4539 (904L)	X1NiCrMoCu25-20-5	2562	N08904/904L	SUS 890L	S39042
1.4547 (254 SMO®)	X1CrNiMoCuN20-18-7	2378	S31254	SUS 312L	S31252
1.4835 (253 MA®)	X7CrNiSiN21-11	2368	S30815	-	-

Ferrit-austenitiska (duplexa) stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk beteckning				
1.4162 (LDX 2101®)	X2CrMnNiN21-5-1	-	S32101	-	-
1.4362 (2304)	X2CrNiN23-4	2327	S32304	-	S23043
1.4460	X3CrNiMoN27-5-2	2324	S32900/329	SUS 329J1	S22553
1.4462 (2205)	X3CrNiMoN22-5-3	2377	S32205	SUS 329J3L	S22053

Ferritiskt stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk beteckning				
1.4016	X6Cr17	2320	S43000/430	SUS 430	S11710

Martensitiska stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk beteckning				
1.4021	X20Cr13	2303	S42000/420	SUS 420J1	S42020
1.4057	X17CrNi16-2	2321	S43100/431	SUS 431	S43120
1.4418	X4CrNiMo16-5-1	2387	-	-	-

Certifikat, provuttag

Standarden SS-EN 10204 reglerar innehållet i intyg (certifikat) för metalliska varor. Här följer en kort redogörelse över innebörden i olika typer av certifikat.

Identitetsintyg 2.1

Dokument i vilket tillverkaren, utan att ange typiska värden för till exempel kemisk analys och mekaniska egenskaper, intygar att de levererade varorna överensstämmer med bestämmelserna i beställningen.

Kvalitetsintyg 2.2

Dokument i vilket tillverkaren intygar att de levererade varorna överensstämmer med bestämmelserna i beställningen och i vilket lämnas typiska värden för till exempel kemisk analys och mekaniska egenskaper grundade på icke-specifik provning av liknande material.

Kontrollintyg 3.1 (tidigare 3.1.B)

Dokument som utfärdas av en från tillverkningsavdelningen oberoende kontrollavdelning och valideras av en av företaget auktoriserad representant som är oberoende av tillverkningen. I intyget försäkrar tillverkaren att levererade produkter överensstämmer med bestämmelserna i beställningen och anger provningsresultat från verklig provning i enlighet med gällande standard och på den charge och dimension som anges på intyget.

Kontrollintyg 3.2 (tidigare 3.1.C)

Dokument som utfärdas av en auktoriserad representant för köparen i enlighet med bestämmelserna i köpeavtalet, det vill säga kunden stipulerar vilka provningar som skall utföras. Detta är ett så kallat tredjepartsintyg där köparen begärt att en kontrollant från en angiven kontrollinstans antingen utför eller närvarar vid provning. Intyget, som ska valideras av representanter från såväl tillverkaren som kontrollinstans, försäkrar att levererade produkter överensstämmer med bestämmelserna i beställningen och anger provningsresultat.

I vissa fall kan en tillverkare ha fått ett godkännande från en viss kontrollinstans för att utfärda 3.2 certifikat i egen regi, det vill säga utan närvaro av kontrollant.

Det är tillåtet för en tillverkare att till ett eget kontrollintyg 3.1 eller 3.2 överföra relevanta provningsresultat från specifik kontroll utförd på inkommande produkter som vidareförädlas. Detta under förutsättning att spårbarhet upprätthålls och att motsvarande kontrollintyg på inkommande varor kan vid behov tillhandahållas. Ett exempel är vidareförädling av rostfri plåt till svetsade rör.

Lagring och överföring av intyg kan ske antingen elektronisk eller i pappersformat. Det är tillåtet att kopiera intyg så länge spårbarhet upprätthålls och att originalet finns tillgängligt om behov skulle uppstå.

Vilken information finns i dessa olika typer av intyg?

Kvalitetsintyg 2.2

Detta intyg innehåller riktanalys och eventuellt exempel på mekaniska egenskaper från liknande material.

Kontrollintyg 3.1

Rostfri plåt, stång, ämnesrör

Kemisk analys

Mekaniska egenskaper: sträckgräns ($R_{p0,2}$ och ofta även $R_{p1,0}$), brottgräns, förlängning till brott, eventuellt även hårdhet och areareduktion till brott (brottkontraktion). Slagseghet eller varmhållfasthet om dessa provningsoptioner har stipulerats vid beställning.

Resistens mot interkristallin korrosion (ej martensitiska stål).

Svetsade rör och hålprofiler

Kemisk analys, mekaniska egenskaper, resistens mot interkristallin korrosion som ovan.

Bekräftelse om godkänd provning avseende svetsens integritet (virvelströmsprovning, böjprovning, ringexpansions-test eller dyl.)

Svetsade rör enligt SS-EN 10217-7 och sömlösa rör enligt SS-EN 10216-5

Som svetsade rör och hålprofiler men kompletterad med bekräftelse om godkänd provning för trycktätet.

Kontrollintyg 3.2

Vad som skall redovisas i detta intyg är reglerat i köpeavtalet. I detta ska köparen specificera provningarna som ska göras och vilka provresultaten som ska redovisas på intyget. Dessutom måste tillverkaren ha i förväg bekräftat att de erforderliga provningarna är genomförbara.

