

Rustfri håndbok

En håndbok for rustfritt stål

Innledning

Denne håndboken er ment som et hjelpemiddel for å lette valget av passende rustfritt stål for din applikasjon. Det presenterte materialet vil i stor grad være basert på Tibnors lagersortiment. Det finnes også andre kvaliteter av rustfritt stål, og også design, men vi har valgt å fokusere på materialer med høy tilgjengelighet fra lager.

Dersom du mener at den aktuelle applikasjonen krever stål utenfor vårt lagerprogram, anbefaler vi at du kontakter Tibnors produktspesialist allerede på designfasen. På denne måten kan du fra begynnelsen bli hjulpet med valg av materiale når det kommer til spesifisering av analyse, egenskaper, utførelse og mulig varmebehandling. Ved behov for en mer inngående undersøkelse av den aktuelle applikasjonen, har vi også muligheten til å engasjere spesialister hos våre leverandører.

Denne håndboken er ikke ment for å gi svar på alle spørsmål angående valg av rustfritt stål, men skal først og fremst tjene som en veiledning. Som så mye annet innebærer valg av stål et kompromiss mellom stilte krav og tilgjengelige egenskaper. Trenger du ytterligere informasjon utover det som er tilgjengelig i dokumentet, er det alltid lurt å konsultere kontakten din hos Tibnor.

Håndboken bruker konsekvent de nye EN-standardene for å referere til stålqualiteter. En tabell som sammenligner EN-betegnelsene for rustfritt stål og tilsvarende i andre viktige internasjonale standarder (inkludert utløpte betegnelser) er presentert på slutten av denne håndboken. I tillegg, innenfor rammen av EN-standardene, overholder vi materialnummeret i stedet for de alfanumeriske betegnelsene der for eksempel stål 1.4460 kalles X3CrNiMoN27-5-2.

Første utgave av Tibnors rustfrie håndbok utgis i 2022.

Våre leverandører forbedrer kontinuerlig sine produkter, derfor forbeholder vi retten til å gjøre endringer i den oppgitte informasjonen og anbefalingene.

Innholdsfortegnelse

1. Rustfritt stål - en introduksjon.....	4
2. Å velge rustfritt stål	6
3. Virkningen av legeringselementer i rustfritt stål	9
4. Korrosjon av rustfritt stål	12
5. Skjæring av rustfritt stål	16
6. Sveising av rustfritt stål	18
7. Kaldforming av rustfritt stål	22
8. Rustfritt stål - ulike produktformer och utførelser	24
9. Rustfritt stål som konstruksjonsmaterieil	29
10. Produktprogram for rustfritt stål	38
Plater	39
Lange produkt, inkludert armering.....	45
Rør	55
11. Verditabell med fysiske egenskaper for rustfritt stål	66
12. Formler for beregning av teoretisk vekt	67
13. Liste over EN-standard for rustfritt stål	69
14. Sammenligning mellom EN og andre internasjonelle standarder	71
15. Sertifikat, prøvetaking	72



Rustfritt stål – en introduksjon

Rustfritt stål er en samlebetegnelse for en gruppe jernbaserte legeringer med den fellesnevneren at de inneholder legeringselementet krom i nivåer høyere enn 11 vektprosent. Sammenlignet med vanlig stål og som navnet antyder, viser rustfritt stål god motstand mot korrosjon. Dessverre er begrepet rustfritt til en viss grad misvisende fordi rustfritt stål, avhengig av omstendighetene, kan påvirkes av forskjellige typer korrosjon. Likevel er det rustfrie stålet stort sett alltid motstandsdyktig mot korrosjon i fuktig luft og vanlig oksygenrikt vann.

Korrosjonsbestandigheten til rustfritt stål stammer fra det faktum at i vanlig luft dannes et tynt beskyttende ("passivt") oksydlag på overflaten av stålet, hovedsakelig bestående av kromoksyd. Dette laget er veldig slitesterkt og skader forårsaket av for eksempel riper, reparerer seg lett. Korrosjonsangrep fortsetter når omgivelsene er slik at det passive laget svekkes eller ikke lenger er stabilt.

For at det beskyttende laget skal dannes, kreves det at tilstrekkelig med krom er oppløst i stålet. Hvis karbon i tillegg er til stede, dannes kromkarbider, og mengden oppløst krom avtar, og det er derfor korrosjonsbestandigheten minsker. Derfor er karbon et uønsket forurensningselement, og i mange typer rustfritt stål er målet å ha så lavt karboninnhold som mulig.

Rustfritt stål er delt opp i fire ulike grupper

Forskjeller i mikrostruktur gjør det hensiktsmessig å dele rustfritt stål inn i fire grupper hvis navn refererer til den dominerende mikrostrukturtypen.

Ferrittiske stål

Stålene i denne gruppen er i utgangspunktet jernbaserte legeringer som inneholder krom i innhold på 12 - 25%. Karbon er bare til stede i svært små mengder, men noen varianter inneholder lite nikkel eller 1-2% molybden. I ferrittiske stål er karbon negativt i dobbelt forstand fordi det i tillegg til forverret korrosjonsbestandighet også har en reduserende effekt på seighet. Noen ganger inneholder stålene også titan, hvis oppgave er å effektivt binde karbon i form av titankarbid. Det sies da at stålet er "titanstabilisert".

De mekaniske egenskapene til ferrittiske stål er stort sett ekvivalente med vanlige stål med lite karbon. Mekaniske egenskaper kan ikke forbedres ved varmebehandling, og ferrittiske ståltyper er magnetiske.

Martensittisk stål

Disse stålene har en ganske lik sammensetning som ferrittiske stål, med den forskjellen at karboninnholdet er i området 0,1 - 0,4%. Stålene er således herdbare og kan gjennom herding og anløpning oppnå styrkenivåer på høyde med herdet stål med lav legering. Dette går imidlertid på bekostning av korrosjonsbestandighet.

Martensittisk rustfritt stål med bare karbon og krom har ganske dårlig seighet ved romtemperatur og like under. Tilsetning av nikkel, opp til noen prosent, forbedrer seigheten litt. Martensittisk rustfritt stål er også magnetisk.

En interessant variant innenfor den martensittiske gruppen er martensittferrittiske stål som har et relativt lavt karboninnhold (<0,1%) i kombinasjon med flere prosent nikkel og ofte sammen med ca. 1% molybden. Slike stål kan varmebehandles slik at en ønsket kombinasjon av styrke og seighet oppnås, mens det lave karboninnholdet medfører svært lite offer når det gjelder korrosjonsegenskaper.

Austenittiske stål

Denne typen rustfritt stål karakteriseres av det faktum at den i tillegg til krom inneholder minst 7 - 8% nikkel. Karboninnholdet holdes så lavt som mulig, og visse egenskaper stabiliseres med titan. Det er to dominerende undergrupper; stål uten molybden, som inkluderer den klassiske varianten 18Cr-9Ni, og stål av molybdenlegering med normalt 2-3% Mo sammen med 12 - 13% nikkel. Austenittiske stål er vanligvis ikke-magnetiske.

Når det gjelder mekaniske egenskaper, er austenittiske stål kjennetegnet av lav flytegrense (på omtrent samme nivå som ferrittiske stål), men en veldig høy forlengelse (betydelig bedre enn for ferrittiske stål). Austenittiske stål kan ikke

herdes, men styrken kan økes betydelig ved kaldbearbeiding. Seigheten ved lave temperaturer er utmerket, selv under kalde arbeidsforhold.

Austenittisk stål beholder sin styrke betydelig bedre enn ferrittisk eller martensittisk stål ved forhøyede temperaturer.

Ferritt-austenittiske stål (DUPLEX)

Ferritt-austenittiske rustfrie stål, også kalt duplexstål, har en mikrostruktur som består av omtrent like store andeler ferritt og austenitt. En slik mikrostruktur oppnås ved en balanse mellom ferrittdannende legeringstilsetningselementer; krom og molybden, og austenittdannende; nikkel og nitrogen (legeringstilsetningselementer og deres effekt er diskutert senere i denne håndboken).

