

Index - Teknisk information

1	Vad är rostfritt stål? What is Stainless Steel?	211-213 250-252
2	Legeringstillsatser The Alloying Elements of Stainless Steel	214-215 253-254
3	Användningsområden för rostfria standardlegeringar Applications of Common Stainless Steel Alloys	216-220 255-259
4	Korrosionsegenskaper Corrosion of Stainless Steel	221-225 260-264
5	Ferritiska rostfria stål Ferritic, Stainless Steel	226-232 265-271
6	Bearbetning The Manufacturing of Stainless Steel and how it affects the Corrosion Resistance	233-236 272-275
7	Kemisk ytbehandling Chemical Surface Treatment of Stainless Steel	237-239 276-278
8	Svetsmetoder Welding methods	240-244 279-283
9	Legeringstabell - Stålkvaliteter och deras kemiska sammansättning Table showing the most frequently used stainless steel grades and their chemical composition	245 284
	Legeringstabell - Stålkvaliteter och deras mekaniska egenskaper Table showing the most frequently used stainless steel grades and their mechanical qualities	246 285
10	Normöversikt	247-249

Kapitel 1: Vad är rostfritt stål?

Rostfritt stål är en stor grupp som har det gemensamt att merparten består av järn (Fe) och kromhalten (Cr) är 10-12 % eller över. Förutom krom och järn kan stålet innehålla många andra legeringstillsatser som alla har till syfte att förbättra antingen de mekaniska och/eller korrosionsmässiga egenskaperna i stålet.

Beskrivning och förklaring av de olika legeringstillsatserna finns i kapitel 2 - Legeringstillsatser.

Redan 1912 uppfanns EN 1.4003 som är lägst legerat, endast 10,5 % krom och resten järn. Året därpå i Tyskland upptäcktes nickellegeringens mekaniska egenskaper. 1920 upptäckte man att tillsättningen av små mängder molybden (Mo) ökade korrosionsbeständigheten enormt och det syrafasta stålet föddes.

De rostfria ståltyperna delas enligt sin kristall-struktur in i fem huvudgrupper:

Austenitiska, martensitiska, ferritiska, ferritisk-austenitiska (duplexa) och utskiljningshärdande (PH-legeringar).

Austenitiskt stål

Kännetecknas av hög kromhalt (Cr) och nickelhalt (Ni), låg kolhalt (C) och ofta en tillsats av molybden (Mo). Detta är den allra största och viktigaste gruppen av rostfritt stål, både det vanliga 18/8 och det "syrafasta" stålet hör hit. Normalt är det omagnetiskt, men blir svagt magnetiskt vid kallbearbetning.



Bland rostfritt stål, är det fortfarande kvaliteterna 4301 och 4404 som fyller större delen av världens lager.

Mekaniskt sett har austenitiska stål en lång "brottöjning", dvs. hög seghet.

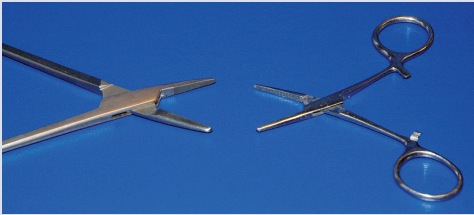
Austenitiska ståltyper är relativt mjuka och speciellt avsedda för plastisk formgivning, t.ex. dragpressning av diskbänkar. Jämfört med andra ståltyper kan det austenitiska sägas vara ett "tuggummistål". God formbarhet, svetsbarhet och korrosionsbeständighet gör att det fortfarande är den mest använda gruppen av stål i allt från rör och tankar till bestick och dörrhandtag.

Austenitiska stål blir, i motsats till ferritiska stål, inte spröda i låga temperaturer och har dessutom bättre egenskaper i mycket höga temperaturer. Austenitstål har generellt sett bra korrosionsbeständighet, men är känsliga för klorid-inducerad spänningskorrosion (SPK, se kapitel 4 - Korrosionsegenskaper). Därför är det inte alltid lämpligt för mycket värmeutsatta komponenter i våta miljöer.

Kapitel 1: Vad är rostfritt stål?

Martensitiskt stål

Typiskt innehåll är 12-16 % Cr, lågt Ni, innehåller sällan Mo och har en relativt hög kolhalt (C) på 0,12-1,2 %. Det går att härda till mer än 1000 HV. På grund av dess extrema hårdhet lämpar sig stålet speciellt för skärande verktyg, t.ex. kirurgiska instrument och kvalitetsknivar.



Kirurgiska instrument av martensitiskt rostfritt stål. De är hårdare och starkare än austenitiskt stål men har sämre korrosionsbeständighet.

Efter härdning kan martensitiska stål varken formas plastiskt eller svetsas. Vid svetsning eller annan värmebehandling mister stålet sin härdning. Martensitstålet är starkt magnetiskt och på grund av den låga Cr-halten och höga C-halt har det generellt sett dålig korrosionsbeständighet. Detta märks ofta på dyra köksknivar efter att de diskats i diskmaskinen.

Ferritiskt stål

Typiskt innehåll är 12-18 % Cr, lågt Ni, låg Mo och lågt C (0,12 % eller mindre). Ferritstål har liknande struktur som svart stål, men den låga kolhalten gör att det inte kan härdas.

Ferriter är starkt magnetiska och relativt mjuka men segheten är mindre än för austenitstål, särskilt vid mycket låga temperaturer. Ferritiska stål kan kallbearbetas, men inte i samma utsträckning som "tuggummistålet".



Ferritiskt rostfritt stål kan med fördel användas till produkter med tunt gods, stora materialomkostnader och enkel förärbetning. Denna kanna är i 4016 (AISI 430), ett ofta använt material inom catering. I övrigt ett utmärkt exempel på att man kan djupdra ferritiskt rostfritt stål.

Flera typer (t.ex. 4512, 4509 och 4521) är svetsbara, och de högre legerade kvaliteterna kan både betas, passiveras och elektropleras. De med lägst legeringshalt (t.ex. 4003) har relativt dålig korrosionsbeständighet (speciellt i syra), medan de med högre (t.ex. 4521) nästan ligger i nivå med syrafast stål, när det gäller punktfrätning och spaltkorrosion. Dessutom är det ferritiska stålet långt överlägsen det austenitiska när det gäller svår spänningskorrosion (SPK).

Till följd av låg nickelhalt är ferritiska stål relativt billiga och används allt oftare i föremål utan behov av austenitstålets goda formbarhet och svetsbarhet. Detta gör att världens konsumtion av ferritiska stål är starkt stigande. Stålet används främst när man önskar en vacker och/eller magnetisk yta, t.ex. kylskåpsdörrar samt sparkplåt och handtag till dörrar.

Kapitel 1: Vad är rostfritt stål?

Det ferritiska stålet lämpar sig mycket bra för med varma miljöer, bättre än både rostfritt och syrafast stål då det finns risk för SPK. Ferriter kan också möta ett behov av värmeledningsförmåga bättre än austeniter. Värmeutvidgningskoefficienten är samma som för svart stål, vilket är ca 2/3 av austeniskt stål.

Duplexstål

Tvåfasad blandstruktur med typiskt innehåll på 55 % ferrit och 45 % austenit. Hög kromhalt (Cr), medelhög nickelhalt (Ni), i regel lite molybden (Mo) samt låg kolhalt (C). Korrosionsbeständigheten är oftast mycket bra mot punktfrätning, spaltkorrosion och framför allt mot spänningskorrosion.

Mekaniskt sett är duplexstål magnetiska med en markant högre flytspänning än både i austenitiska och ferritiska stål. Detta innebär att duplexstål är lämpliga för stora konstruktioner där godstjockleken kan reduceras jämfört med austenitstål. Därmed får man ett mer korrosionsbeständigt stål och en lättare konstruktion, utan att höja priset.

Nackdelen är att mekanisk bearbetning försvåras samt att det föreligger en risk att intermetalliska faser (Cr-Mo, Cr-Fe) skapas under svetsprocessen. Denna risk stiger i takt med ökande halt av krom (Cr) och molybden (Mo) i stålet. De termiska utvidgnings- och värmeöverföringskoefficienterna för duplexstål ligger mellan ferrit- och austenitstålen, vilket innebär bättre värmeöverföring och mindre förlängning än för austenitstål.

Vid långvarig exponering i temperaturer mellan 400 och 500°C kan både ferritiska och duplexa stål bli spröda (475°C-sprödhet).

Utskiljningshärdande stål (precipitation hardening, PH)

Tvåfasat martensitiskt-austenitiskt höghållfast stål. Innehåller typiskt 15-17 % Cr, 4-8 % Ni, låg Mo och upp till 5 % koppar (Cu). Härdbart vid höga temperaturer genom utskiljningshärdning vilket gör PH-stålen starka men mindre korrosionsbeständiga. Vanligast är 15-5 PH och 17-4 PH. Stålen är inte speciellt vanliga men kan användas till exempelvis golfhuvud och kedjor.



Ett utmärkt användningsområde för den relativt sällsynta 17-4-PH-legeringen (15-5 PH, EN 1.4542). Både slagyta och huvud i denna driver är konstruerade av utskiljningshärdat rostfritt stål.

Krom, Cr

Den viktigaste legeringstillsatsen i alla rostfria ståltyper. En normal Cr-halt är 10-25 %. Stålets osynliga passiva ytskikt består främst av kromoxider, vilket generellt ökar stålets korrosionsbeständighet i de flesta miljöer. Med ökad kromhalt minskar risken för punktfrätning och spaltkorrosion. Passiveringen sker bäst under oxiderande förhållanden. Mekaniskt ökar brottstyrkan med stigande kromhalt och detsamma sker med värmebeständigheten. Glödska-bildningen minskar.

Molybden, Mo

Tillsatser på mellan 0,8 - 6,2 % förekommer. Ännu bättre än krom beträffande passivering och även små mängder molybden (Mo) förbättrar korrosionsbeständigheten avsevärt, speciellt i sura, syrefattiga miljöer. Motverkar alla korrosionstyper men är tyvärr en dyr legeringstillsats. Ferritbildande som i likhet med krom ökar stålets mekaniska styrka.

Nickel, Ni

Uppmjukande tillsats som ökar stålets seghet, speciellt i låga temperaturer. Ni-halten ligger normalt på 8-25 % i austenitstål, 4-7 % i duplexstål och max 2 % i ferrit/martensitstål. Stabiliserar austenitfasen och ökat innehåll av Cr och Mo medför krav på ökad Ni för att bibehålla den duktila austenit-strukturen. Ökar stålets beständighet mot allmän korrosion samt spänningskorrosion och medverkar till att exempelvis bromsa punktfrätningssprocessen efter initieringen. Dyr och prismässigt ostabil tillsats.

Kol (kolämne), C

Skadlig tillsats som i alla andra ståltyper än martensit bör hållas så lågt som möjligt. Normalt < 0,08 % och lågkolstål < 0,03 %. För martensitiska stål är C-halten normalt på 0,12-1,2 % – ju högre, desto mer hårdbart. C binder Cr, i synnerhet i temperaturområdet 500-850 °C (= sensibilisering) som kan leda till interkristallin korrosion. Detta är orsak till att man numer vanligtvis använder lågkolstålen EN 1.4306, 4307, 4404 och 4435. C är en stark austenitbildare, därför kompenseras det låga innehållet i de moderna ståltyperna med extra nickel för att strukturen ska bibehållas. Detta gäller i synnerhet för 4435.

Kväve (kvävgas), N

0-0,5 %. Förstärker passiviteten även i mycket små mängder. Besvärlig att tillföra i den smälta metallen. Används ofta i höglegerade austenitstål samt duplexstål. Den enda austenitbildaren som gynnar stålets passivitet och är särskilt effektiv mot punktfrätning och spaltkorrosion. Ökar "Pitting Resistance Equivalent" (PREN) med faktor 16.

Kisel, Si

Medföljer oftast som en förorening från stålverkens smältedeglar. Austenitbildare. Oftast under 1,0 %. Ingen större effekt på korrosionsbeständigheten vid normala koncentrationer.

En positiv legering i högtemperaturstål som 4828 och 4841.

Mangan, Mn

Förekommer liksom Si oftast som en förorening i stålet (< 2 %). Är viktig i högtemperaturstål som ex.v 4828 och 4841. I AISI 200-klassen (ex 4372) används Mn som ett billigt nickesubstitut och kan förekomma i koncentrationer över 7,5 %. Förbättrar stålets varmvalsningsegenskaper och verkar något förstärkande. Austenitbildare utan positiv påverkan av korrosionsbetingelserna. Binder svavel till ytterst skadlig mangan-sulfid (MnS).

Kapitel 2: Legeringstillsatser

Svavel, S

En oönskad förorening och ytterst skadlig för korrosionsbeständigheten. Normalt ligger S < 0,015 % (0,030 % för stång) men rostfritt automatstål (4305, AISI 303) innehåller 0,15–0,35 %. Bildar mangansulfider (MnS) som verkar spånbrytande och reducerar verktygslitage. Automatstål är därför mycket bättre i spånvskiljande bearbetning än "normala", sega austenitstål. Dessvärre är MnS en katastrof för korrosionsbeständigheten och svavellegerat automatstål 4305 har mycket sämre korrosionsbeständighet än vanligt 4301. Svavellegerade stål kan varken svetsas eller betas med bra resultat.

Fosfor, P

Liksom svavel en oönskad förorening, men inte fullt så katastrofal för korrosionsbeständigheten. Man försöker hålla nere fosforhalten till ett minimum (< 0,045 %) och oftast ännu lägre.