Provuttag för provning av mekaniska egenskaper

Standarden som reglerar uttag och beredning av provmaterial och provstavar för mekanisk provning av stålprodukter är SS-EN ISO 377. För dragprovning används mestadels proportionella provstavar där referenslängden är fem gånger diameter, t ex diameter 10 mm med referenslängd 50 mm.

Plåtprodukter

För tunt gods med $T < 3$ mm används dragprovstavar med bredd 20 mm och referenslängd 80 mm (ej proportionella). Plåtens valsade ytor ska sammanfalla med provstavens. För $3 \leq T \leq 10$ mm ska platta proportionella provstavar med bredd högst 30 mm testas och där återigen plåtens ytor sammanfaller med provstavens.

För $T > 10$ mm används antingen platta proportionella provstavar med tjocklek 10 - 30 mm där åtminstone den ena ytan sammanfaller med plåtens, eller runda provstavar med diameter minst 5 mm vars axel ska helst ligga inom $T/6$ från plåtens yta.

Slagseghetsprovstavar skall i förekommande fall tas ut så att provstavens sida är 2 mm under plåtens yta och anvisningen vinkelrätt emot ytan.

Om plåtbredden är 300 mm eller större ska såväl drag- som slagprovstavar vara orienterade tvärs valsriktningen.

Stångprodukter

Rund-, fyrkant- och sexkantstång

För dimensioner D , T eller $N > 25$ - ≤ 160 mm är provkroppen för dragprovning (eller i förekommande fall slagprovning) uttagen i längdriktning så att provkroppens centrum är minst 12,5 mm in från ytan. För dimensioner ≤ 25 mm skall provkroppens centrum sammanfalla med stångens centrum. För sådana små dimensioner är det dessutom tillåtet att testa stången i full sektion utan att en provstav behöver tillverkas.

Avseende rundstång med $D > 160$ mm gäller tvärprov (såväl drag- som slagprov) med provkroppen uttagen så att avståndet från ytan till dess centrum är $D/6$.

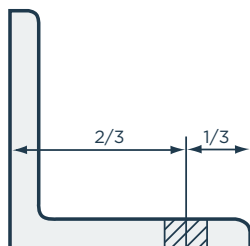
Plattstång

Om $T \leq 25$ mm tas provkroppen för såväl drag som slagprov så att dess centrum sammanfaller med stångens centrumlinje i B-led och avståndet till kortsidan är 12,5 mm. Om $T > 25$ mm tas provkroppen från ett hörn så att dess centrum ligger 12,5 mm in från de två sidorna som utgör hörnet.

För plattstång som kapats från plåt gäller egenskaper som certifierats för ursprungsplåten. Vid eventuell omprovning i stångformat är det provuttaget för plåt som gäller.

Vinkelstång

Skissen visar uttagsläget för provkroppen. För övrigt gäller samma regler som för plåt med samma tjocklek som flänsen.



Rörprodukter

Svetsade rör och hålsprofiler

Eftersom dessa produkter tillverkas från plåt genom formning och svetsning certifieras i regel samma mekaniska egenskaper som för ursprungsplåten. Dock om rören kallbearbetas efter svetsning måste en ny provning företas. I ett sådant fall testas antingen en provkropp som är en full rörsektion eller en provstav som innefattar en del av rörväggen och som tas ut i längdriktning. I det sistnämnda fallet SS-EN 10296-2 och 10217-7 stipulerar att tvärprov är att föredra om det är möjligt att ta ut ett sådant (stora dimensioner). Normalt är provning av en full sektion endast praktiskt möjlig för mindre rördimensioner.

Sömlösa ämnesrör

Om vägg tjockleken > 10 mm är det vanligast att en provstav maskinbearbetas från en sektion av röret som kapats i längsriktning. För dragprovning är det även tillåtet att testa en full rörsektion eller en del av rörväggen på samma vis som för svetsade rör. Av praktiska skäl är provning av en full sektion endast realistisk för mindre dimensioner.

Sömlösa rör för hydraulik

Vad avser Tibnors program med $D_y \leq 30$ mm och $T \leq 4$ mm är provkroppen uteslutande en full sektion av röret.

Viktigt att notera

För plåt och rörprodukter är godstjockleken högst 50 mm och mestadels betydligt mindre. Därmed kan de mekaniska egenskaperna som certifieras anses som representativa för hela tvärsnittet. Så är inte alltid fallet för stång och i synnerhet för grov rundstång där på grund av det ytliga läget för det standardiserade provuttaget kan mekaniska egenskaper i stångens centrum skilja sig något från de som redovisas på ett 3.1 eller 3.2 intyg. Detta gäller speciellt för stålsorter med högre hållfasthet såsom ferrit-austenitiska (duplexa) stål och martensitiska stål där skillnader i svalningshastighet mellan stångens yta och centrum i samband med värmebehandling leder till skillnader i mikrostruktur som i sin tur påverkar hållfasthet och hårdhet.

Tibnor förser industrin i Norden och Baltikum med stål och metaller. Vi är samlingspunkten för smartare lösningar, där vår kompetens och potential möter våra kunders och leverantörers. Tillsammans gör vi den nordiska industrin ännu starkare. Tibnor är ett dotterbolag till SSAB. Vi har 1000 anställda och finns i 7 länder. www.tibnor.se.

Tibnor AB
Box 600
169 26 Solna

Besöksadress:
Sundbybergsvägen 1

Telefon: 010-484 00 00
Fax 010-484 00 75
Email: info@tibnor.com

www.tibnor.se