Ferrittisk-austenittiske rustfrie stål er ikke herdbare, men de har likevel betydelig bedre styrke enn både austenittisk og ferrittisk stål, mens korrosjonsbestandigheten i mange tilfeller er minst like god eller bedre. Seigheten er generelt bedre enn for ferrittiske stål, men ikke så god som for de austenittiske. Duplexstål viser magnetisme.



Copyright © 2021 Outokumpu Oyj



Å velge rustfritt stål

Et rustfritt stål er ofte valgt som et alternativ til en vanlig stålkvalitet hovedsakelig på grunn av korrosjonsbestandighet. Det rustfrie materialet er riktignok dyrere, men du unngår kostnadene ved å beskytte overflaten mot korrosjon, og i noen korrosive miljøer er karbonstål ikke et alternativ. Det som kanskje er mindre kjent er at rustfritt stål har en rekke andre interessante egenskaper, spesielt mekaniske egenskaper, som i kombinasjon med korrosjonsbestandighet betyr at de meget vel kan betraktes som alternativer for mange anvendelser der karbonstål hittil har vært dominerende.

Under følger en kort oppsummering av de viktigste materialene og prosesseringsegenskapene til rustfritt stål. Korrosjonsbestandighet er diskutert mer detaljert i et eget avsnitt i denne håndboken.

Fysiske egenskaper

Med unntak av austenittiske stål, har alle typer rustfritt stål omtrent samme tetthet som vanlige karbonstål, dvs. 7,85 kg/dm³. Tettheten til austenittiske stål er noen prosent høyere. Med andre ord, en bestemt del vil ha omtrent samme vekt uavhengig av om den er laget av karbonstål eller et rustfritt stål.

På grunn av det høyere legeringsinnholdet viser rustfritt stål betydelig lavere varmeledningsevne enn karbonstål. De høylegerte austenittiske stålene har en varmeledningsevne som bare er en tredjedel av karbonstålets.

Den termiske utvidelsen varierer ganske mye mellom forskjellige typer stål. Martensittisk og ferrittisk stål utvides enda litt mindre enn karbonstål, mens utvidelsen av duplexstål er noe høyere. Ganske konsekvent har austenittiske stål i sammenligning med vanlige karbonstål en betydelig

høyere (> 30%) verdi for termisk ekspansjonskoeffisient.

En tabell over verdiene for de fysiske egenskapene for rustfritt stål i Tibnors lagerprogram finner du på slutten av manualen (side 73).

Hardhet/holdbarhet

Som allerede påpekt, er karbon i tre av fire typer rustfritt stål en uønsket forurensning. Følgelig er disse stålene for det meste myke fordi karboninnholdet er vesentlig for å oppnå høy hardhet ved herding. Martensittisk stål inneholder derimot karbon og kan herdes og anløpes til relativt høye hardheter. Karbon er imidlertid negativt for seighet og korrosjonsegenskaper, så til en viss grad er du tvunget til å begrense karboninnholdet og dermed hardhetsnivået som kan oppnås. Ved kaldbearbeiding kan de austenittiske stålene få en kraftig økt styrke og hardhet.

Siden hardhet og slitestyrke i stor grad følger hverandre, kan det fastslås at den beste slitestyrken vil bli oppnådd av martensittiske stål og austenittiske stål som har blitt kraftig bearbeidet. Ferrittisk, ferritt-austenittisk stål og austenittisk stål i myk (glødet) tilstand har lav slitestyrke.

Styrke - Flytegrense/strekkfasthet

Flytegrensen definerer lasten en detalj kan tåle uten å få permanent (plastisk) deformasjon. Flytegrensen er imidlertid relatert til den maksimale belastningen som en komponent eller struktur kan utsettes for uten å svikte.

Ferrittiske og austenittiske rustfrie stål har normalt lav flytegrense omtrent på nivået med strukturelle stål med lite karbon. Flytegrensen til austenittiske stål er imidlertid litt

høyere enn for vanlig stål på grunn av den høye duktiliteten (se diagrammet på forrige side). For austenittiske stål kan både flytefasthet og flytegrense multipliseres ved kaldbearbeiding eller kaldbearbeiding i kombinasjon med gløding.

Duplexstrukturen av ferritt-austenittiske stål har en viss herdningseffekt, slik at spesielt flytegrensen er klart høyere enn for både ferrittiske og austenittiske stål.

De martensittiske og martensitt-ferrittiske variantene har høyest flyt og strekkfasthet blant rustfritt stål. Gjennom herding og anløpning oppnår disse typer stål styrkenivåer som er godt sammenlignbare med lavlegerte herdet stål.

I motsetning til konstruksjonsstål med lite karbon, har alle rustfrie stål, med unntak av visse ferrittiske typer, en kontinuerlig flytegrense, og størrelsen spesifisert i standardene er Rp_{0.2} (dvs. spenningen tilsvarer en permanent forlengelse på 0,2%). For austenittiske stål, som er preget av høy duktilitet (se nedenfor), er det ganske vanlig at i tillegg til Rp_{0.2} er også Rp1.0 spesifisert.

Det typiske utseendet til strekkprøvekurver (spenning mot forlengelse) for de forskjellige typene rustfritt stål og et vanlig konstruksjonsstål (S355) sammenlignes i figuren på forrige side.

Utmatting/ tretthetsstyrke er en viktig egenskap som definerer stålets evne til å tåle variable eller pulserende belastninger. Denne parameteren, som er knyttet til strekkfastheten, er diskutert mer detaljert i et avsnitt i denne håndboken der rustfritt stål som et konstruksjonsmateriale diskuteres.

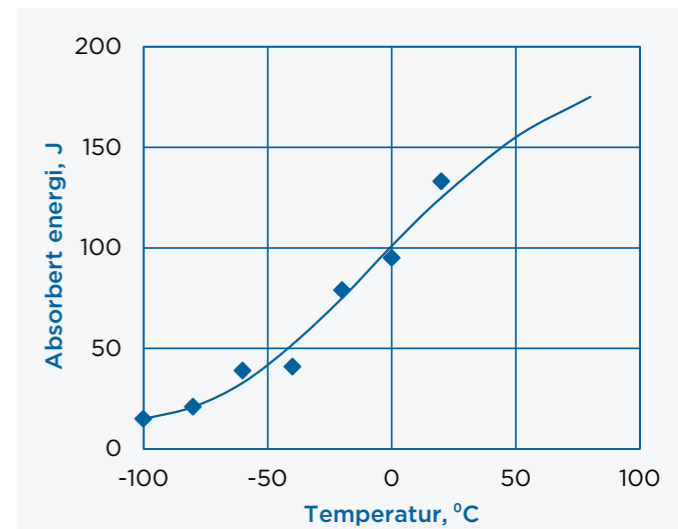
Seighet/duktilitet

Begrepet seighet omfatter motstand til å initiere og forplante sprekker under belastning som til slutt fører til brudd. Et stål er klassifisert som seigt hvis det kreves høy belastning for at sprekker skal starte og vokse. Hvis sprekker derimot begynner og forplantes med letthet uten at lasten må være så høy, er materialet sprøtt.

Det er flere metoder for å måle seighet. Noen er teknisk kompliserte, men Charpy-V (KV) skårslagstesting (innvirkningstesting) av anviste prøvebiter er en metode som til tross for noen mangler både er enkel og billig. I likhet med karbonstål viser ferrittisk, ferritt-austenittisk (dupleks) og martensittisk stål i KV-testing et omslag mellom seigt og sprøtt brudd hvis temperaturen senkes (se diagrammet under). Omslagstemperaturen kan variere mellom +50 og -100 ° C. Dupleksstål har vanligvis bedre KV-seighet enn ferrittisk eller martensittisk. Austenittisk stål viser derimot ingen endring fra seigt til sprøtt, selv ikke ved lave temperaturer.