Koppar, Cu

0–2 %. Ökar korrosionsbeständigheten i sura, ej oxiderande miljöer (t.ex. svavelsyra) genom att accelerera väte-utvecklingen och därmed förändra mediet till mera oxiderande (= anodiskt skydd). 904L-stål innehåller 1,2–2 % Cu och är särskilt lämpligt för svavelsyra. Cu ökar brottstyrkan i PH-stålen.

Titan, Ti / Niob, Nb

Viktiga tillsatser som kan uppgå till 0,8 %. Både Ti och Nb binder kolämne vilket motverkar kolets skadliga effekt på austenitiska stål (sensibilisering och interkristallin korrosion). Effekten av att tillsätta Ti/Nb kan jämföras med att använda lågkolstål. 4541 samt 4571 kan i regel erättas med 4307 och 4404. Det är oftast en fråga om tradition, där tyskarna föredrar titanstabiliserade ståltyper medan de flesta andra använder lågkolstål. Mekanisk sett är Ti-Nb-stål marginellt starkare än lågkolstål men är i gengäld besvärligare att polera. Användning av Formiergas kan få svets-sömmen att bli gulaktig p.g.a. bildande av Ti-nitrider. I ferritiska stål (t.ex. 4512, 4509 och 4521) medverkar Ti och Nb till att stabilisera stålet samt göra det svetsbart.

Damstahls ståltyper

Nedan visas exempel på de vanligaste Damstahl-ståltyperna och deras användningsmöjligheter. Alla typer anges enligt EN-beteckning (gamla W.Nr.). De angivna AISI-numren är närmaste parallellnummer vilket inte är 100 % "mitt i prick". Översättningen bör därför tolkas som ungefärlig.

Ferritiska ståltyper:

EN 1.4003 / AISI 410

Enklaste tänkbara rostfria legeringen med ca 11 % krom och resten järn. Eftersom nickel och molybden saknas är det en relativt billig legering med begränsade korrosionsegenskaper. Prisbillig legering med god mekanisk hållfasthet som lätt kan både formas samt svetsas. Används för att ersätta galvat stål för inomhusbruk eller där vanligt svart stål inte är tillräckligt ändamålsenligt t.ex. busschassin. Kan också fås titanstabiliserat (EN 1.4512) för bättre svetsbarhet.

EN 1.4016 / AISI 430

15,5 % kromstål med god mekanisk hållfasthet och bättre korrosionsbeständighet än 4003. Med hänsyn till punktfrätning över/under vatten kan det ferritiska 16 % kromstålet nästan jämföras med det austenitiska 4301. Därtill har 4016 god beständighet för temperaturer upp till 800 °C, men kan inte svetsas utan efterföljande värmebehandling beroende på uppkomst av spröda, intermetalliska faser i och omkring svetsfogen. Är därför bäst till bandrespektive plåtprodukter och används mycket för t.ex. catering men kan också ersätta galvat stål för inomhusbruk.

EN 1.4113 / AISI 434

Molybdenlegerat (ca 1,0 %), ferritisk stål med god korrosionsbeständighet i kloridhaltiga miljöer. Närmast ett mellanting mellan 4301 och 4401, EN 1.4113 bör ej svetsas, stålet levereras därför oftast som plåt.

EN 1.4509 / AISI 441

Ferritiskt, 17 % kromstål, motsvarande Ti-Nb stabiliserat 4016-stål. Goda mekaniska och korrosionsrelaterade egenskaper och, i motsats till just 4016, dessutom svetsbar. 4509 är en av de mest intressanta kombinationerna av lågt pris och god korrosionsbeständighet. Inom några år förväntas 4509 ersätta 4301 inom många viktiga områden, till exempel catering, byggindustrin och värmeväxlare.

Både teori och praktik har visat att 4509 är jämförbart med 4301 vad gäller motstånd mot punktfrätning (kapitel 4 + 5). Till varma applikationer är de ferritiska stålen mycket bättre än sina austenitiska motsvarigheter, på grund av mycket mindre risk för SPK.

4509 har också en stor potential som en ersättning av galvaniserat stål, men är liksom alla andra ferritiska stål lättast att få som tunn plåt och tunnväggiga rör. För alla ferritiska stål måste stor vikt läggas vid val av tillsatsmaterial, svetsmetod, och svetsparametrar.

EN 1.4510 / AISI 439 (430Ti)

En Ti-stabiliserad och därmed svetsbar variant av 4016. 4510 är svetsbar men samtidigt marginellt mindre korrosionsbeständig än 4509 vilket medför dålig lagerhållning och används därför sällan.

Kapitel 3: Användningsområden för rostfria standardlegeringar

EN 1.4512 / AISI 409

Med bara 11 % Cr är detta det sämsta Ti/Nb-stabiliserande svetsbara stålet. Dålig korrosionsbeständighet men både svetsbart, billigt och pristabilit. Kan i vissa fall ersätta galvat stål för inomhusbruk. Ferritens goda härdighet mot spänningskorrosion gör den bäst lämpad till plåtprodukter för varma applikationer.

EN 1.4521 / AISI 444

Tillsammans med 4509 är den "syrafasta ferriten" 4521 ett av framtidens intressantaste svetsbara ferritiska stål. Både Ti- samt Nb-stabiliserat och utöver en hög, mekanisk hållfasthet karakteriserat som nära "syrafast" med 17,0-20,0 % Cr jämte 1,80-2,50 % Mo.

4521 har visat sig vara i nivå med 4404 vad gäller motstånd mot punktfrätning, och är klart överlägsen 4301 i alla kloridhaltiga miljöer. Som övriga ferritiska stål är 4521 också överlägsen austenitstål i varma tillämpningar (+60 °C), när problemet är kloridinducerad spänningskorrosion (SPK). 4521 är därför bättre än vanligt rostfritt 4301 i kloridhaltig miljö samt till och med utmärkt i många föremål, där man i normalt skulle ha använt de syrafasta kvaliteterna 4404 eller 4571.

Nackdelen med 4521 är, utöver eventuella problem med svetsmetod, att produktutbudet är mindre än för 4404. Liksom de flesta andra ferritiska stålen är tillgängligheten begränsad till tunn plåt samt tunnväggiga runda och profilerade rör.

EN 1.4526 / (AISI 436)

Niob-stabiliserat stål med 17 % Cr och 1,25 % Mo vilket placerar detta mittemellan 4301 och 4404 med hänsyn till beständighet mot punktkorrosion. Bra korrosionsegenskaper i både salthaltig atmosfär och industriluft. I likhet med andra ferritiska stål opåverkad av kloridinducerad spänningskorrosion. Därför lämplig för varma applikationer där 4301 och 4404 inte kan användas. Kan formas och motståndsvetsas utan efterföljande värmebehandling.

Martensitiska typer:

EN 1.4057 / AISI 431

Härdbart, 16 % kromstål med en (efter martensitisk mätstock) god korrosionsbeständighet. Används i stor utsträckning för skärande verktyg (bl.a. knivblad) och kirurgiska instrument. Förekommer mest i form av stångstål.



Martensitiskt, rostfritt stål är särskilt lämpligt för t.ex. skärande verktyg och används ofta till högkvalitetsknivar. Bladet på denna Gense-kniv, är av martensitiska 4057 medan skaftet är av det mer korrosionsbeständiga 4301.

EN 1.4104 / (AISI 430F)

Martensitiskt automatstål med hög S-halt med tanke på spånavskiljande bearbetning. Kan också användas där man önskar ett magnetiskt stål med spånbrytande egenskaper.

Austenitiska ståltyper:

EN 1.4301 / AISI 304

Det klassiska 18/8-standardstålet och fortfarande det viktigaste, rostfria konstruktionsmaterialet för allt från köksbänkar och gafflar till mejerier och slakteriutrustning. Duktigt/seg, svetsbart och rimligt korrosionsbeständigt i normala miljöer.

Korrosionsbeständigheten i kloridhaltig miljö är dock dålig, speciellt vid förhöjd temperatur. På grund av "kloridrisken" bör 4301 därför inte användas i havsnära miljö eller i stads- och industrimiljö. Vid temperaturer över 60 °C (och ibland under) är SPK en allvarlig risk (kapitel 4). I många fall kan korrosionsproblemet lösas genom en upgradering till den mer korrosionsbeständiga (och "syrafasta") 4404. Alternativt bör ännu högre legerade material beaktas.

EN 1.4305 / AISI 303

Svavellegerat 18/8-stål med utmärkta, spånavskiljande egenskaper p.g.a. bildningen av mangansulfider (kapitel 2). Levereras endast som stång och tråd för spånavskiljande bearbetning, men kan varken svetsas eller betas. Sämre korrosionsbeständighet i nästan alla miljöer i jämförelse med vanligt 18/8-stål (4301) och bör därför användas med förnuft.

EN 1.4306 / AISI 304L

Lågkolsvariant av 4301-stål. C 0,03% för att motverka risken för sensibilisering och efterföljande interkristallin korrosion (kapitel 2 + 4). Den teoretiska nackdelen är en marginellt lägre mekanisk hållfasthet. Nickelhalten är relativt hög i (10-12 %) och är därför lätt "överaustenitisk", vilket ger en mindre tendens till deformationshärdning och därmed goda egenskaper vid till exempel sträckformning. Nackdelen är högre pris på grund av det höga nickelinnehållet vilket i sin tur gör materialet sållsynt och svårt att få tag på.

EN 1.4307 / AISI 304L

Standard lågkolsvarianten av 4301, men med Ni (8-10,5 %), vilket motsvarar nivån på 4301. 4307 är således identisk med 4301 förutom att den övre gränsen för kol är lägre (0,03 %), vilket helt klart är att föredra vid svetsning i synnerhet av tjocka strukturer (kapitel 2 + 4). Med dess lägre Ni är 4307 både billigare och "mindre austenitisk" än hög-nickelstålet 4306. Spår av deformationsmartensit och/eller ferrit kan få stålet att bete sig lite magnetiskt efter bearbetning, bockning och pressning.

EN 1.4310 / AISI 301 / 302

"18/8 Classic". En äldre variant av 4301 som kännetecknas av en mycket hög kolhalt. 4310 används när man vill uppnå högre brottgräns. Man får även ett stål med bättre hållfasthet vid högra temperaturer. Nackdelen är dålig svetsbarhet och ökad risk för interkristallin korrosion. Vanliga produkter är fjäderband och -tråd.

EN 1.4401 / AISI 316

Standard "syrafast" stål. Mekaniskt nästan jämställt med 18/8-stål/4301 men med en Mo-halt på 2,0-2,5 % som ger en markant bättre korrosionsbeständighet. Borde i realiteten ersätta 4301-stål på många ställen. Att så inte sker, bör tillskrivas en våldsamt prisutveckling på nickel och merkostnaden för dyrt molybden. Ofta dubbelklassad som 4404/316L max 0,03% kol.

EN 1.4404 / AISI 316L

Lågkolhaltigt, syrafast stål och ett standardmaterial för hela den farmaceutiska industrin. 4404-stålet är godkänt av Food and Drug Administration (FDA) och det mest tillämpade konstruktionsmaterialet där 4301/4307 korrosionsmässigt inte räcker till. Damstahls mest sålda och lagerlagda syrafasta stål. Lätt att få tag på i alla möjliga och omöjliga dimensioner, inklusive en stor andel av rördelsortimentet.

Kapitel 3: Användningsområden för rostfria standardlegeringar

EN 1.4418

Relativt låglegerat "syrafast" stål, vilket endast levereras som stångstål. 4418 innehåller endast 15-17 % Cr, 1 % Mo och 4-6 % Ni vilket gör stålet flerfasat (huvudfas austenit, få procent ferrit) och därmed mekaniskt starkt. 4418 används offshore till t.ex. hydraulstänger, ofta belagt med hårdkrom med hänsyn till slitstyrkan.



De austenitiska stålens stora töjning (> 45 %) gör att de är mycket duktila och lätta att forma. Dessa pressade kragar är tillverkade av 4404.

EN 1.4432 / AISI 316L

Utvecklat för den svenska och finska pappersindustrin och nästan identiskt med 4435, men med marginellt lägre Cr-halt och något lägre Ni-halt. Med hela 2,5-3,0 % Mo är 4432-stålet därmed mer korrosionsbeständigt än "normala", syrafasta stål men också något dyrare. Utbudet av dimensioner och leveransformer mindre än 4404.

EN 1.4435 / AISI 316L

Lågkolsvariant av 4436-stål och därför ett höglegerat alternativ till 4404. Liksom 4436 ger hög Mo-halt en motsvarande förbättring av korrosionsbeständigheten. Nackdelen är den mycket höga nickelhalten som ger ett högt pris. Det mest korrosionsbeständiga av de syrafasta standardstålen. Begränsat utbud och lagerhållning.

EN 1.4436 / AISI 316

Höglegerat, "syrafast" stål med 2,5-3,0 % Mo mot 2,0-2,5 i normalt 4401/4404. Ökad Mo ger en liten förbättring av korrosionsegenskaperna, men dessvärre också ett högre pris, både p.g.a. den extra Mo-halten och i synnerhet den ökade Ni-halten som behövs för att bibehålla austenitstrukturen. Begränsat utbud och lagerhållning.

EN 1.4539 / "904L"

Med 20 % Cr, 25 % Ni och 4,5 % Mo ett synnerligen korrosionsbeständigt stål. Från början utvecklat för stark svavelsyra, vilket förklarar de 25 % Ni och 1,2 % Cu. 4539 är en överaustenitisk legering med utmärkt korrosionsbeständighet långt över alla korrosionsformer i nästan alla miljöer men är förhållandevis dyr på grund av det höga nickelinnehållet. Observera att AISI 904L inte är en officiell norm utan bara en benämning.