Med duktilitet menes stålets evne til å deformeres plastisk uten å sprekke, og fremgår av verdier for forlengelse (A5, A50, A80 og lignende) og arealkontraksjon (Z) under strekkprøving til brudd. De "myke" rustfrie stålene (ferrittiske, ferritt-austenittiske og austenittiske) er alle duktile, men de austenittiske stålene har forlengelsesverdier som noen ganger er dobbelt så høye som de andre. Duktiliteten til martensittisk stål avhenger av styrke/hardhet etter herding og anløpning, men er generelt lavere enn for de andre.

Den høye duktiliteten til austenittiske stål betyr at disse stålene er meget godt formbare. I tillegg kan styrken økes ved kaldbearbeiding og fortsatt opprettholde akseptabel duktilitet og seighet.



Omslagskurven fra Charpy-V testing av EN 4162 (Outokumpu LDX 2101*), ett duplex rustfritt stål. Omslagstemperaturen, t.ex. temperaturen der den absorberende energien er 27J, er i dette tilfellet ca -70°C. Målte verdier for absorbert energi er hentet fra et bidrag av H. Sieurin, E. Westin, M. Liljas och R. Sandström til konferensen "Duplex 2007" som ble organisert av Associazione Italiana di Metallurgia, Grado, Italien (2007).

Stivhet

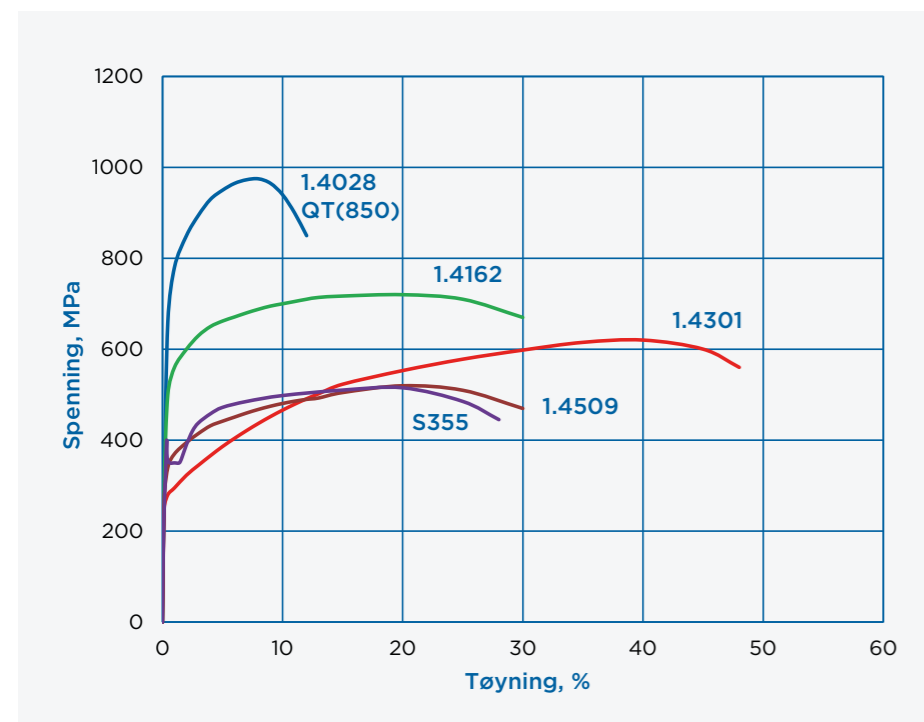
Den elastiske dimensjonsendringen som et materiale viser som svar på en viss belastning bestemmes av dens stivhet, som igjen er knyttet til verdien av elastisitetsmodulen eller E-modulen. Sistnevnte er en veldig viktig mekanisk egenskap fordi den bestemmer hvor mye en detalj endrer form når den belastes. Som oftest kan en overdreven formendring ikke tolereres. Et elastisk mykt materiale som gummi deformeres mye (lav E-modul) mens stål som er elastisk stivt (høy E-modul) bare deformeres litt.

Rustfritt stål og vanlig karbonstål har omtrent den samme E-modulen, som kan variere noe, men som normalt ligger i området 190 000 - 220 000MPa. Dermed kan rustfritt stål erstatte karbonstål uten merkbare negative konsekvenser for graden av elastisk forlengelse, nedbøyning etc. i belastede strukturer. Verdier for E-modulen for rustfritt stål i Tibnors lagerprogram er gitt i tabellen over fysiske egenskaper.

Sigefasthet (Kryp)

Signing er en skadelig prosess som ofte kan oppstå når et materiale belastes ved forhøyde temperaturer. For stål så vel som alle materialer, reduseres både styrken (strekkgrense, strekkfasthet) og E-modulen når temperaturen økes. Sigeprosessen styres til en viss grad av de samme mekanismene som styrer plastisk deformasjon ved lave temperaturer, med noen modifikasjoner på grunn av den økte mobiliteten til stålatomene.

Austenittisk rustfritt stål beholder sin styrke ved høye temperaturer relativt godt, med den konsekvens at sigestyrken er god, betydelig bedre enn både andre typer rustfritt stål og karbonstål. På den annen side er austenittiske stål kjennetegnet av en uheldig kombinasjon av lav varmeledningsevne og en ganske høy termisk ekspansjonskoeffisient som kan forårsake problemer under forhold der temperaturen svinger opp og ned.



Sammenligning av spennings-tøyningskurver for forskjellige typer rustfritt stål og et konstruksjonsstål, S355 (1.4028 martensittisk, 1.4162 duplex, 1.4301 austenittisk og 1.4509 ferrittisk)

Skjærbarhet

Med unntak av kaldbehandlede austenittiske og martenittiske varianter er rustfritt stål ganske mykt. På grunn av dette oppleves skjæremaskinering ofte som tungvint, og bearbeidbarheten er verre enn for karbonstål med samme hardhet. I tillegg blir maskinering vanskelig gjort av den høye duktiliteten til spesielt austenittiske stål, noe som gjør maskineringspon vanskelig å bryte. Heldigvis finnes det i dag karbidkvaliteter og verktøygeometrier som er spesielt tilpasset for bearbeiding av alle typer rustfritt stål.

Ved tilsiktet tilsetning av visse stoffer, for eksempel svovel, kan formbarheten til rustfritt stål (automatiske stål) forbedres betydelig, men mange ganger på bekostning av andre egenskaper, spesielt korrosjonsbestandighet og sveising. Duplexstål, med litt høyere hardhet, viser i mange tilfeller litt bedre skjærbarhet enn andre varianter med samme grad av korrosjonsbestandighet.

Sveisbarhet

Austenittiske stål er lettsveisede. Unntaket er rustfritt stål med økt svovelinnhold. Ferrittiske og ferritt-austenittiske stål viser stort sett god sveisbarhet, mens martensittiske stål er vanskeligere å sveise og en må ta visse forhåndsregler

(vi anbefaler at du tar kontakt med sveisespesialister).

Ved sveising av rustfritt stål er valg av sveisemetode, tilsetningsstoff og etterbehandling spesielt viktig hvis korrosjonsmotstanden i og rundt sveisen ikke skal forringes.

I et senere avsnitt behandles sveising av rustfritt stål mer detaljert.

Kaldformbarhet

Ståldetaljer kan være kaldformet av f.eks. bøyning, trekking eller dyptrekking. Kaldformbarheten definerer stålets evne til å tåle slik plastisk bearbeiding uten brudd, dvs. det er nært koblet med duktiliteten. Dermed har austenittiske stål med høy duktilitet veldig god kaldformbarhet. Ferrittisk og ferritt-austenittisk stål forårsaker også sjeldent problemer ved kaldforming. På den annen side kan martensittiske stål kaldformes kun ved enkle metoder som bøyning eller bråkjøling.

Kaldforming av rustfritt stål diskuteres nærmere senere i denne håndboken.

Konsekvenser av legerede stoffer i rustfritt stål

Som det har kommet frem av den innledende diskusjonen, legeres rustfritt stål alltid med krom (Cr). Det er krom som er hovedkomponenten i det beskyttende, passive oksydlaget som effektivt forhindrer korrosjonsangrep, i det minste i mindre aggressive omgivelser. Jo mer krom stålet inneholder, jo sterkere er korrosjonsbeskyttelsen. Minimumsinnholdet er ca. 11%, mens dannelsen av en intermetallisk forbindelse mellom krom og jern, sigma-fase, begrenser det maksimale krominnholdet til 28 - 30%, ellers er det stor risiko for at austenittiske stål også blir sprøtt.

I tillegg til å forbedre korrosjonsbestandigheten, er et høyt innhold av krom også positivt for stålets motstand mot avskalling og oksidasjon ved forhøyede temperaturer.

Krom stabiliserer ferritt, og de fleste ferrittiske rustfrie stål kan i utgangspunktet betraktes som legeringer av jern og krom, i noen tilfeller med mindre tilsetning av andre legeringselementer.

Karbon (C)

Legering av jern med karbon er riktignok grunnlaget for vanlig stål, men i de fleste kvalitetene av rustfritt stål anses karbon stort sett som en uønsket forurensning. Årsaken er at krom er en relativt sterk karbidanner, og tilstedeværelsen av karbon sammen med krom resulterer i utfelling av kromkarbider. Da mister du kromets evne til å danne et passivt oksydlag og dermed korrosjonsbestandigheten.

Fraværet av karbon i ferrittisk, duplex og austenittisk rustfritt stål betyr at disse typer stål ikke er herdbare. På den annen side, for martensittisk rustfritt stål, som er herdet til en ganske høy styrke, er karbon et bevisst og essensielt legeringselement, men som sagt på bekostning av korrosjonsbestandighet. I austenittiske stål bidrar karbon til økt krepstyrke, og derfor er varmebestandige typer normalt preget av en bevisst, om enn liten, tilsetning, normalt <0,1%.

I motsetning til krom fungerer karbon som en austenittstabilisator.

Nikkel (Ni)

Nikkel er et nødvendig tilsetningsstoff i austenittisk stål hvor hovedformålet er å stabilisere den austenittiske tilstanden. Dermed kan nikkel sies å bidra til høy duktilitet og god seighet, forbedret sveisbarhet og overlegne varmestyrkeegenskaper som er karakteristiske for austenittisk rustfritt stål. I tillegg blir nikkellegerede austenittiske stål ikke-magnetiske. Nikkel er også viktig for motstanden til austenittiske stål mot angrep av visse kjemikalier.

For ferritt-austenittiske stål er et velbalansert nikkel-tilskudd viktig fordi det søkes like deler av austenitt og ferritt i mikrostrukturen. Nikkelinnholdet er normalt 5-6% i slike duplexstål, mens austenittiske varianter inneholder minst 8% nikkel og mange ganger betydelig mer.

Noen martensittiske og ferrittiske stållegeringer er leget med opptil et par prosent nikkel hvis formål er å forbedre seighet, og i tilfeller med martensittisk stål også herdbarhet.

Molybden (Mo)

Korrosjonsbestandigheten forbedres av molybden, og den

positive effekten av dette legeringselementet kommer i tillegg til den som er avledet fra krom. Stoffet er imidlertid ferrittstabiliserende, og i austenittiske stål må dets tilstedeværelse kompenseres med et høyere innhold av nikkel enn om stålet manglet molybden. Austenittiske stål leget med molybden omtales ofte som "syrefast", noe som bare delvis stemmer overens med virkeligheten.

Den positive effekten av molybden hva gjelder korrosjon er i stor grad uavhengig av typen rustfritt stål, for eksempel er mange standardiserte duplexstål molybdenlegerede. De siste årene har både duplex og austenittisk stål blitt utviklet med molybdeninnhold på 6% eller mer. Som med krom setter bivirkninger på grunn av utfelling av intermetalliske forbindelser en grense for hvor mye molybden rustfritt stål kan inneholde.

Nitrogen (N)

Takket være tilstedeværelsen av krom kan austenittisk stål og duplexstål legeres med relativt høye nivåer av nitrogen, fra 0,1 - 0,5%. Samspillet mellom nitrogen og krom er ikke så sterkt som karbon, slik at utfelling av kromnitrid stort sett kan unngås, i det minste i stål som inneholder austenitt. Det er ikke mulig å legerer ferrittiske stål med nitrogen. Der det er aktuelt, har legering med nitrogen en rekke positive effekter:

- Å heve flytegrensen og strekkfastheten for austenittiske stål, hver 0,1% tilsetning gir omtrent 40 MPa høyere flytegrense. Krepstyrken forbedres også med økt nitrogeninnhold.
- Ytterligere forbedret motstand mot visse typer korrosjon. Kombinasjonen av nitrogen og molybden ser ut til å være spesielt gunstig i denne forbindelse.
- Nitrogen stabiliserer austenitt og brukes til å opprettholde balansen mellom ferritt og austenitt i duplexstål og for å redusere nikkelbehovet i austenittisk stål.
- Dannelsen av intermetalliske forbindelser som inneholder krom og molybden i høylegerede austenittiske og duplexstål motvirkes av tilstedeværelsen av nitrogen.

Kobber (Cu)

I tillegg til krom, nikkel og molybden inneholder et lite antall rustfritt stål også noen få prosent kobber. Innlegering av litt kobber er positivt for korrosjonsbestandigheten til visse syrer, for eksempel svovelsyre.

Mangan (Mn)

Så å si alt rustfritt stål er leget med noen få prosent mangan hvis hovedfunksjon er å virke sammen med silisium som et desoksydasjonsmiddel. I tillegg er svovel bundet av mangan for å danne mangansulfid; fritt svovel kan føre til at rustfritt stål sprekker i varmvalsing. Tilstedeværelsen av mangansulfid er også gunstig for bearbeidbarhet, og det er derfor rustfritt automatstål legeres med mangan i kombinasjon med tilsiktet økt svovelinnhold.

Mangan er en austenittstabilisator, men effekten er ikke like sterk som nikkel. Siden mangan er betydelig billigere enn nikkel, finnes det både austenittisk stål og duplexstål der nikkel delvis er erstattet av flere prosent mangan. Korrosjonsegenskapene er imidlertid ikke like gode som "rene" nikkelstål med bare 1-2% mangan.



Silisium (Si)

Ved fremstilling av rustfritt stål reagerer silisium og mangan med oppløst oksygen og det dannes slag av mangansilikat. Disse er lettere enn stål og flyter ut av smelten. På denne måten reduseres innholdet av løst oksygen, noe som ellers påvirker stålets egenskaper negativt. Silisium i kombinasjon med mangan virker dermed som et deoksidasjonsmiddel.

Forhøyede nivåer av silisium reduserer veksthastigheten til oksidskallet under eksponering for høye temperaturer. Temperaturbestandige rustfrie stål er derfor ofte leget med opptil noen få prosent silisium.

Tilsetningsstoffer som øker kuttebarheten/svovel (S), kalsium (Ca)

Forsettlig tilsetning av svovel til et rustfritt stål som inneholder mangan resulterer i dannelse av små inneslutninger av mangansulfid, noe som har en positiv effekt på bearbeidbarheten. Dessverre kan partiklene av mangansulfid fungere som utgangspunkt for ulike typer korrosjon, derfor er korrosjonsegenskapene til rustfrie automatstål klart dårligere enn for tilsvarende stål hvor svovelinholdet er holdt lavt.