EN 1.4541 / AISI 321

Titanstabiliserat 18/8-stål. Titan binder kol (kapitel 2 + 4) och stålet är därför mer svetsbart än 4301, speciellt för tjocka gods. Med hänsyn till korrosion och svetsbarhet motsvarar det 4307 och används ofta traditionellt i synnerhet i Tyskland för liknande ändamål. Den ända skillnaden är att 4541 är mekaniskt starkare samt svårare att polera p.g.a. de hårda titankarbiderna vilket kan ge gulaktiga svetsar med Formiergas, till exempel Formiergas. 4550 (AISI 347) är den nioblegerade 18/8 med motsvarande egenskaper.

EN 1.4571 / (AISI 316Ti)

Den syrafasta motsvarigheten till 4541-stål och det vanligaste syrafasta konstruktionsmaterialet inom den tyska industrin. Användningen av titanstabiliserat stål i stället för lågkolstål 4404 beror på tradition. Både 4541 och 4571 har också en viss hållfasthetsrelaterad fördel. Vid högra temperaturer är hållfastheten markant bättre. Titanstabiliserade stål kan vara svårare att polera och ge gulaktiga svetsar med Formiergas. I de flesta fall kan man utan problem ändra från 4404 till 4571 och omvänt. Den marginella skillnaden mellan 4571 och 4404 är samma som mellan 4541 och 4307 (se ovan) Observera att AISI 316Ti inte är en officiell norm utan bara en benämning.

Värmebeständiga, austenitiska stål:

EN 1.4828 / AISI 309

Det lägsta legerade högtemperaturstålet. Mycket likt 4301 med den viktiga skillnaden att 4828 innehåller 1,5-2,5 % kisel (Si) vilket ger en bättre och mer värmebeständig legering som motverkar bildandet av glödska. Används ofta till pannor och ugnar, där det är risk för temperaturer upp mot 800-1000°C.

EN 1.4841 / AISI 314

Mycket höglegerat stål som innehåller 24-26 % Cr och 19-22 % Ni. Är mycket likt 4828 i egenskaperna men har ännu bättre mekaniska egenskaper och motståndskraft mot korrosion och skalning. Nackdelen är den höga nickhalten vilket gör stålet dyrt och prismässigt instabilt.

Duplexstål:

EN 1.4460 / AISI 329

På många sätt det ursprungliga duplexstålet och det enda som klassificeras enligt det gamla AISI-systemet. Med 25-28 % Cr, 1,30-2,0 % Mo, 4,5-6,5 % Ni är strukturen på 4460 mer än 50 % ferritiskt (resten är austenitiskt), vilket ger ett mekaniskt starkt och hårt stål. Finns endast som stång och används vanligen till axlar.

EN 1.4462 / "2205"

Med 22 % Cr, 5 % Ni och 2,5 % Mo är 4462 det mest använda duplexstålet. God svetsbarhet och hög, mekanisk hållfasthet tillsammans med mycket god korrosionsbeständighet. Ett par klasser bättre än "syrafast" i nästan alla medier, särskilt i varma förhållanden, där spänningskorrosion är ett problem. Nackdelen är dels ökade utgifter för bearbetning, både formning och svetsning, dels ett begränsat utbud av produkter. Finns även som rör och rördelar, främst i ASTM-dimensioner.

Utskilningshärdande stål (precipitation hardening, PH):

EN 1.4542 / -

Tvåfasat martensitiskt-austenitiskt höghållfast stål, ett ovanligt stål från en udda grupp. Innehåller typiskt 14-17 % Cr, 4-8 % Ni, låg Mo och upp till 5 % koppar (Cu). Härdbart vid höga temperaturer genom utskilningshärdning vilket gör PH-stålen starka men mindre korrosionsbeständiga. Vanligast är 15-5 PH och 17-4 PH.

Med 14-17 % Cr har 4542 vanligtvis en korrosionsbeständighet, som ligger mellan martensitiskt knivstål och austenitiskt 4301. En extralegering av 3 % Cu gör stål härdbart med hjälp av uppvärmning även om den maximala hårdheten är lägre än för martensiterna. Stålen är inte speciellt vanliga men används till kedjor och golfhuvud, till exempel Callaway Big Bertha eller Ping G10.

Kapitel 4: Korrosionsegenskaper

Rostfritt stål är ett korrosionsmässigt sett genialt material. God korrosionsbeständighet kombinerat med ett rimligt pris har gjort rostfritt stål till den mest använda materialgruppen inom "kritiska" användningsområden såsom inom livsmedels- och läkemedelsutrustning, papper/massa- och kemisk industri.

Det rostfria stålets normalt goda korrosionsbeständighet skapas med en ultratunn oxidfilm av framför allt krom och järn. Denna film är endast några få nanometer tjock och helt osynlig, men är inte desto mindre så tät och hållfast, att stålet effektivt "isolerar" från den omgivande miljön. Skulle det hända, att det blir ett hål i den skyddande oxidfilmen, återskapas den snabbt av sig själv, varmed stålet återigen är skyddat.

Dessvärre går det inte alltid som prästen predikar. I olyckliga fall kan oxidfilmen brytas ned utan att den återskapas och resultatet kan bli allvarliga korrosionsangrepp. När korrosionen väl börjat, kan man få uppleva en synnerligen snabb genomfrätning och användningen av rostfritt stål blir därför ofta ett slags antingen/eller-situation, där skillnaden mellan de två ytterligheterna kan vara nog så liten. Om man kan hindra korrosionen att börja har man i det närmaste fått ett evighetsmaterial. Ifall inte, ger det mycket snabbt upphov till allvarlig korrosion och utrustningens livslängd kan bli ohyggligt kort.

De korrosionstyper som i normalfall angriper rostfritt stål är:

Allmän korrosion

Kallas även syrakorrosion (acid corrosion, abtragenden Korrosion) då det är en korrosionstyp som oftast finns i mycket sura medier. I motsats till alla andra korrosions-typer kännetecknas allmän korrosion av att hela ytan korroderar. Materialförlusten uttryckt i gram per kvadratmeter blir därför stor medan hastigheten för genomfrätning ofta är långsam.

Allmän korrosion uppstår vanligtvis i mycket sura eller, mer ovanligt, i mycket alkaliska miljöer. Typiska ämnen är svavelsyra, fosforsyra och liknande. Förutom syratyp respektive -styrka är korrosionshastigheten särskilt beroende av temperaturen och mängden föroreningar (speciellt klorider). Helt generellt stiger korrosions-hastigheten med stigande temperatur och ökande kloridkoncentration.

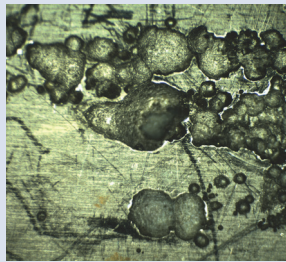
Austenitiska rostfria stål är de mest motståndskraftiga, i synnerhet stål med hög halt av nickel och molybden. Ferritiska och särskilt martensitiska stål är normalt olämpliga för starka syror.



Rostfri bult, 4301, med korrosionsangrepp efter tre månader i betsyra (salpetersyra-fluorvätesyra). Observera att korrosionen är jämnt fördelad över ytan och att mängden förlorad metall är ganska hög. Trots de imponerande materiella förlusterna har ännu inte genomfrätning skett.

Punktfrätning och spaltkorrosion

Punktfrätning (pitting corrosion, Lochfraß-Korrosion, punktfrätning) är en korrosionstyp som skapas via lokal nedbrytning av den skyddande oxidfilmen. Vid tillräckligt stark miljöpåverkan återskapas inte oxidfilmen som den brukar och korrosionen tar fart. Punktfrätning är det perfekta exemplet på en antingen-eller korrosionstyp och resulterar ofta i mycket snabb genomfrätning.



Rostrfritt 430i-platta efter några dagar nersänkt i en blandning av salt (NaCl) och väte-peroxid (hydrogenperoxid, H₂O₂). Medan 99 % av stålets yta förblir intakt uppstår det ändå allvarliga korrosionsangrepp på ett fåtal ställen. Bilden till höger är en mikroskopförstoring av det mest angripna området.

Spaltkorrosion (crevice corrosion) påminner mycket om punktfrätning, men förekommer i spalter, porer och andra ställen, där ringa eller inget vätskeutbyte sker. Jämfört med de "fria ytorna" är risken för korrosion i eventuella spalter alltid högre, varför man måste konstruera sin anläggning så att spalter (svetsfel, porer, krympningar) såvitt möjligt kan undvikas. En gammal tumregel säger, att man riskerar spaltkorrosion vid en temperatur som är 20-25 °C lägre än temperaturen för punktfrätning (= kritisk pitting-temperatur, CPT). I så fall bör man välja ett mer korrosionsbeständigt stål.

Risken för både punktfrätning och spaltkorrosion ökar kraftigt med

- Stigande temperatur
- Ökande kloridkoncentration
- Koncentration av oxidanter
- Lågt pH-värde (sura förhållanden)

Ett högt alkaliskt pH-värde har en hämmande effekt. I stålet är det halten av krom (Cr), molybden (Mo) och kväve (N) som påverkar beständigheten mot punktfrätning, medan nickel har en mindre effekt.

Icke-metalliska orenheter som svavel (S) och fosfor (P) sänker korrosionsmotståndet drastiskt.

Baserat på hundratals praktiska experiment kan stålets motståndskraft mot punktfrätning beskrivas i termer av en formel, Pitting Resistance Equivalent (PREN):

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3.3 \times \% \text{Mo} + 16 \times \% \text{N}$$

Kapitel 4: Korrosionsegenskaper

Erfarenhetsmässigt kommer två ståltyper med samma PREN-värde ha liknande resistens mot punktfrätning. Ju högre PREN desto bättre, och det är värt att notera att det i princip inte spelar någon roll om man lägger till 1 % Mo eller 3,3 % Cr. Det är ökningen i PREN som är avgörande.

Som regel är korrosionen värst, när stålet helt sänkts ner i mediet, men redan ovanför vattenlinjen kan saltvattenstänk räcka för att skapa ytlig punktfrätning, även om sådana angrepp sällan leder till verklig funktionsförsämring. Korrosion ovanför vattenlinjen är i regel "bara" av kosmetisk karaktär, men den kan såklart också vara irriterande, när det är fråga om en dyr, rostfri brevlåda eller fasaden på ett operahus.

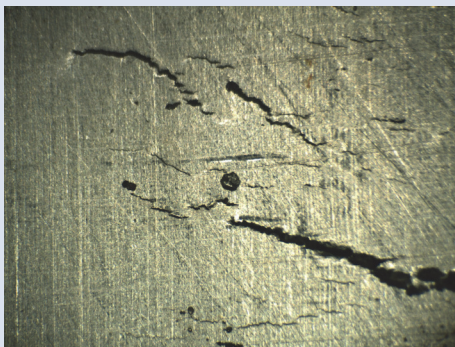
Spänningskorrosion

Spänningskorrosion (SPK, stress corrosion cracking, Spänningsrißkorrosion) är en korrosionstyp som yttrar sig i lokala sprickbildningar och en extremt snabb genomfrätning även i tjockt gods. Att det kallas "spänningskorrosion" hänger ihop med att korrosionen uppstår i områden med inre dragspänningar dvs. ställen där metallen blivit "indragen". Detta kan inträffa vid de flesta typer av mekanisk bearbetning som svetsning, formning, slipning mm.

Risken för SPK ökar avsevärt med:

- Stigande temperatur
- Ökande kloridhalt
- Lågt pH-värde
- Indunstning

Av dessa är temperaturen den enskilt viktigaste faktorn, SPK är mer beroende av temperaturen än någon annan korrosionsform.



Vänster:

Spänningskorrosionssprickor i en mjölktank av 4301. Den längsta sprickan (överst tv.) är ca 15 mm lång. Korrosionen är orsakad av desinfektionsmedel vid hög temperatur.

Höger:

Mikroslip genom SPK-sprickor i en 4301 destillationskolonn. Sprickorna har orsakats av att kloridhaltigt vatten stannat kvar i "fickan". Driftstemperatur 60-70 °C.

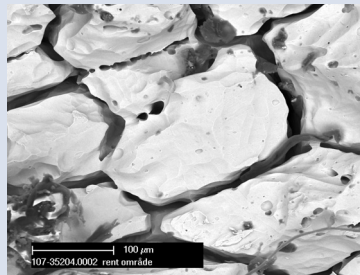
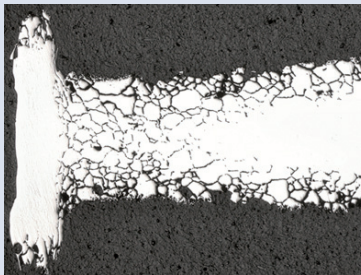
SPK är en korrosionsform som nästan uteslutande angriper de lägst legerade austenitiska stålen, till exempel 4301-klassen. Normalt säger man att 4301 är i riskzonen vid en temperatur på 60-70 °C men i praktiken händer det att 4301 angrips av SPK vid mycket lägre temperaturer, redan vid rumstemperatur. Tack vare Mo- och Ni-halten är den syrafasta 4404-klassen något mer motståndskraftig mot SPK och den rekommenderade temperaturgränsen ligger runt 100-110 °C. Inte heller denna gräns är säker och det har förekommit SPK redan vid 30-40 °C.