Mot slutten av 1900-tallet ble det utviklet metallurgiske metoder som gjorde det mulig for rustfrie stål å behandles med kalsium i kombinasjon med et kontrollert, men ganske lavt innhold av svovel. Denne metoden gjør at skjærbarheten kan forbedres utenfor stor forringelse av korrosjonsmotstanden. Produkter som Outokumpu PRODEC[®], Valbrunas MAXIVAL[®] og Sandviks SANMAC[®] er eksempler på rustfrie stål hvis kuttebarhet er forbedret gjennom kalsiumbehandling.

”Stabiliserende” tilsetningsstoffer/ titan (Ti), niob (Nb)

Med moderne metallurgisk teknologi er det fullt mulig å produsere rustfritt stål med karboninnhold ned til 0,01 %. Den negative påvirkningen av karbon på korrosjonsegenskapene kan dermed i stor grad elimineres. For noen bruksområder er imidlertid også 0,01 % for høyt og da må såkalt stabilisering ty til. Denne prosessen går ut på å legerer stålet med et stoff som har høyere affinitet for karbon (og nitrogen) enn krom. Det vanligste er titan, men niob og også tantal forekommer også (men ikke sammen). Mengden titan og niob avhenger av karboninnholdet, men mange standarder angir min. 5 ganger (C + N) for titan og min. 10 ganger (C + N) for niob. Det kan bemerkes at stabilisering med titan ikke er mulig for rustfrie stål som med hensikt er leget med nitrogen.

Det finnes både austenittiske og ferrittiske stål stabilisert med titan eller niob. For ferrittiske stål gir stabilisering en ekstra fordel da slagfastheten også forbedres. En tilsetning av titan eller niob bidrar også til å forbedre varmebestandigheten takket være utfelling av karbider, men da kreves det en kontrollert mengde karbon.

Både karbon og nitrogen bidrar til å stabilisere austenitt. Dermed virker titan og niob indirekte som ferrittstabilisatorer ved å redusere nivåene av oppløst karbon og nitrogen. Av denne grunn er nikkelinholdet i et stabilisert austenittisk stål ofte noen få prosent høyere enn i tilsvarende ikke-stabilisert stål.

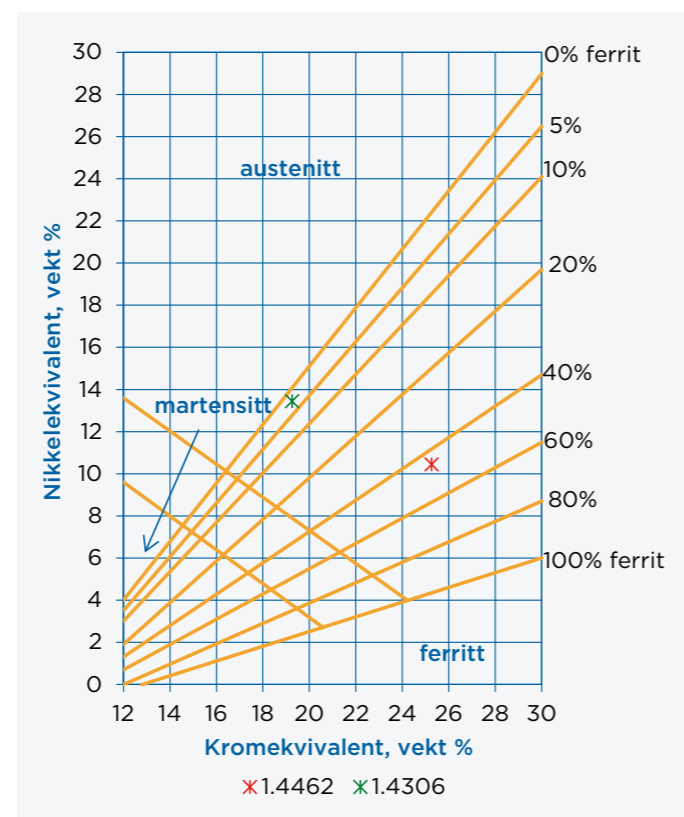
Krom- og nikkelekvivalent (Schaeffler-De Long diagrammet)

Følgende formler for krom- og nikkelekvivalenter oppsummerer effekten av ulike tilsetningsstoffer i rustfri stållegering for å stabilisere enten ferritt (Cr-ekvivalent) eller austenitt (Ni-ekvivalent). Alle konsentrasjoner refererer til vekt-%.

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

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

I et Schaeffler-De Long-diagram er Ni-ekvivalent mot Cr-ekvivalent plottet slik at det er mulig å estimere om et stål med en gitt sammensetning består av ferritt, austenitt, martensitt eller blandinger derav. En forenklet versjon angående stål i varmvalset + glødet tilstand er vist nedenfor.



For eksempel stål EN 1.4462 med sammensetning (vekt%) 0,015C; 0,5 Si; 1,0 Mn; 21,5 Cr; 5,0 Ni; 3,0Mo og 0,15N har Cr-ekvivalent = 25,25 % og Ni-ekvivalent = 10,45 %. Fra diagrammet ovenfor kan man se at i glødet tilstand består mikrostrukturen til stålet av omtrent like store andeler austenitt og ferritt. Hvis vi som et annet eksempel tar stål EN 1.4306 med sammensetning 0,015C; 0,5 Si; 1,0Mn, 18,5Cr, 11,0Ni og 0,05N, Cr-ekvivalenten er 19,25% og Ni-ekvivalenten er 13,45%. Igjen viser diagrammet at mikrostrukturen i glødet tilstand består av omtrent 100 % austenitt, muligens med innslag av en svært liten andel ferritt.

Det skal bemerkes at versjonen av Schaeffler-De Long-diagrammet vist ovenfor er omtrentlig og er ment å kun gi en grov indikasjon på stabiliteten til de forskjellige mikrostruk-

turtypene. Diagrammet må endres dersom andre forhold enn valset / glødet er av interesse, for eksempel sveisemått.

Legeringsmaterialer og prisen på rustfritt stål

For vanlige produktformer, strimler, metallplater, stenger, rør osv. utgjør kostnaden for legeringselementer en betydelig del av produktkostnaden, noen ganger mer enn 50 %. De dyreste legeringsmetallene er nikkel og molybden og prisen på disse stoffene kan også vise til ganske store og uforutsigbare svingninger. Av de viktigste legeringstilsetningene er krom det billigste og kostnaden per tilsatt vektprosent er ca 200 NOK/tonn, som kan variere noe over tid, men ikke så mye som nikkel og molybden. En grov indikasjon er at nikkel er 5-10 ganger dyrere enn krom per tilsatt vektprosent og molybden 8-12 ganger dyrere. Mest følsomme for prisvolatilitet er austenittiske stål, som alltid inneholder ganske mye nikkel og mange ganger også molybden. Dupleksstål inntar

en mellomposisjon, selv om noen typer har ganske høye molybdennivåer, mens ferrittiske og martensittiske stål generelt er preget av et mye mer stabilt prisbilde.

Ferrittiske stål leget nesten utelukkende med krom kan noen ganger tilby et kostnadseffektivt alternativ til austenittisk stål. Dersom noe lavere slagstyrke og litt dårligere formbarhet og sveisbarhet kan aksepteres, er korrosjonsbestandigheten i mange tilfeller ekvivalent. I tillegg er det austenittiske og dupleksstål hvor nikkel delvis er erstattet med en kombinasjon av mangan og nitrogen. Prisen for mangan er omtrent en tittel av prisen for nikkel og nitrogen er tilnærmet gratis. Korrosjonsmotstanden til rustfritt stål leget med høyere nivåer av mangan ser imidlertid ut til å være svakt forringet sammenlignet med ”rene” nikkelstål. EN 1.4162 (Outokumpu LDX 2101[®]) er et eksempel på et dupleksstål med 5 % mangan, kun 1,5 % nikkel og nesten ingen molybden som til en overkommelig pris viser en interessant kombinasjon av attraktive mekaniske egenskaper, god sveisbarhet og bearbeidbarhet og relativt sett god korrosjonsbestandighet.