Ferritiska och duplexstål är mycket mindre känsliga för SPK än de austenitiska. Om SPK är den primära korrosionsrisken är det bättre att använda 4509 istället för 4301 eller 4404.

Interkristallin korrosion

Interkristallin korrosion (intergranular corrosion, interkristallin Korrosion) är en korrosionstyp som uppstår av kromkarbidbildning i stålets korngränsoverflätor. Vid uppvärmning till temperaturer i området 500-850 °C binder kolämnen det korrosionshämmande kromet och korrosion uppstår utmed stålets korngränser.

Det kan jämföras med att lösa upp murbruket mellan tegelstenarna i ett hus.



Mikroslipe (vänster) och SEM-fotografi (höger) på interkristallin korrosion av austenitiskt 4307-stål. Uppkomsten av sensibilisering och sedan interkristallin korrosion i lågkolstål beror på att stålet har utsatts för en uppvärmning i närheten av en kolkälla (olja). Under uppvärmningen sönderdelas oljan och kolet sprids in längs korngränser och det användbara kromet har blivit bundet. Därmed är fälten bredvid korngränserna försvagade (sensibilisering) och genom exponering i ett korrosivt media upplöses dessa svaga zoner.

Risken för interkristallin korrosion ökar avsevärt med stålets kolhalt (kapitel 2). Interkristallin korrosion är den främsta orsaken till att man så långt det är möjligt bör välja stål med låg kolhalt (t.ex. 4306, 4307, 4404 eller 4435) eller titanstabiliserade stål (4541 och 4571). Detta är särskilt viktigt när det gäller grövre godstjocklekar där värme-påverkan består en längre tid.

Tack vare stålverkens möjlighet att sänka kolhalten i stål är sensibilisering och efterföljande interkristallin korrosion ett ganska sällsynt fenomen i våra dagar.

Kapitel 4: Korrosionsegenskaper

Tid

För alla korrosionsformer är tiden en viktig faktor. Långtidsexponering är alltid värre än korttidsexponering. Ofta klarar stålet en mycket aggressiv miljö om kontakttiden är ultrakort. Desinfektion av en rostfri tank är ett bra exempel på kort kontakttid med ett aggressivt medel, för lång tid kan bli ödesdigert.

Ännu tydligare kan man se det vid korrosion över vattenlinjen. Rostfria byggnadskonstruktioner bör byggas så att regnvatten regelbundet kan skölja av saltpartiklar från ytan. I annat fall riskerar man skador, alltifrån ytliga kosmetiska punktfretningar till katastrofal spänningskorrosion vid förhöjd temperatur.

Nästan all tillgänglig korrosionsdata är baserad på långtidsexponering. Om kontakttiden är kort finns möjlighet till bättre värden än i tabellerna.

Kapitel 5: Ferritiska, rostfria stål

För bara några år sedan var de nickelfria, ferritiska, rostfria stålen något man kunde skratta åt. Dålig korrosionsbeständighet, svetsbarhet och rudimentära mekaniska egenskaper var inte tillräckligt för att kompensera det lägre priset. Ferritiska rostfria stål har oftast tidigare används till enkla och billiga konstruktioner.

De senare årens kraftiga öknings (och fluktuationer) i nickelpriset har märkbart ändrat synen på detta. Bara inom loppet av 2006 och 2007 steg nickelpriset från 15 000 till 55 000 \$/ton för att därefter falla till runt 10 000 \$/ton. På grund av sitt höga pris är nickel den prisbestämmande legeringsfaktorn i vanligt rostfritt stål och långt mer än huvudandelen av legeringstillsatsen för ett 4301-stål (= AISI 304) utgörs av just nickel. Nickel är kort sagt kraftigt fördyrande för det rostfria stålet och dessutom prismässigt ostabilt. Mycket skulle därför vara vunnet, om man kunde avstå från dyrt nickel och ändå uppnå en god korrosionsbeständighet. Och det kan man som väl är!

I de flesta korrosionsförhållanden är krom (Cr) och molybden (Mo) de mest fördelaktiga legeringstillsatserna, medan nickel (Ni) är en specialtillsats för att stabilisera austenitfasen. Genom att minska på Ni-halten och bibehålla Cr och Mo utvinns ett stål med utmärkt korrosionsbeständighet och väsentligt lägre pris. Det är i realiteten "hemligheten" med de ferritiska, rostfria stålen. Hög Cr-halt, eventuell Mo-tillsats och låg Ni-halt eller inget Ni alls.

Tabellen nedan anger legeringssammansättningen för en serie vanliga rostfria stål. Den är ett utdrag av tabellen längst bak i katalogen. Observera att nickelhalten för alla de ferritiska stålen (de översta fem) är mycket lågt medan de austenitiska (de nedersta fem) innehåller minst 8,00 %.

EN 1.-	Struktur	% C	% Cr	% N	% Mo	Övrigt	AISI	SS
4003	Ferrit	≤ 0,08	10,5-12,5	0,30-1,00	-	N ≤ 0,030	410S	-
4016	Ferrit	≤ 0,03	16,0-18,0	-	-	-	430	2320
4509	Ferrit	≤ 0,030	17,5-18,5	-	-	Ti 0,10-0,60; Nb 3xC+0,30 - 1,00	441	-
4512	Ferrit	≤ 0,03	10,5-12,5	-	-	Ti 6x(C+N) - 0,65	409	-
4521	Ferrit	≤ 0,025	17,0-20,0	-	1,80-2,50	N ≤ 0,030; Ti 4(C+N)+0,15 - 0,80	444	2326
4301	Austenit	≤ 0,07	17,5-19,5	8,00-10,5	-	N ≤ 0,11	304	2333
4306	Austenit	≤ 0,030	18,0-20,0	10,0-12,0	-	N ≤ 0,11	304L	2352
4307	Austenit	≤ 0,030	17,5-19,5	8,00-10,5	-	N ≤ 0,11	304L	-
4404	Austenit	≤ 0,07	16,5-18,5	10,0-13,0	2,00-2,50	N ≤ 0,11	316	2347
4404	Austenit	≤ 0,030	16,5-18,5	10,0-13,0	2,00-2,50	N ≤ 0,11	316L	2348

P.g.a. de ferritiska stålets gynnsamma förhållande mellan pris och korrosionsbeständighet har bruket av ferritiska stål närmast exploderat. Under år 2006 var 27 % av världstonnaget på rostfritt stål ferritiskt och martensitiskt, och det förväntas växa till hela 47 % under 2010.

Aktuella tal för Skandinavien är 15 respektive 25 %. En något lägre nivå, vilket beror på att vi på våra breddgrader inte har samma koncentration av stora bilfabriker som t.ex. Frankrike och Tyskland. Just bilfabrikerna är stor-konsumenterna av låglegerade rostfria stål men även storkök, restauranger och andra lämpliga segment utgör en stor marknad för ferritiskt stål.

Kapitel 5: Ferritiska, rostfria stål

Korrosionsegenskaper, punktfrätning

I de flesta fall beror beständigheten mot lokal korrosion (punktfrätning + spaltkorrosion) av stålets innehåll av Cr och Mo, och historiskt sett är detta förklaringen till ferriternas låga popularitet. Dåtidens ferritiska stål innehöll nämligen bara omkring 12 % Cr och inget Mo, vilket inte var tillräckligt för att säkra en god korrosionsbeständighet. Detta har lyckligtvis ändrat sig radikalt och dagens ferriter kan konkurrera med både vanligt rostfritt och syrafast, när det gäller Cr och Mo, och därmed korrosionsbeständighet.

Punktfrätning (pitting corrosion) är en av de mest destruktiva korrosionsformerna. Stålets beständighet mot punktfrätning kan uttryckas i form av en Pitting Resistance Equivalent (PREN, kapitel 4).

Erfarenhetsmässigt har två stålsorter med samma PREN tal samma beständighet mot punktfrätning. I tabellen kan man se att 4301 (AISI 304) har en PREN på 17,5 vilket är exakt samma som det ferritiska 4509 har vilket gör att dessa bör ha samma beständighet mot punktfrätning. Denna tes bekräftades i oktober-november 2008 under elektrokemiska försöksstudier vid Danmarks tekniska universitet, DTU.

Motsvarande förhållande gäller för ferritiska 4521 (PREN 22,9) som ligger jämställt med det austeniska 4404 (AISI 316L, PREN 23,1), vilket också bekräftades under DTUs elektrokemiska forskning. Faktum är att 4521 klarade sig märkbart bättre än 4404. Man kan därför ersätta mycket av världens 4301 med ferritiskt 4509 eller till och med det syrafasta 4404 med 4521. I båda fallen med en gedigen besparing som följd utan att behöva offra resistensen mot punktfrätning.

Emellertid är det många andra korrosionsfaktorer att ta hänsyn till än punktfrätningensinitiering. Helst ska man välja ett rostfritt stål där korrosionen aldrig startar (initieras) men om olyckan ändå är framme, fortlöper korrosionen snabbare i ferritiska stål än i austenitiska. Detta är bara ännu ett argument för att välja sitt stål med omtanke. Man ska helt enkelt välja ett stål där korrosionen aldrig startar i den aktuella miljön, alltså ett stål med tillräckligt högt PREN.

Spänningskorrosion

Spänningskorrosion (SPK) är en korrosionstyp som ger förödande sprickbildningar och som uppstår som en kombination mellan mekaniska spänningar och ett korrosivt (oftast kloridhaltigt) media. SPK angriper framförallt austenitiskt 4301 och 4401/04-stål.

SPK uppstår för 4301-stål vanligtvis vid temperaturer på 50-60 °C och däröver, medan syrafast 4404/04-stål är mer beständigt och angrips först vid temperaturer över 100-110 °C. Detta gör i verkligheten många austenitiska stål olämpliga för flera tekniska tillämpningar, allt från reaktorer och destillationskolonner till värmeväxlare, indunstare och torkutrustningar.

De ferritiska stålen har en mycket stor fördel av att de inte angrips av kloridbetingad SPK. De kan med fördel användas på många ställen där SPK är den livslängdsbegränsande korrosionstypen och där 4301- respektive 4404/04-stål därför inte ska användas.

Allmän korrosion

Allmän korrosion är en korrosionstyp som oftast uppstår i stark syra eller stark bas, och i sådan miljö är austenitiska stål generellt aningen bättre än ferritiska motsvarigheter. För bruk i medier med extrema pH-värden är de traditionella, austenitiska, rostfria stålen därför normalt att föredra.

Det bör nämnas, att olika typer av passiva rostfria stål normalt kan förenas utan risk för galvanisk reaktion mellan olikartade legeringar, förutsatt att miljön är så pass lämpad att det inte kan uppstå korrosion i de enskilda ståltyperna. Det bör följaktligen (normalt) inte förekomma korrosionsproblem med att förena t.ex. 4301 och 4509.

Mekaniska egenskaper

Mekaniskt sett är det en del skillnader mellan de nya ferritiska stålen och de traditionella austenitiska. Mätt i HRC, Rp 0,2 eller Rm ligger de ferritiska stålen någorlunda i linje med de austenitiska, men bemärk att sträckgränsen (Rp 0,2) generellt är lite högre för ferriterna medan brottgränsen, Rm, är lite lägre. Ferritiska stål går på många sätt att jämföra med höghållfasta kolstål.

Å andra sidan är det stora skillnader angående brottförlängningen. Brottförlängningen för ett 4301- eller 4404-stål ligger normalt på 45 % eller däröver, vilket betyder att dessa stål kan sträckas relativt långt innan de går av. Brottförlängningen för de ferritiska, rostfria kvaliteterna ligger något lägre (minimum 18–20 %), vilket gör ferritstålen mindre lämpliga för kraftiga, mekaniska deformationer. Detta gäller i synnerhet för ren sträckformgivning medan ferriterna är utmärkt lämpade för djupdragning. Bl.a. används ferriter i hög grad till komplexa avgassystem. I England och Italien, är 4016 ett populärt material till cateringföremål.

Med hänsyn till kallbearbetning kan ferritiskt, rostfritt stål i hög grad liknas vid kolstål och det är en stor fördel att man kan använda mindre maskinkraft jämfört med austenitiska. I gengäld ska man inte räkna med att kunna djupdra en komplicerad, dubbel köksvask av ferritiskt stål. I sådana fall är de traditionella austeniter (t.ex. 4301) bättre.

En annan skillnad är de försämrade mekaniska egenskaperna i extremt låga och extremt höga temperaturer med hänsyn till slagseghet (Av) och krypning. Nb-stabiliserade ferriter deformerar dock mindre än austenitiska vid långvariga påverkningar.

I motsats till de austenitiska stålen kan de ferritiska, rostfria stålen bli spröda vid mycket låga temperaturer och de bibehåller inte heller sin mekaniska hållfasthet lika mycket i extremt höga temperaturer (oftast över 700–800 °C). Ferriter är generellt sett bättre lämpade för cykliska påverkningar, medan austenitiska är bättre vid isoterma användningar. Därutöver kan en längre tids exponering i temperatur mellan 400 och 550°C förorsaka "475°-sprödhet", vilket också kan inträffa för duplexstål i samma temperaturområde. Ferritiska stål är därför generellt mindre lämpliga för extrema temperaturer än de austenitiska, även om de enskilda fallen bör värderas var för sig.

Kapitel 5: Ferritiska, rostfria stål

Magnetism, termisk utvidgning och risk för skärning

Magnetiskt påminner ferritiska, rostfria stål mest om de vanliga, "svarta" stålqualiteterna. Alla ferritiska stål är således mycket magnetiska, medan de nickellegerade, austenitiska stålen är omagnetiska eller (t.ex. efter deformation eller spånaskiljande bearbetning) svagt magnetiska.