Korrosjon av rustfritt stål

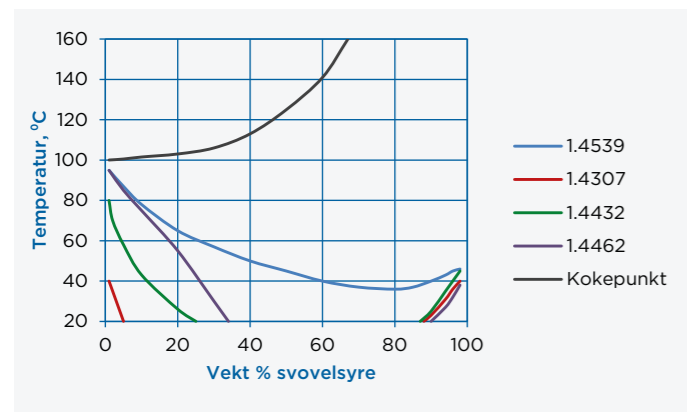
Som det har vært klart av diskusjonen så langt er begrepet 'rustfritt stål' litt uheldig, fordi rustfritt stål under ugunstige omstendigheter kan korrodere med tilhørende rustdannelse. Derfor gir vi en kort presentasjon av ulike typer korrosjonsangrep som stål kan bli utsatt for.

Generell korrosjon i luft og i kontakt med ulike kjemikalier

Det passive overflatelaget som hovedsakelig består av kromoksid, som dannes når et rustfritt stål utsettes for oksygenet i luften, gir god beskyttelse mot korrosjon i både fuktig, men uforurenset luft og i vanlig oksygenrikt vann. Korrosjonsproblemer kan imidlertid oppstå dersom luften inneholder klorider, slik tilfellet er i kyst- eller havmiljøer, svømmebassenger og saltede vinterveier. Forurensede industrimiljøer kan også skape problemer. Når rustfritt stål brukes som byggemateriale utendørs, er overflatefinishen viktig. En ru overflate blir litt mer skitten, noe som gjør det lettere for eventuelle etsende stoffer å bli liggende. Skitten er vanskeligere å få tak på en fin overflate som også er lettere å holde ren.

Hvis miljøet er mer aggressivt, er det godt mulig at det passive oksidlaget brytes ned og ikke lenger er i stand til å beskytte det underliggende stålet som er korrodert bort. For eksempel resulterer eksponering for reduserende syrer (som saltsyre, flussyre eller fortynnet svovelsyre) generelt jevn etsing, hvis omfang avhenger av temperaturen, typen rustfritt stål og sammensetningen av det omkringliggende sure miljøet.

Rustfritt stål har en bred bruk i kjemisk industri og av denne grunn er det omfattende informasjon om deres evne til å motstå generell korrosjon når de utsettes for ulike kjemikalier. Se for eksempel Outokumpus korrosjonstabeller på www.outokumpu.com. Informasjonen i disse og lignende tabeller er presentert for et bestemt stål som en matrise av etsningsdybder for forskjellige temperaturer og forskjellige sammensetninger av miljøet. En akseptert definisjon for motstand mot generell korrosjon er at etsingen skal være mindre enn 0,1 mm/år. For enkelte kjemikalier av stor industriell betydning er det laget såkalte isokorrosjonsdiagrammer som for ulike ståltyper definerer betingelsene for å oppnå en viss grad av angrep, for eksempel 0,1 mm/år. En slik for svovelsyre-vann-systemet er vist i diagrammet.



Isokorrosjonsdiagram for ulike rustfrie stål i løsninger av utvannet svovelsyre. Linjene definerer grensene for en korrosjon på 0,1 mm/år. Hvis kombinasjonen av syreinnhold og temperatur er under linjen, kan stålet anses som motstandsdyktig mot generell korrosjon. Diagrammet er utarbeidet fra informasjonen gitt i Outokumpus korrosjonstabeller.

Generelt kan det sies at rustfritt stål sin motstand mot generell korrosjon i aggressive kjemikalier, som syrer øker med nivåene av krom, nikkel, molybden og for enkelte miljøer også kobber (se kurven for EN 1.4539 i diagrammet ovenfor). Det finnes imidlertid unntak fra denne regelen, for eksempel synes tilstedeværelsen av molybden til og med å være negativ i sterkt oksiderende syrer, for eksempel salpetersyre.

Fordi generell korrosjon fortsetter med en viss hastighet, er den lettere å forutsi og i sammenligning med lokal korrosjon, som f.eks. punktkorrosjon, kan den tolereres til en viss grad. Unntaket er applikasjoner i industrier for produksjon av mat eller legemidler der ingen angrep kan aksepteres i det hele tatt.

Punktkorrosjon

Rustfritt stål kan lide av punktkorrosjon. Denne typen korrosjon er farlig fordi den oppstår lokalt, og takket være kombinasjonen av liten anode og stor katode er angrepshastigheten høy. Tynne varer kan til og med penetreres på ganske kort tid. Det er først og fremst klorider i både nøytrale og sure løsninger som gir opphav til punktkorrosjon, som dermed er et svært vanlig problem i forbindelse med eksponering for saltholdig luft eller sjøvann.

Punktkorrosjon initieres der det beskyttende oksidlaget er svekket, for eksempel ved siden av en slaggekapsling eller annen defekt som sammenfaller med stålets overflate. Når et punkt har utviklet seg, øker dybden veldig raskt. Til tross for dette forblir inngangshullet ofte ganske lite, noe som gjør at angrepet kan være vanskelig å oppdage.

Risikoen for punktkorrosjon øker med økende kloridinnhold, surhet og temperatur. Fordamping av kloridholdig vann (sjøvann) på solfylte dager er ekstremt farlig.

De rustfrie stallegeringene som motvirker punktkorrosjon er krom, molybden og nitrogen. Omfattende testing har vist at effekten av disse stoffene kan oppsummeres med en såkalt PRE-verdi (engelsk "Pitting Resistance Equivalent"):

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

PRE-verdier for de rustfrie stålene som er tilgjengelig på markedet i dag er mellom ca. 12, for enklere ferrittiske stål og 50 eller mer for de såkalte "super-" austenittiske eller duplexstålene.

Som allerede nevnt øker risikoen for å initiere punktkorrosjon i et gitt miljø med økende temperatur. Dermed kan rustfritt stål rangeres ved å sammenligne temperaturen når punktkorrosjon først oppstår i et bestemt miljø. Denne temperaturen kalles CPT (engelsk "Critical Pitting Temperature"). CPT-verdier for rustfritt stål fra en standardisert prøve kan variere mellom 10 °C for det "enkleste" austenittiske stålet EN 1.4307 og nærmere 100 °C for høylegerte "super-austenittiske" varianter.

Spaltekorrosjon

Som navnet antyder, forekommer sprekkekorrosjon i trange væskefylte hull med redusert oksygentilførsel. Angrepet kan altså skje ved flenser, under skiver eller i forbindelse med avleiringer. Det spiller ingen rolle om materialet som danner gapet mot stålet er metallisk eller ikke. Spaltekorrosjon er spesielt forrædersk fordi angrepet er begrenset til selve

sprekken og dermed er vanskelig å oppdage. Spaltangrep kan også forekomme under forhold hvor det ikke oppstår punktkorrosjon på frie overflater.

Spaltekorrosjon er nært beslektet med punktkorrosjon og oppstår spesielt ofte når klorider er tilstede i miljøet. Nok en gang øker risikoen for angrep med økte nivåer av klorider, temperatur og surhetsgrad. De rustfrie stallegeringene som motvirker punktkorrosjon, er også gunstige for motstanden mot sprekkekorrosjon.