Även med hänsyn till termisk längdutvidgning ligger ferritstålen närmare svarta än austenitiska, rostfria stål. Ferritiska, rostfria stål utvidgar sig således 30-35 % mindre än de austenitiska, vilket betyder mindre risk för att utrustningen "slår sig" i samband med montage eller vid efterföljande större temperaturvariationer under drift. Detta har i synnerhet betydelse, om man bygger utrustning av flera olika stålqualiteter, t.ex. svep av rostfritt stål och utvändiga stödringar av svart stål. Här kan ett val av ferritiskt, rostfritt stål minimera de mekaniska spänningarna mellan rostfritt och svart stål.

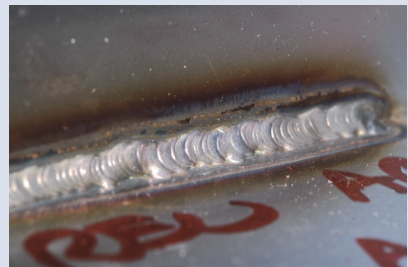
Rostfritt stål mot rostfritt stål har en trist tendens till att skära ihop. Denna risk kan reduceras genom att välja två stålsorter med olika struktur. Exempelvis är ett ferritiskt stål mot ett austenitiskt en bättre kombination än två austenitiska mot varandra, även om det fortfarande är långt kvar till goda kombinationer som t.ex. brons mot rostfritt stål.

Svetsning av ferritiska stål

I motsats till forna tiders fördomar går det alldeles utmärkt att svetsa i ferritiska, rostfria stål, även om de är något mindre "idiotsäkra" än konventionella austenitiska stål. Avsaknaden av nickel ökar risken för oönskad korntillväxt och andra mindre lämpliga, metallurgiska fenomen som resultat av värmepåverkan. Värme kan skapa både sprödheter och reducerad korrosionsbeständighet, varför man bör vara mycket mer uppmärksam på värmeförseln vid svetsning av ferritiska stål än av de traditionella austenitiska stålen. Tjocka plåtar är bättre på att "bibehålla värmen" och risken för intermetalliska fasbildningar ökar generellt med stålets godstjocklek, vilket är en av orsakerna till att det kan vara svårt att få vissa ferritiska stål med en godstjocklek på över 3 mm.

Önskemålet om att stabilisera stålet har gett upphov till att de bättre, ferritiska ståltyperna fått tillsatser av titan (Ti) och/eller niob (Nb). Ti och Nb är båda starkt karbidskapande och blockerar korntillväxt.

Mekanismen liknar den för tillsättning av Ti till t.ex. 4541 eller 4571 och säkrar att det inte skapas kromkarbider under svetsprocessen. Icke-stabiliserande sorter kan därför ge interkristallinsk korrosion i den värmepåverkande zonen. Ferritiska stål utan stabiliserande tillsatser (t.ex. 4003 och 4016) är därför inte lämpliga för svetsning utan efterföljande värmebehandling.



Makrofoto av svetsörm i ferritiskt 4521.
Godstjocklek: 2 mm
Svetsmetod: TIG
Tillsats: AISI 316LSi
Ström: 90 A
Skyddsgas: ren Ar

Både 4509, 4521 och 4526 samt det låglegerade 4512 (10,5–12,5 Cr) kan svetsas, om man använder tillsatsmaterial av typ 4430 eller liknande (20 Cr, 2,5–3,0 Mo). Stålen 4512 och 4509 kan dessutom svetsas med lägre legerad "308L"-tråd (18–21 Cr, 10–12 Ni, 0 Mo), trots att 4430-tråden ger större korrosionsrelaterad säkerhet. Vid godstjocklekar upp till 1–1½ mm kan man nöja sig med att smälta ihop stålet utan att använda särskilda tillsatsmaterial. Normalt bör det inte vara problem med att svetsa ferritiska, rostfria stål ihop med austenitiska stål av 4301- eller 4404-klasserna. Rekommenderad tråd till 4301/4509 är 309L (22–24 Cr, 12–15 Ni, 0 Mo) och till syrafasta bör ovan nämnda 4430 användas.

En viktig skillnad mellan ferrit- och austenitstål är valet av skyddsgas (och bakgas). För TIG-svetsning av ferritiska, rostfria stål ska argon (Ar) eller ev. argon-helium (max. 20 % He) användas, medan formeringsgas (N₂+H₂) inte får användas p.g.a. risken för korntillväxt samt efterföljande sprödhet p.g.a. N och/eller H. För MIG rekommenderas Ar + 2 % CO₂. Högre CO₂-halt kan skapa karbidbildningar (sensibilisering).

Kemisk efterbehandling

Tvärtemot vad som ofta står i litteraturen av förra århundradet (före 2000!) går det bra att utsätta ferritiska, rostfritt stål för kemisk ytbehandling. Såväl 4509, 4521 som 4526 kan betas samt elpoleras, men det rekommenderas att man bör vara mer försiktig med ferritiska än med austenitiska stål. Orsaken till det är att ferriterna generellt är mer känsliga för starka syror.

Detta gäller i synnerhet vid betning, då de ferritiska stålen etsas normalt mer i betsyra än de austenitiska. Vid betning ska därför användas en relativt mild salpetersyra-flussyra-baserad bet, varför man bör eftersträva svaga anlöpningar vid svetsning av ferritiska stål kvaliteter.

Elpolering av ferritiska stål går bra men ferriterna etsas snabbare i den starka syran (50–70 % svavelsyra, fosforsyra, temperatur 60° C!). Jämfört med de traditionella austeniterna uppnås således inte samma extrema blankhet (= marginellt högre råhet). Insisterar man på att ha en spegelblank yta är austeniterna att föredra.

En passivering utförs bäst med en ren salpetersyra (kapitel 7). De lägst legerade ferritstålen som 4003 och 4512 kan inte betas och inte heller elpoleras. Dessa stål kan dock passiveras, men företrädesvis endast i kromatinhiberad salpetersyra.

Nickelutsöndring i livsmedel

Ferritiska stål kan utan problem användas för de flesta tillämpningarna där man tillsvidare använt austenitiska stål – även för hantering av livsmedel. Det ferritiska 4016 används redan idag i stor utsträckning för cateringtillämpningar i England och Italien och de högre legerade 4509, 4521 och 4526 kan med fördel användas inom samma bransch.

En speciell fördel med ferritiska stål är, att risken för nickelutsöndring i mediet är lika med noll, helt enkelt för att det inte finns någon nickel i stålet! Stål 4301 och 4404 innehåller 8 respektive 10 % Ni som (t.ex. vid korrosion) kan avsöndras i produkten. I dag finns det inga krav på användning av nickelfria material för hantering av livsmedel men skulle de komma skada det inte att vara förberedd inför den utvecklingen.

Kapitel 5: Ferritiska, rostfria stål

Leveranstid, dimensioner och priser

De viktigaste ferritiska stålqualiteterna är 4509 och det syrafasta 4521 – samt i viss mån det mycket populära 4016. De mest aktuella konstruktionsstålen, kvaliteterna 4509 och 4521, finns både som plåt (med olika ytfinish) och rör, dock med den nackdelen att godstjockleken sällan överstiger 3 mm. Ferritiska stål är primärt tunnplåt samt tunnväggiga rör och beträffande 4521 bör man räkna med en viss leveranstid.

Priserna beror på kvalitet, leveranstid och det fluktuerande legeringstillägget, som styrs av nickelpriset. Ju högre nickelpriserna är desto större prisfördel för ferriter.

I juli 2008 var skillnaden mellan 4509 och 4301 hela 25 %, till ferritens fördel, men ett halvår senare (januari 09) hade nickelpriset fallit vilket minskade dess ekonomiska fördel. Ferriten är trots allt betydligt mer prisstabil än austeniten och vid ett högre nickelpris kan man därför utgå från prisexplosioner för austeniterna men inte för ferriterna.

Lämpliga användningsområden

Ferritstålen är inte fullt så formbara som austenitstålen och dessutom är svetsprocesserna kopplade till fler problem, liksom att de begränsade leveransmöjligheterna kan spela in negativt. Andra faktorer kan vara magnetiska eller termiska egenskaper.

Tabellen nedan visar en liten (inte komplett) översikt över ferritens fördelar och nackdelar.

Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none"> • Utmärkt beständighet mot punktfrätning (PREN4509 = PREN4301) • Utmärkt beständighet mot SPK, långt bättre än för austenitiskt stål • God beständighet mot generell och interkristallin korrosion • Betning, passivering och elektroplering möjlig • Ingen risk för Ni-avlämningar till livsmedel • Låg termisk utvidgning • Bra värmeledningsförmåga • Mindre tendens till återfjädring vid kallbearbetning • Magnetisk (kan vara en fördel) • Lågt och mer stabilt pris 	<ul style="list-style-type: none"> • P.g.a. risken för spaltkorrosion skall man vara uppmärksam på konstruktionen • Svetsparametrarna mer kritiska • Låg slagseghet vid godstjocklekar > 3 mm • Lägre brottförlängning = mindre lämpligt till sträckformgivning • Lägre slagseghet vid mycket låga (kryogena) temperaturer • Sprödhet vid långtidsexponering vid temperaturer omkring 475°C • Magnetisk (kan vara en nackdel) • Färre dimensioner och mindre varulager (speciellt tjocka dimensioner) kräver bättre planläggning

Ferritiskt, rostfritt stål kan således förväntas att ha potential inom följande områden:

- Enkla geometrier utan för mycket komplicerad bockning/sträckning/svetsning
- Tunt gods
- Enkel bearbetning
- Lägre materialkostnader

En av Europas och USA:s riktigt stora konsumenter av ferritiska stål är bil- och busstillverkningsindustrin, men även inom bygg, industri, brevlådor, skyltar, hushåll, vitvaror och catering finns en stor marknad för de prisbilliga samt korrosionsbeständiga, ferritiska, rostfria stålen. De höglegerade ferriterna (4509, 4510, 4521 o. likn.) kommer utan tvivel att ersätta stora delar av marknaden för 4301- och 4401-klasserna. Där punktfrätning är den troliga korrosionsformen kan man skifta från austenitiskt till ferritiskt rostfritt stål utan att ge avkall på korrosionsbeständigheten

Dessutom har galvaniserat stål under senare år blivit så dyrt att man ibland kan överväga att ersätta det traditionella varmförzinkade stålet med ett ferritiskt. Detta gäller särskilt svetsbara 4509 och lillebror 4512 (endast 11 % Cr) för inomhusbruk medan mekaniskt starkare och mer korrosionsbeständiga 4521 är att föredra utomhus. Med hänsyn till punktfrätning och spaltkorrosion ligger dessa i närheten av de konventionella "rostfria" respektive "syrafasta" legeringarna.

Ovan vattenlinjen (under kalla förhållanden) är yttlig punktfrätning den kritiska korrosionsformen. Vid sådana tillfällen vill man som regel kunna ersätta 4301 med en 4509 och en 4404 med en 4521. Sådana materialbyten är ganska vanliga i t.ex. cateringbranschen, men borde vara ännu mer vanliga i t.ex. lampor, skyltar och liknande. 4509 är perfekt inomhus medan 4521 har alla förutsättningar för att bli ett bra standardmaterial utomhus, där 4404 är för dyrt och där många konstruktörer därför använder det ofta otillräckliga 4301.

Ännu bättre lämpar sig ferriter då spänningskorrosionen är den kritiska korrosionsformen. Detta är vanligt vid temperaturer på ca 60°C och uppåt för 4301 stål och ca 100°C för syrafasta stål, exempelvis på applikationer som avgasrör till bilar, bakugnar och värmeväxlare. Här är ferriter korrosionsmässigt överlägsna austeniter och vid byte till ferritiskt stål får man ett korrosionsbeständigare material till ett lägre och mer stabilt pris. Ingen dålig kombination!

Kapitel 6: Bearbetning

Endast några få använder rostfritt stål utan att bearbeta det. Stålet skall klippas, bockas, svetsas, slipas eller på annat sätt utsättas för mekanisk bearbetning och detta medför dessvärre konsekvenser för korrosionsbeständigheten. Rostfritt stål är endast rostfritt med förbehåll och korrosionsbeständigheten är beroende av hur man behandlar stålet.

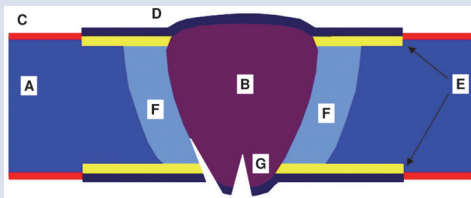
Stålet är "perfekt" från början, när det anländer från stålverket. Då är dess korrosionsbeständighet maximal och flertalet av de mekaniska processer som stålet sedan utsätts för försämrar beständigheten. All förbearbetning av rostfritt stål bör utföras så att påverkan blir minimal. Om det inte är möjligt bör hanteringen följas av en lämplig kemisk efterbehandling (kapitel 7).

Svetsning

Svetsning är en av de korrosionsmässigt allvarligaste faktorerna. Utöver införande av en ny del, svetsfogen, utsätts stålet för kraftig värmepåverkan som kan medföra minst tre potentiella risker: sensibilisering, anlöpningar och inre dragspänningar.

Korrosionsrisker förenade med själva svetsfogen försöker man oftast minimera genom att välja ett "överlegerat" tillsatsmaterial. Det är svårare att garantera att spalter inte uppstår vid svetsning. Sådana kan uppstå i form av porer, krympning, bindfel, ofullständig genombränning o. dyl. Spaltkorrosion är primär korrosionsrisk (kapitel 4).

En bra tumregel säger, att spaltkorrosion kan uppstå i temperatur 20-25 °C lägre än den kritiska punktfrätningstemperaturen (CPT) – den temperatur, då punktfrätning kan uppstå. Lösningen är att antingen helt förebygga spalter (=intensifierad kontroll) eller välja en bättre ståltyp med större inbyggd säkerhet (t.ex. 4404 i stället för 4301-stål).



Ritning genom svetsfog

- A: Basstål
- B: Svetsfog
- C: Naturlig oxidfilm
- D: Anlöpningar
- E: Avkromat lager (ligger under anlöpningarna)
- F: Heat Affected Zone (HAZ)
- G: Porer, krympningar, bindningsfel m.m.

Uppvärmning av stål till temperatur mellan 500 och 850 °C, en oundviklig bieffekt av svetsning, medför risk för angrepp genom uppkomst av skadliga kromkarbider (sensibilisering). Detta föregår inte i själva svetsfogen, utan i en närliggande värmepåverkad zon ("Heat Affected Zone" = HAZ) och problemet är störst vid svetsning i tjocka gods. I praktiken bekämpas det bäst genom att välja lågkolstål (t.ex. 4306, 4307 eller 4404) alt. titanstabiliserade stål (4541 eller 4571).

Ett närbesläktat fenomen är uppkomsten av skadliga, intermetalliska faser (t.ex. "sigma" (Cr-Fe) eller "ksi-faser" = Cr-Mo-faser). Uppkommer främst vid svetsning i höglegerade "superduplex"-stål (t.ex. 4410, duplex 2507, Zeron 100) och de högst legerade ferritiska stålqualiteterna (t.ex. 4509, 4526 och 4521).

Minst lika allvarliga är de blånade eller gulaktiga anlöpningarna som bildas på stålytan vid sidan om svetsfogen. Dessa anlöpningar är starkt förtätade oxider av krom samt järn och kan skyllas på en varmoxidering (syresättning) av den rostfria stålytan. Sådan oxidering medför i praktiken en allvarlig korrosionsrelaterad försvagning av stålet. Vill man få ut det optimala av sitt stål, skall man säkerställa, att all svetsning utförs under helt syrefria betingelser, vilket innebär användning av en extrem mängd skyddsgas (se FORCE's "Referensatlas").

Ett mer ekonomiskt och oftast snabbare alternativ är att tolerera en viss blåfärgning och sedan avlägsna anlöpningarna, med enbart betning (kapitel 7) eller med en kombination av slipning och kemisk efterbehandling (betning eller passivering).

Glaskuleblåstring är inte lämpligt för ändamålet, då både anlöpningar och det avkromade lagret kommer att tryckas in i ytan i stället för att tas bort. Detta klaras av med hjälp av en betning före glasblåstringen.

Ibland kan en svetsprocess liksom mekanisk bearbetning ge uppkomst till inre dragspänningar och därmed öka risken för spänningskorrosion. Detta går det inte att göra något åt utöver att ta hänsyn till problemet redan i konstruktionsfasen och välja en ståltyp som med god marginal klarar driftsbetingelserna. Det rekommenderas inte att undvika SPK genom att chansa på att slutprodukten inte har inre dragspänningar.

Klippning, sågning och andra skärande metoder

De "farligaste" processerna är i allmänhet de värmeutvecklande, som vid svetsning då man riskerar anlöpningar som bör avlägsnas mekaniskt/kemiskt. En "varm klassiker" är vinkelslipen som förutom att lämna mycket grova, anlöpta ytor efter sig dessutom stänker varma metallpartiklar vilt över andra ytor än bara de som slipas. Dessa partiklar kan bränna fast i stålytan och ge upphov till både spalter och anlöpningar – en ytterst olycklig kombination som kan medföra radikalt försämrade korrosionsbeständighet. Enda sättet att rätta till det är att avlägsna samtliga partiklar genom försiktig skrapning med en skruvmejsel eller ett stämjärn och därpå efterbehandla med betning.

Emellertid kan även kalla skärprocesser försämma stålets korrosionsbeständighet, då man därvid frilägger stålets mitt som innehåller många fler skadliga orenheter än ytskiktet.

Denna effekt uppkommer vid stränggjutningen. Stelningen börjar naturligt från utsidan. Under denna process trycks orenheter framför den stelnade metallen för att slutligen hamna i centrum. Valsning av "slabs" från exempelvis 300 till slutligen kallvalsad 1 mm plåt förändrar inte föroreningarnas läge från centrum.

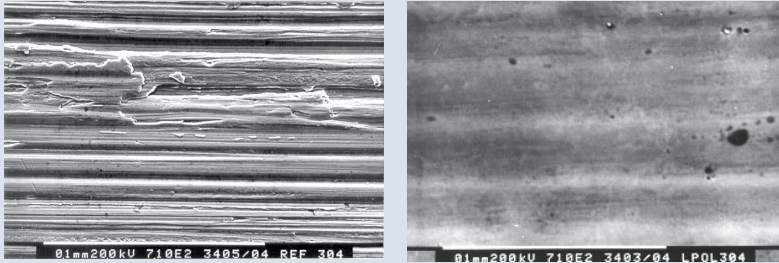
Centrum i en plåt är helt enkelt mindre korrosionsbeständigt än ytan, ett fenomen som hänger ihop med själva ståltillverkningen på stålverket. Vid skärande bearbetning som blottar dessa föroreningar kan problemet minimeras genom att man gör en avslutande betning.

Kapitel 6: Bearbetning

Borstning, blästring, slipning och spånavskiljande bearbetning

De flesta mekaniska bearbetningsmetoderna av rostfritt stål påverkar ytjämnheten och detta påverkar korrosionsbeständigheten. Korrosionsbeständigheten minskar med sämre ytjämnhet och en mycket grov yta (särskilt en grovt slipad, borrarad, borstad eller sandblästrad yta) har en mätbart sämre korrosionsbeständighet än en slät yta, t.ex. 2B.

Det finns två orsaker till detta: Dels är en grov yta bättre på att samla saltämnen och bilda fläckvisa föroreningar, dels kommer en grov behandling att frilägga stålets naturliga innehåll av föroreningar. De här föroreningarna (i synnerhet sulfider) kan yttra sig som angreppspunkter för t.ex. punktfrätning och därmed som följd ge en försämrad korrosionsbeständighet.



Två rostfria plåtar av typen 1.4301 (AISI 304). Den vänstra har slipats medan den högra har elektrolytpolerats. Det är inte svårt att föreställa sig att den vänstra plattan är bäst på att samla upp korrosiva salter. Den vita linjen längst ner på båda bilderna är 100 mikrometer. Båda bilderna är från DTU.

Desutom kommer grova slipytor att ge upphov till ökade inre spänningar än en fin yta, vilket reducerar beständigheten mot spänningskorrosion (SPK). Även en fin blästring (glasblästring eller shot-peening) kan öka graden av inre tryck och spänningar, vilket ökar risken SPK. Sandblästring ger en extremt ojämn yta som är klart olämplig.

Från en rent korrosionsmässig synvinkel är det därför oftast en fördel att inte göra någon mekanisk ytbehandling överhuvudtaget! Den släta och betade 2B-ytan man får med en kallvalsad tunnplåt kan helt enkelt inte förbättras korrosionsmässigt (utom genom elektrolytpolering) och man bör aldrig slipa bara för att "det brukar vi göra." Som ovan är den bästa metoden att undvika korrosionsrelaterad materialförsvagnig att genomföra en effektiv, kemisk ytbehandling.

Hantering och transport

Järnsmitta är en risk vid nästan all hantering av rostfritt stål och uppkommer om t.ex. ett bockningsverktyg, en gaffeltruck eller lastvagn tidigare använts för hantering av svart stål. Förutom att det ser fult ut försämrar järnsmitta det rostfria stålets korrosionsbeständighet genom att järnpartikelkorrosionen kan fortsätta ner i det rostfria stålet och försäkra korrosionsproblem.



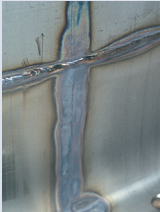
Ett fult exempel på järnsmitta i form av en partikel som vid valsning har tryckts in i rostfritt stål. Partikeln måste ha varit ganska hård för den här pressats djupt ned i den rostfria plåten. Även om en betning tar bort allt svartstål och rost kommer behandlingen lämna ett litet hål.

Som beskrivet i kapitel 7 kan järnsmitta avlägsnas kemiskt, men minst lika effektivt är det att förebygga problemet. Det är i synnerhet viktigt att endast använda verktyg som bara används för rostfritt stål, vilket inkluderar allt från bockningsverktyg till gaffeltruckens gafflar.

Även vid en total separation av verktyg och utrustning är slipdamm en "klassiker". Svart slipdamm kan vara extremt flyktigt och förebyggandet av järnsmitta kan vara lite av ett Sisyfos-arbete. Helst bör inte svart och rostfritt förbearbetas i samma lokal, men detta krav ser man ofta igenom fingrarna. I så fall finns det ingen annan utväg än en kemisk efterbehandling.

Kapitel 7: Kemisk ytbehandling

All bearbetning av rostfritt stål medför en risk för försämring av stålets ursprungliga korrosionsbeständighet. Om försämring blir större än vad man beräknat vid materialvalet måste korrosionsbeständigheten återupprättas. Säkrast och lämpligast (och ofta billigast!) utföres detta via en kemisk ytbehandling.



Blåaktiga anlöpningar till följd av svetsning på en tank av 430i. Förlusten av korrosionskydd i sådana anlöpningar är allvarligt och för att stålet ska kunna återställa sin goda korrosionsbeständighet måste anlöpningarna tas bort. Detta görs bäst och billigast med betning.

Betning

Den absolut viktigaste kemiska ytbehandlingen av rostfritt stål är betning. Själva betbadet består normalt av 10-20 % salpetersyra (HNO₃) och 1-6 % flussyra (HF). Höglegerade stål kräver ett aggressivt betbad med hög halt av flussyra, medan "normala" rostfria stål av 430i- och 440i-typ bäst betas med en relativt låg halt av HF. I stället för flussyra kan man använda saltsyra (HCl), vilket dock medför en mer aggressiv bet (kungsvatten!) samt en stor risk för följdskador i form av punktfrotning. Saltsyrehaltigt betning rekommenderas inte.

Vid rumstemperatur är betningstiden normalt från 30 min. till flera timmar beroende på graden av anlöpningar som ska tas bort (ju mörkare, ju längre tid) och koncentrationen av metallföroreningar i badet.

Efter betningen har man återskapat det rena stålet utan några korrosionsrelaterade försämringar.

Den största nackdelen med betning är, att det egentligen är fråga om en etsning. Detta betyder att ytjämnheten kommer att minska, särskilt beträffande mycket blanka stålämnen, vilket kan vara mycket ödesdigert inom medicin- och livsmedelsindustrin, där ytjämnheten bör minimeras med tanke på mikroorganismer. Ofta arbetar man där med en maximal ytjämnhet (Ra) på 0,8 µm eller bättre.

Dessutom kan variationer i ytjämnheten få ämnet att se mindre homogent ut, vilket dock mest har en kosmetisk betydelse.



Betad svets söm i ett 4404-ämne. Stålet har fått ett matt utseende. Detta beror på att betning innebär en etsning av stålet vilket ökar ytjämnheten.

Betning sker enklast genom att sänka stålämnet i ett betbad, men om inte detta är genomförbart, kan man använda sig av en betpasta med tjockare konsistens som kan "målas på" med hjälp av en pensel.

Detta är mest användbart vid till exempel montagesvetsningar där man inte vill beta hela anläggningen utan endast svetsningarna.

Observera att varken de lägst legerade ferritiska stålen (ex. 4003 och 4512), de svavellegerade automatståltyper (4305) eller martensitiskt knivstål kan betas. Högre legerade ferriter som 4509 och 4521 kan betas men man bör använda en mildare och mindre aggressiv betning än för motsvarande austeniter.

Användning av flussyra kräver ett särskilt tillstånd angående arbeten med giftiga ämnen.

Passivering

En passivering är inriktad på att förstärka stålets naturliga, skyddande oxidfilm. På köpet får man en eliminering av exponerade inneslutningar samt andra korrosionsrelaterade försämringar. Korrosionsbeständigheten ökar genom passivering



Väster:

Steel-Tech "Betningsgel 122", en salpetersyra-flussyrebaserad produkt som används till vanligt rostfritt och syrafasta stålkvalliteter.

Höger:

Pastabetning av en svettssöm på insidan av ett 4436-rör.

Badet består vanligtvis av ren 18–25 % salpetersyra (HNO₃) och behandlingstiden är normalt en timme. Svavellegerade automatstål (4305) och låglegerade, ferritiska stål kan bara passiveras i dikromat-inhibitorsalpetersyra.

En stor fördel med passivering är att ytjämnheten inte påverkas. En passivering är därför utmärkt för behandling av t.ex. polerade ytor. En nackdel är däremot att anlöpningar kring svetsfogar inte avlägsnas. Har man anlöpningar måste man alltså antingen beta eller slipa med efterföljande betning alternativt passivering.