Maling eller overflatebelegging av rustfritt stål kan gi problemer med sprekkekorrosjon mellom stålet og overflatelaget dersom sistnevnte er skadet eller riper opp.

I likhet med punktkorrosjon øker risikoen for spalteangrep med økende temperatur og rustfritt stål kan rangeres ved å sammenligne CCT (engelsk "Critical Service Temperature"). CCT i en standardisert prøve er normalt lavere enn CPT, men rangeringen blant forskjellige rustfrie stål er omtrent lik for begge kritiske temperaturer. I tillegg er rangeringen i stor grad sammenfallende med PRE.

Korngrensekorrosjon (interkristallinsk korrosjon)

Denne typen angrep skyldes utfelling av kromkarbid eller andre kromrike partikler i stålets korngrenser. Slik utfelling kan skje som følge av oppvarming til eller langsom nedkjøling fra høy temperatur, for eksempel i forbindelse med sveising. Resultatet er at et område ved siden av korngrensene er utarmet for krom i den grad at det beskyttende, passive laget ikke lenger er stabilt og denne utarmete sonen kan korrodere selv i mindre aggressive miljøer. Alle typer rustfritt stål kan lide av korngrensekorrosjon.

Utfellingen i korngrenser av kromholdige partikler skjer i temperaturområdet 500 - 900 °C, avhengig av ståltipe og den aktuelle forbindelsen. Oppvarming til eller nedkjøling gjennom 650 - 700 °C omtales ofte som "farligst". Som regel er rustfritt stål i leveringstilstand bråkølet/quenched, dvs. de har avkjølt seg veldig raskt etter oppvarming til ca. 1050 °C. På denne måten unngår man utfelling i korngrenser og stålene viser ingen tendens til korngrensekorrosjon.

Det kan oppstå problemer dersom stålet sveises eller på annen måte utsettes for varme etter levering, for eksempel ved avspenningsgløding. Da kan det være vanskelig å unngå at det skjer en viss nedbør i korngrenser med fare for kromutarming og korrosjonsangrep.

Korngrensekorrosjon på grunn av utfelling av kromkarbid kan til en viss grad unngås ved å velge et stål med lave karboninnhold (f.eks. EN 1.4404 med <0,03 % karbon i stedet for 1,4401 hvor maks 0,07 % tillates) eller i kritiske tilfeller et som er stabilisert med titan eller niob, for eksempel EN 4571.

Spenningskorrosjon

Spesielt austenittiske rustfrie stål er utsatt for spenningskorrosjon, dvs. sprekker på grunn av eksponering for det korrosive miljøet i kombinasjon med strekkspenning. Sistnevnte kan noen ganger oppstå under drift, men er oftest forårsaket av restspenninger som følge av sveising eller kaldforming. Igjen er det kloridholdige løsninger ved forhøyede temperaturer (> 60°C) som forårsaker mest problemer, spesielt saltvann. Spenningskorrosjon kan imidlertid også forekomme i sterkt alkaliske løsninger, som for eksempel lut, selv ved høye temperaturer. Vår forståelse av fenomenet er ufullstendig, og det merkelige skjer ofte at oppsprekking skjer uten det minste tegn på korrosjon av delens ytre flate.



Spenningskorrosjonssprekker som har gått helt gjennom veggen til et rør i stålqualität EN 1.4307 som har vært utsatt for væskeholdig klorid i en varmeveksler.

Ferrittiske rustfrie stål er mer eller mindre ufølsomme for spenningskorrosjon og duplexstål er betydelig mindre følsomme enn austenittiske. Mest berørt er de «vanlige» CrNi- og CrNiMo-stålene, for eksempel EN 1.4307 og 1.4404. Økes nikkelinholdet til opptil 20 % eller mer, blir et austenittisk stål også mer motstandsdyktig mot spenningskorrosjon i klorider.

En annen type spenningskorrosjon kan oppstå når rustfritt stål brukes i olje- og gassindustrien hvor prosessvæskene ofte er forurenset med hydrogensulfid, H₂S. I dette tilfellet oppstår oppsprekking på grunn av hydrogensprøhet og i tillegg til graden av forurensning med H₂S er også kloridinnhold og temperatur viktig for angrepets omfang. Det har vist seg at austenittiske stål med høyt nikkelinhold er mest motstandsdyktige mot denne typen spenningskorrosjon.

Galvanisk korrosjon

Hvis to forskjellige metaller er i direkte, elektrisk kontakt i samme miljø, kan det som er edlere korrodere, spesielt hvis det opptar mye mindre areal enn det edlere motstykket. Det klassiske eksemplet er vanlig stål som rustet i kontakt med en kobberlegering. Generelt er to forskjellige typer rustfritt stål elektrokjemisk tilstrekkelig like til at ingen slike galvaniske effekter oppstår. Imidlertid kan et rustfritt stål korrodere hvis det er i kontakt med grafitt. På den annen side, hvis et rustfritt stål og et vanlig karbonstål er i metallisk kontakt, for eksempel i en varmeveksler med rustfrie stålrør og endeplater av karbonstål, kan karbonstålet ruste veldig raskt.

Atmosfærisk korrosjon

Korrosivt angrep av rustfritt stål i atmosfæren kan innebære flere ulike korrosjonsmekanismer og påvirkes også av fuktighet, temperatur, eksponeringsgrad og hvilke forurensninger som finnes. Risikoen for angrep er selvsagt betydelig i kystmiljøer hvor luften inneholder klorider eller i forurensete industrimiljøer. Det finnes også eksempler på aggressive miljøer innendørs, svømmebasseng for eksempel.

Siden rustfritt stål ofte brukes i applikasjoner hvor utseende er viktig, er misfarging og svært lett korrosivt angrep også uønsket. Dette fremmes av ansamlinger av smuss og i denne sammenheng er overflatefinish av største betydning. Smusspartikler fester seg lettere til en grovere overflate og fuktighetsholdige forurensninger forblir lenger. En finere polert eller slipt overflate samler ikke like lett opp smuss og

samtidig er den lettere å holde ren. Spesielt i industrier for produksjon av mat eller legemidler er det viktig at detaljer eller konstruksjoner i rustfritt stål har så fine overflater at rengjøringen lettes.

Testmetoder for korrosjonsbestandighet

Detaljer om de vanligste testmetodene som noen ganger kan finnes i spesifikasjoner for rustfritt stål er oppsummert i tabellen nedenfor.

Det må understrekes at testresultater fra disse forskjellige

Testmetode og type korrosjon	ASTM #	ISO #	Prøvebetingelser	Hva måles/noteres	Anmerkninger
Huey test Interkrystallisk korrosjon	A262 Metod C	3651 - 1	Eksposering for 65 % kokende salpetersyre - 5 x 48 timer	Vekttap	Kan ikke brukes til stål med molybden (oksidierende syre)
Strauss test Interkrystallisk korrosjon	A262 Metod E	3651 - 2	Eksposering i kokende svovelsyre med kobbersulfat	Forekomst eller ikke av sprekker etter at testen er bøydd	Fungerer også bra for stål med molybden
Kritisk temperatur for punkt-korrosjon (CPT)	G48 Metod E	-	6 % FeCl ₃ + 1 % HCl, eksponering 24 timer	Temperaturen hvor korrosjon først kan oppdages	Tar ganske lang tid
Kritisk temperatur for punkt-korrosjon (CPT)	G150	17864	1M NaCl kl +700 mVSCE. Temperaturen økes med 1 ° C / min fra 0 ° C	Temperaturen når strømtettheten blir > 100 µA / cm ² regnes som CPT	Raskere metode. Resultatene er ikke direkte sammenlignbare med G48 Metode E
Kritisk temperatur for sprekkkorrosjon (CCT)	G48 Metod F	-	6 % FeCl ₃ + 1 % HCl, eksponering 24 timer	Temperaturen da sprekkkorrosjon først kan oppdages	Spaltdannere av PTFE. Tar ganske lang tid

Korrosjon ved høye temperaturer, oksidasjon/ avleiring

Spesielt austenittiske rustfrie stål har gode mekaniske egenskaper ved høye temperaturer og brukes derfor til konstruksjonselementer i ovner, eksosanlegg og lignende applikasjoner. Motstanden mot avleiring i både luft og ulike gassblandinger og avgasser er dermed av interesse.