Dekontaminering

"Dekontaminering" betyder avgiftning och det är precis vad som sker. Allt orent avlägsnas medan det rostfria stålet inte påverkas alls. Inte heller försvinner anlöpningar och det avkromade skiktet. En dekontaminering är en slags avancerad tvätt som varken påverkar stålets ytjämnhet eller de vanligaste gummi- och plastmaterial. Detta gör processen speciellt lämplig för rengöring av medicinsk utrustning eller annat, där betning eller passivering inte kan tas i anspråk på grund av antingen själva stålet eller sårbara packningar. De flesta syntetmaterial har svårt att klara av salpetersyra och andra sura oxidanter.

En dekontaminering utförs normalt med en 2–10 % lösning av en medelsvag syra (ex. fosforsyra, citronsyra, salpetersyra). Temperaturen kan vara 20–90 °C och behandlingstiden upp till många timmar, om det är något mer besvärligt som behöver avlägsnas.

Järnsmitta är ett speciellt problem som ofta kan rättas till med en dekontaminering. Rost (järnoxider och hydroxider) är endast långsamt upplösligt i salpetersyra, men mycket lättare avhjälpt med en varm lösning av citronsyra och fosforsyra. Metalliskt järn däremot upplöses bättre i salpetersyra.

Kapitel 7: Kemisk ytbehandling

Elektropolering

Elektropolering (elpolering) är den enda ytbehandlingen som kräver en yttre strömkälla. Badet är vanligtvis en stark lösning av svavelsyra och fosforsyra, temperaturen är oftast över 50 °C. Stålämnet kopplas anodiskt med hjälp av en likriktare.

Under själva processen upplöses en del av stålet. Upplösningen sker primärt från toppen av ytans mikroskrovlighet och leder processen till en långsam utjämning och yttjämnheten minskar. Ytan blir blankare (se bild i kapitel 6).

Elpolering kan teoretiskt sett även lösa upp anlöpningar, men gör det långt ifrån alltid. Betning före elektropoleringen rekommenderas därför.

Förutom att åstadkomma en vacker polerad yta, ökar en elektropolering stålets korrosionsbeständighet. Faktiskt är elpolering den enda process som kan höja korrosionsmotståndet avsevärt på en normal 2b-yta. Ovanför vattenlinjen gör den fina jämnheten att salt och andra korrosiva ämnen inte fastnar på stålet så lätt. Det finns exempel på att elektropolerad 4301 klarar sig lika bra som 4401, 2b.

Nackdelen med elpolering är priset. Det är en komplicerad och dyr process p.g.a. utrustningen och besväret med att montera katoderna på de rätta ställena. Elpolering är därför en behandling som nästan uteslutande används för ytterst krävande utrustning inom t.ex. medicinindustrin. Den fina yttjämnheten möjliggör extemt väl rengjorda ytor och därmed minimerad risk för kontaminering och risk för mikrobiologisk tillväxt.

Efter avslutad betning är alla föroreningar upplösta, även järnsmitta samt (mycket viktigt!) alla anlöpningar och det underliggande "avkromade skiktet".

Genom att förstärka oxidskiktet optimeras stålets korrosionsbeständighet. Det är till och med möjligt att mäta denna förbättring.

Kemisk ytbehandling, översikt

	Bad	Processtid	Anlöpningar	Cr-oxider	Yttjämnhet
Betning	10-20 % HNO ₃ + 1-6 % HF	1-12 h	Avlägsnas	Avlägsnas	Ökar
Passivering	18-25 % HNO ₃	30-60 min.	Ingen effekt	Ökar	Oförändrad
Dekontaminering	2-10 % "medelsvaga" syror	1-48 h	Ingen effekt	Ingen effekt	Oförändrad
Elpolering	60-70 % H ₂ SO ₄ + H ₃ PO ₄	10-15 min.	Viss effekt	Viss effekt	Minskar

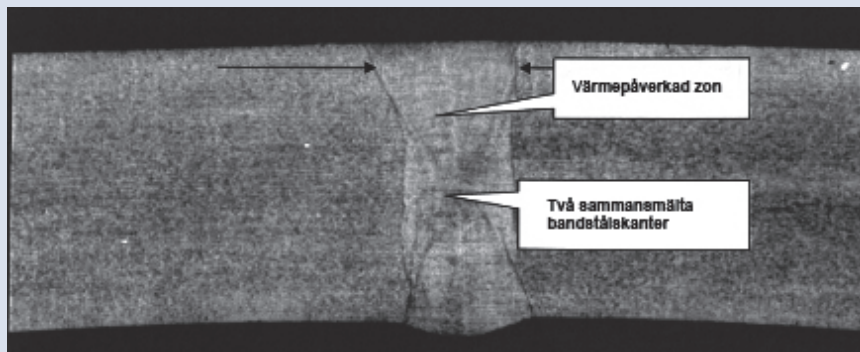
TIG och laser

Damstahls leverantör utför in-line-svetsning med en helautomatisk TIG- (Tungsten Inert Gas) eller lasermetod beroende på rörväggens tjocklek enligt de allmänt använda produktionsstandarderna.

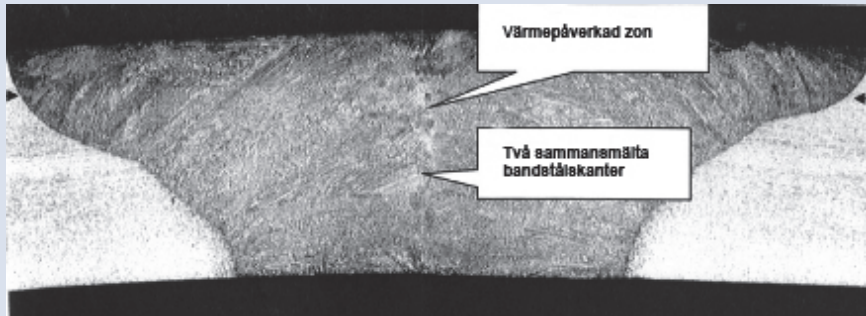
Svetsningen utförs genom att smälta samman de två bandstålskanterna, varvid det värmemässigt ändrade området begränsas och det invändiga området skyddas med en passande skyddsgas. Laser- och TIG-svetsningsmetoderna har en hög tillförlitlighet, vilket gör att den passar för alla ändamål.

Se foto nr 1: Lasersvetsning – värmepåverkad zon ca 1 mm (x50)

Se foto nr 2: TIG-svetsning – värmepåverkad zon ca 4,5 mm (x50)



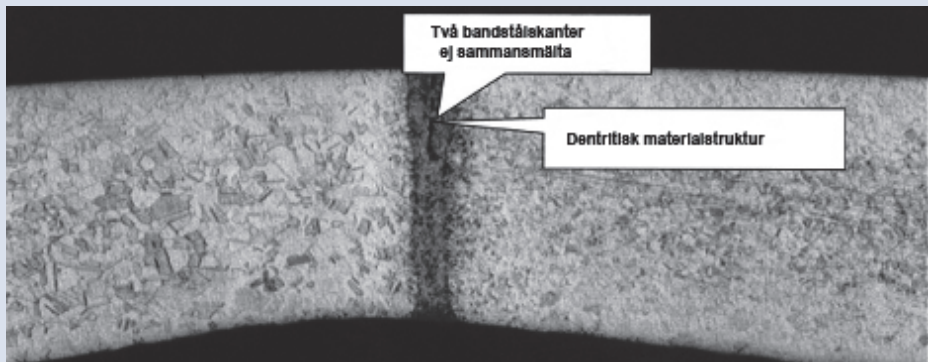
Kapitel 8: Svetsmetoder



HF – Högfrekvenssvetsning

Används för framställning av rör till konstruktionsmässiga ändamål och till avgassystem för bilar då dess höga svets-hastighet gör den ekonomisk. Svetssömmen som uppnås med HF är inte alltid optimal när det gäller att tåla tryck och vara korrosionsbeständig. Bristande sammansmältning av bandstålkanter och oxidbildningen på svetskanterna kan förekomma. HF-svetsade rör är inte lämpliga till vätskor eller gas.

Se foto nr 3 – x50.



Blankglödning

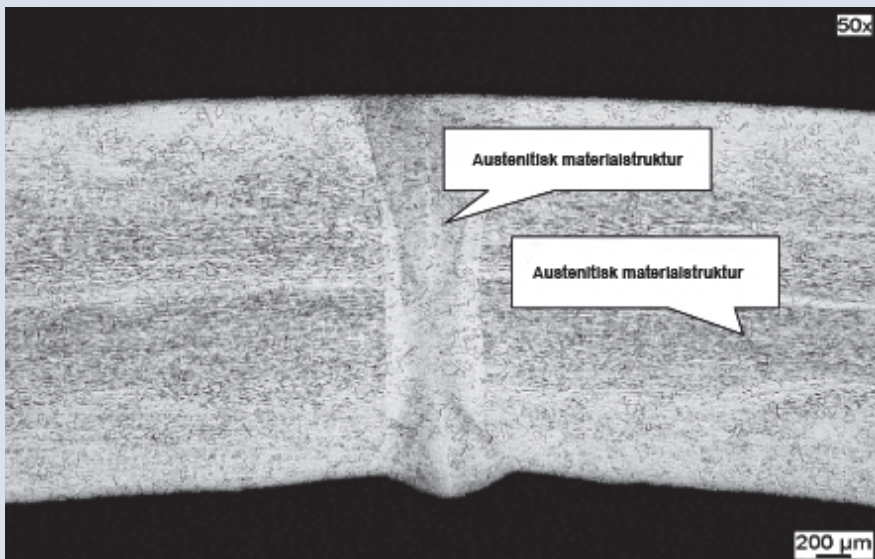
Blankglödning utförs i en ugn med väte (H₂) eller andra inerta gaser, som inte reagerar kemiskt med stålet, vid temperaturer på mellan 1040°C och 1100°C. Efterföljs av en snabb avkylning. Väte är inte något oxideringsmedel och därför bildas ingen ytoxidering, och betning behövs ej efter blankglödningen.

Den största fördelen med denna process – utöver en blank och jämn yta som underlättar vidare bearbetning av rören – är materialets förbättrade korrosionsbeständighet.

En sådan behandling, som utförs i slutet av produktionsprocessen eliminerar eventuella karbider som bildats vid korngränsen varvid det uppnås en austenitisk fas utan fel. Detta gör det möjligt att undgå det farliga fenomenet interkristallin korrosion.

Den austenitiska strukturen, som uppnås genom off-line blankglödning medför ett stål med normal korstorlek. Stålets sträckegenskaper och förlängningen förbättras, formbarhet ökar och inre spänningar minskar. Dessa materialegenskaper är viktiga för slutförbrukare som utför böjning och formning av stål.

Se foto nr 4 – x50, där materialet i den dentriska zonen har blivit helt ersatt av det austenitiska materialet.



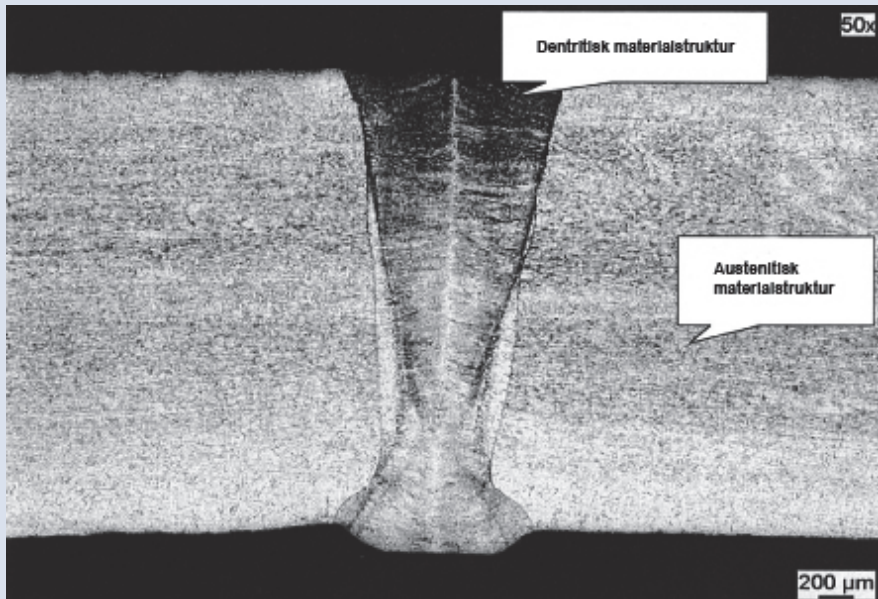
Kapitel 8: Svetsmetoder

Rör, oglödgade – betade

Svetsade rör kan levereras i oglödgat utförande. Denna produkt genomgår samma produktionsprocess bortsett från värmebehandlingen, därefter betas rören. Betbadet består av svavelsyra och fluorsyra.

Denna process kan eliminera varje tecken på järnkontaminering, både på den yttre och inre ytan samt på ändarna. Den kan även eliminera svetsning och eventuella oxider som kan förekomma på metallytan som ett resultat av mekanisk bearbetning (slipband och skärutrustning).

Se foto nr 5 – x50 rör, oglödgade.



Borstade rör

Borstade rör är ett alternativ till betade rör. Bara den yttre ytan borstas, röret betas ej. Dessa produkter har en lägre korrosionsbeständighet än betade rör, om de utsätts för samma miljömässiga angrepp. Detta beror både på avlagringarna på metallytan, som blivit kontaminerat under produktionsprocessen, och att ytan är skrovligare och lätt kan bevara oxider och spår av järnkontamination.

Det bör understrykas att det uteslutande är tal om en utvändig borstning och därför kan den inte ta bort en ev. kontaminering på den invändiga ytan och i ändarna, som skurits av med en klippmaskin gjord av stålaserat material.

Eddy Current-test

Svetsade rör som levereras i TIG- eller lasersvetsat utförande från Damstahl genomgår efter att de blivit kalibrerade, ett Eddy Current-test. En sådan icke-destruktions-test utförs genom att skapa ett magnetiskt fält runt om röret, avvikelser i detta indikerar fel i svetsen ex. spalter eller hål.

Kapitel 9: Tabell över de vanligaste rostfria stählen och deras kemiska sammansättning

EN	STRUKTUR	C %	Cr %	Ni %	Mn %	Mo %	Si ≤ %	Mn ≤ %	S ≤ %	P ≤ %	Övrigt	AISI (UNS)	SS
1.4003	Ferrit	≤0,03	10,5-12,5	0,30-1,00	-	-	1,00	1,50	0,015	0,040	N ≤ 0,030	410S	-
1.4016		≤0,08	16,0-18,0	-	-	-	1,00	1,00	0,015	0,040	-	430	2320
1.4509		≤0,030	17,5-18,5	-	-	-	1,00	1,00	0,015	0,040	Ti 0,10-0,60; Nb 3xC+0,30-1,00	441 UNS 43932	-
1.4510		≤0,05	16,0-18,0	-	-	-	1,00	1,00	0,015	0,040	Ti 4k(C+N)+0,15-0,80	430Ti	-
1.4512		≤0,03	10,5-12,5	-	-	-	1,00	1,00	0,015	0,040	Ti 6k(C+N)-0,65	409	-
1.4521	≤0,025	17,0-20,0	-	-	1,80-2,50	-	1,00	1,00	0,015	0,040	N ≤ 0,030; Ti 4(C+N)+0,15-0,80	444	2326
1.4021	Martensit	0,16-0,25	12,0-14,0	-	-	-	1,00	1,50	0,030	0,040	-	420	2303
1.4057		0,12-0,22	15,0-17,0	1,50-2,50	-	-	1,00	1,50	0,015	0,040	-	431	2321
1.4104	Austenit	0,10-0,17	15,5-17,5	-	0,20-0,60	-	1,00	1,50	0,15-0,35	0,040	-	(430F)	2383
1.4301		≤0,07	17,5-19,5	8,00-10,5	-	-	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	304	2333
1.4305		≤0,10	17,0-19,0	8,00-10,0	-	-	1,00	2,00	0,15-0,35	0,045	Cu ≤ 1,00; N ≤ 0,11	303	2346
1.4306		≤0,030	18,0-20,0	10,0-12,0	-	-	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	304L	2352
1.4307		≤0,030	17,5-19,5	8,00-10,5	-	-	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	304L	-
1.4310		0,05-0,15	16,0-19,0	6,00-9,5	≤0,80	≤0,80	2,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	302	2331
1.4541		≤0,08	17,0-19,0	9,00-12,0	-	-	1,00	2,00	0,015	0,045	Ti (5xC)-0,70	321	2337
1.4401		≤0,07	16,5-18,5	10,0-13,0	2,00-2,50	2,00-2,50	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	316	2347
1.4404		≤0,030	16,5-18,5	10,0-13,0	2,00-2,50	2,00-2,50	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	316L	2348
1.4418		≤0,06	15,0-17,0	4,00-6,00	0,80-1,50	0,70	1,50	1,50	0,015	0,040	N 0,020	-	2387
1.4432	Austenit (syrefast)	≤0,030	16,5-18,5	10,5-13,0	2,50-3,00	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	316L	2353	
1.4435		≤0,030	17,0-19,0	12,5-15,0	2,50-3,00	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	316L	2353	
1.4436		≤0,07	16,5-18,5	10,5-13,0	2,50-3,00	1,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	316	2343	
1.4539		≤0,020	19,0-21,0	24,0-26,0	4,00-5,00	4,00-5,00	0,70	2,00	0,015	0,030	N ≤ 0,15; Cu 1,20-2,00	"904L" *)	2562
1.4571	Austenit (varmebest.)	≤0,08	16,5-18,5	10,5-13,5	2,00-2,50	1,00	2,00	0,015	0,045	Ti (5xC)-0,70	"316Ti" *)	2350	
1.4828		≤0,20	19,0-21,0	11,0-13,0	1,50-2,50	1,50-2,50	≤2,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	309	-
1.4841		≤0,20	24,0-26,0	19,0-22,0	1,50-2,50	1,50-2,50	≤2,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	314	-
1.4845		≤0,10	24,0-26,0	19,0-22,0	1,50-2,50	1,50-2,50	≤2,00	2,00	0,015	0,045	N ≤ 0,11	-	-
1.4460		≤0,05	25,0-28,0	4,50-6,50	1,30-2,00	1,30-2,00	1,00	2,00	0,015	0,035	N 0,005-0,20	329	2324
1.4462	Duplex	≤0,030	21,0-23,0	4,50-6,50	2,50-3,50	1,00	2,00	0,015	0,035	0,035	N 0,10-0,22	-	2377

*) Varken "316Ti" eller "904L" existerar i AISI-systemet, men båda beteckningar används ofta som "benämning". Observera att nutidens EN-normer inte är helt identiska med de gamla Wnr-beteckningarna.

Spalten med "AISI" och "UNS", anger närmaste parallella standard. Särskilt AISI-systemet kan inte helt jämföras med EN, varför AISI- och SS-angivelser bör betraktas som ungefärliga.

Kapitel 9: Tabell över de vanligaste rostfria stählen och deras mekaniska egenskaper

EN	HB 30 hårdhet (HRC)	R _{po.2} (\geq N/mm ²) Sträck- gräns	R _{po.2} (\geq N/mm ²) Sträck- gräns	R _m Brott- styrka (\geq N/mm ²)	A ₅ Brottför- l. (L _o = 5 da) (\geq %)	Z Areal- red. (\geq %)	Av- Slags- egnet (\geq J)	Densit- stet (kg/dm ³)	Värme- kap. (J/g·K)	Värme- ledn. (W/K·m)	Termisk utvid. 20-100° C (10 ⁻⁶ /°C)	Elektriskt motstånd (Ω ·mm ² /m)	Elast.- modul (kN/ mm ²)
1.4003	≤ 200	260	-	450-600	20	-	-	7,7	0,43	25	10,4	0,60	220
1.4016	≤ 200	240	-	400-630	20	60	-	7,7	0,46	25	10,0	0,60	220
1.4509	≤ 200	200	-	420-620	18	-	-	7,7	0,46	25	10,0	0,60	220
1.4510	≤ 185	270	-	450-600	20	60	-	7,7	0,46	25	10,0	0,60	220
1.4512	≤ 180	220	-	390-560	20	-	70	7,7	0,46	25	10,5	0,60	220
1.4521	≤ 200	320	-	450-650	20	-	-	7,7	0,43	23	10,4	0,60	220
1.4021	≤ 230	500	-	700-850	12	50	20	7,7	0,46	30	10,5	0,60	215
1.4057	≤ 295	600	-	800-950	14 / 12	45	25 / 20	7,7	0,46	25	10,0	0,70	215
1.4104	≤ 220	300	-	500	12/10	50	0	7,7	0,46	25	10,0	0,70	215
1.4301	≤ 215	190	225	500-700	45 / 35 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,73	200
1.4305	≤ 230	190	225	500-750	35	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,73	200
1.4306	≤ 215	180	215	460-680	45 / 35 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,73	200
1.4307	≤ 215	175	210	500-700	45 / 35 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,73	200
1.4310	≤ 230	195	230	500-750	40	50	-	7,9	0,50	15	16,0	0,73	200
1.4541	≤ 215	190	225	500-700	40 / 30 ¹⁾	50	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,73	200
1.4401	≤ 215	200	235	500-700	40 / 30 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,75	200
1.4404	≤ 215	200	235	500-700	40 / 30 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,75	200
1.4418													
1.4432													
1.4435	≤ 215	200	235	500-700	40 / 30 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,75	200
1.4436	≤ 215	200	235	500-700	40 / 30 ¹⁾	60	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,0	0,75	200
1.4539	≤ 230	230	260	530-730	40 / 30 ¹⁾	-	100 / 60 ¹⁾	8,0	0,45	12	15,8	1,00	195
1.4571	≤ 215	200	235	500-700	40 / 30 ¹⁾	50	100 / 60 ¹⁾	7,9	0,50	15	16,5	0,75	200
1.4828	≤ 223	60 ²⁾	60 ²⁾	500-750	30								
1.4841	≤ 223	60 ²⁾	60 ²⁾	550-750	30								
1.4845	≤ 192	60 ²⁾	60 ²⁾	500-700	35								
1.4460	≤ 260	450	-	620-880	20	-	85	7,8	0,50	15	13,0	0,80	200
1.4462	≤ 270	450	-	650-880	25	-	100	7,8	0,50	15	13,0	0,80	200

1) Mätning

2) Vid 600°C. Alla övriga data för Rp 1,0 är mätt vid rumstemperatur

Kapitel 9: Normöversikt

Stålrör

EN ISO 1127	Rostfria stålrör Dimensioner, toleranser och densitet/enhetslängd
EN 10216-5	Sömlösa stålrör för tryckbärande ändamål Tekniska leveransvillkor – Del 5: Rostfria stålrör
EN 100294-1	Hålprofiler för maskinbearbetning Tekniska leveransvillkor – Del 1: Olegerade och legerade stål
EN 10217-7	Svetsade stålrör för tryckbärande ändamål Tekniska leveransvillkor – Del 7: Rostfria stålrör
EN 10305-1	Precisionsstålrör Tekniska leveransbestämmelser – Del 1: Sömlösa kalldragna rör
EN 10305-2	Precisionsstålrör Tekniska leveransbestämmelser – Del 2: Svetsade kalldragna rör
EN 10312/A1	Svetsade rör av rostfria stål för vattenledningar inkl rör för dricksvatten. Tekniska leveransbestämmelser.

Livsmedel

ISO 2037	Rostfria stålrör till livsmedelsindustrin Specificerar dimensioner, toleranser, ytjämnheter, kvaliteter och hygieniska krav för sömlösa eller svetsade rör i raka längder till livsmedelsindustrin.
ISO 2851	Rostfria böjar och t-rör till livsmedelsindustrin Specificerar dimensioner, toleranser, ytjämnheter, kvaliteter och hygieniska krav. Avsett att användas tillsammans med rostfria stålrör specificerat i ISO 2037.
ISO 2853	Rostfria standarder till livsmedelsindustrin Specificerar dimensioner, toleranser, ytjämnheter, kvaliteter och hygieniska krav för standarddelar. Används tillsammans med rostfria stålrör specificerat i ISO 2037.
DIN 11850	Rostfria stålrör till farmaceutisk, kemisk och livsmedelsindustrin Dimensioner och kvaliteter.
DIN 11864	Rostfria aseptiska kopplingar -1 med mutter -2 med fläns -3 med clampring
DIN 11865	Rostfria aseptiska svetsrördelar
DIN 11866	Rostfria aseptiska rör. Dimensioner och kvaliteter.

Kapitel 10: Normöversikt

Stångstål

EN 10056-2	Konstruktionsstål. Oliksidigt och liksidigt vinkeljärn Del 2: Toleranser för form och dimensioner
EN 10058	Varmvalsad plattstång för allmänna ändamål Dimensioner, form- och måttoleranser
EN 10059	Varmvalsade kvadratiske stångstänger för allmänna ändamål Dimensioner, form- och måttoleranser
EN 10060	Valsade runda stångstänger för allmänna ändamål Dimensioner, form- och måttoleranser
EN 10272	Tekniska leveransbestämmelser för rostfri tryckkärlstång
EN 10278	Blankstål Dimensioner och toleranser för blankstålsprodukter

Plåt

EN 10028-7	Tekniska leveransbestämmelser för tryckkärlsplåt Del 7: Rostfria stål
EN 10029	Varmvalsad stålplåt med en tjocklek på 3 mm eller mer Toleranser för dimensioner, form och densitet
EN 10051+A1	Kontinuerligt varmvalsad, obelagd plåt och band av olegerade och legerade stål Dimensions- och formtoleranser
EN ISO 9445	Kontinuerligt kallvalsade, smala och breda rostfria stålband, plåt/band och klippta längder Toleranser för dimensioner och form
EN 59220	Varmvalsad och rostfri tårplåt Dimensions- och formtoleranser

Kapitel 10: Normöversikt

Flänsar	
DIN 2527	Blindflänsar
DIN 2576	Plana flänsar för påsvetsning
DIN 2633	Svetsflänsar med krage – PN 16
DIN 2642	Lösflänsar – PN 10
EN 1092-1	Flänsar och flänsanslutningar
(Ersätter DIN-normerna)	Runda flänsar till rör, ventiler, rördelar och tillbehör, PN-betecknade
	Del 1: Stålfänsar: Typ 01 – Plana flänsar Typ 02 – Lösflänsar Typ 05 – Blindflänsar Typ 11 – Svetsflänsar

Dokumentation

EN 10204 Metalliska produkter. Typ av kontrollintyg

För ytterligare information om standarder, hänvisas till respektive hemsida:

3-A	3-A Sanitary Standards, Inc. www.3-a.org
ASME	American Society Of Mechanical Engineers www.asme.org
ASTM	American Society for Testing and Materials www.astm.org
BS	BSI British Standards www.bsi-global.com
DIN	Deutsches Institut für Normung www.din.de
DS	Dansk standard www.ds.dk
EN/SS	Europa Norm / Svensk Standard www.sis.se
FDA	US Food and Drug Administration www.fda.gov
ISO	International Organization for Standardization www.iso.org