I luft dannes det et lag av hovedsakelig kromoksid som er ganske kompakt og porefritt og som gir god beskyttelse opp til en viss temperatur, den såkalte skalerings-temperaturen. Da klarer ikke oksidlaget lenger å beskytte det underliggende materialet og oksidasjonshastigheten øker vanligvis ganske drastisk. Legeringstilsetninger som øker skalerings-temperaturen er krom, silisium og sjeldne jordmetaller som cerium. Sistnevnte er gunstig for vedheft av oksidlaget og begrenser dermed veksthastigheten og øker avleiringstem-

testmetodene kun skal brukes til å rangere forskjellige materialer eller, når det gjelder Huey eller Strauss, for å kontrollere at en bestemt gjenstand har blitt riktig behandlet for mottakelighet for interkrystallinsk korrosjon. For å evaluere korrosjonsytelsen i en bestemt applikasjon kreves testing i akkurat det aktuelle miljøet, mens praktisk erfaring fra miljømessig lignende situasjoner bør innhentes og evalueres.

Når det gjelder spenningskorrosjon, finnes det en rekke standardiserte og ikke-standardiserte testmetoder, spesielt innen olje- og gassegmentet, for å vurdere motstand mot hydrogensprøhet, for eksempel på grunn av tilstedeværelse av hydrogensulfid.

peraturen. EN 1.4835 er et eksempel på et varmebestandig austenittisk stål som inneholder, i tillegg til krom og nikkel, forhøyet silisiuminnhold og også cerium. Det skal bemerkes at molybdenholdige rustfrie stål ikke er egnet for bruksområder som krever god varmebestandighet. Årsaken er at det ved temperaturer > 750 ° C dannes oksider som inneholder molybden som er flytende og beskyttelsen mot oksidlaget går tapt.

Ovnsatmosfære og avgasser inneholder ofte andre komponenter enn bare luft. For eksempel, hvis vanddamp er tilstede, kan skalerings-temperaturen reduseres betydelig. Svovelholdige forbindelser er vanlige i avgasser og kan gi omfattende angrep dersom oksidlaget ikke er tett og porefritt. Høyt nikkelinhold er negativt med tanke på motstand mot svovelholdige gasser da nikkelsulfid har lavt smeltepunkt. Atmosfæren i enkelte ovner fører til fare for karbonisering, som igjen best motvirkes ved at ståloverflaten er dekket av et tett, defektfritt oksidlag.

Praktiske tiltak for å minimere risikoen for korrosjonsangrep

- Alle overflater bør holdes så rene som mulig og en god overflatefinish bør tilstrebes. Dette gjelder spesielt for byggearbeid som sveising eller sliping. Sveiser bør fortrinnsvis behandles glatte.
- Ved støping og annen håndtering av rustfritt stål er det viktig at det ikke overføres små partikler av jern fra verktøy og lignende til den rustfrie ståloverflaten. Spesielt hvis sveiser skal rengjøres med børsting, må det brukes børster i rustfritt stål
- Sveisemetoder anbefalt av stålprodusenten eller i standard kniver må følges. Et viktig prinsipp er at sammen-setningen av tilsetningsmaterialet må være minst like edelt som basisstålet.
- Lavkarbonstål med C <0,02 % bør velges for sveisede konstruksjoner.
- Sveisespenninger skal holdes så lave som mulig og om nødvendig skal konstruksjonen spenningsglødes.
- Oksidlaget som dannes under sveising, gløding eller herding bør elimineres ved beising eller ved mekaniske midler (maskinering eller sliping).
- Løfte- eller klemmeinnretninger skal være foret med rustfritt stål.

- Unngå hull og lommer så mye som mulig. Spaltene som er uunngåelige er helt fylt med elastisk tetningsmasse.
- Sørg for at rustfrie konstruksjoner og overflater blir inpsisert og rengjort regelmessig. Det er ekstremt viktig å fjerne avleiringer og i sjøvann, planter og dyr som har festet seg til ståloverflaten. Overflater som utsettes for sprut av sjøvann som deretter fordampes bør vaskes med rent vann så ofte som mulig.
- Strømningshastigheten i rør, varmevekslere, ventiler og lignende skal alltid være så høy som mulig slik at man unngår lokale områder med stillestående væske.
- Bruk aldri rustfritt stål i direkte kontakt med grafitt.
- Hvis direkte kontakt mellom rustfritt stål og et uedelt metall ikke kan unngås, sørg for at sistnevnte opptar et større område.
- All korrosjon skjer raskere jo høyere temperatur og visse typer korrosjon, spenningskorrosjon for eksempel, oppstår kun ved høyere temperaturer. Derfor bør en struktur eller i det minste deler av den som består av rustfritt stål ikke få en høyere temperatur enn nødvendig under drift.
- Det aktuelle miljøet stålet skal eksponeres i bør kartlegges nøye. I noen tilfeller kan tilstedeværelsen av ganske lave nivåer av urenheter, for eksempel klorider, føre til at korrosive angrep fortsatt forekommer i et miljø hvor stålets ytelse ellers kunne forventes å være tilfredsstillende.



Skjærebehandling av rustfritt stål

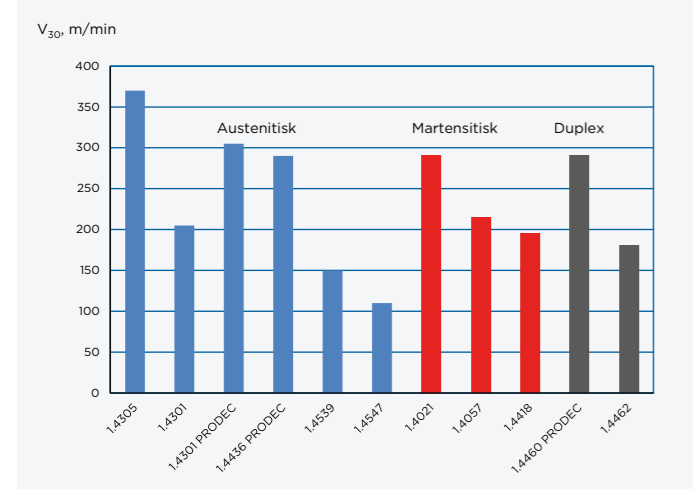
En generell oppfatning er at rustfritt stål ofte gir problemer når det kommer til maskinering. Dette er imidlertid en sannhet med modifikasjon fordi ferrittiske og martensittiske varianter ikke kan anses som vanskeligere å bearbeide enn tilsvarende karbonstål med samme hardhet. Riktignok er martensittiske stål som er herdet/temperert til hardheter > 250 HB vanskelige å bearbeide, men det samme gjelder lavlegerte herdestål.

Hvis det oppstår maskineringsproblemer, er austenittiske eller duplexstål ofte involvert, og jo høyere legert disse stålene er, desto mer utfordrende blir maskineringen. Vanskelighetene stammer fra den karakteristiske kombinasjonen av egenskaper som utvises av austenittiske (og duplex) stål og diskutert tidligere i denne håndboken.

- Høy duktilitet, som gjør at spon er vanskelige å bryte samtidig som det stilles store krav til skjærrets styrke og maskinens kraft og stabilitet.
- Dårlig varmeledningsevne med den konsekvens at varmen som genereres under skjæreprosessen har en tendens til å forbli i skjærekanten i stedet for å spres bort med flisene.
- Tilbøyelighet til å herde kraftig deformasjon, noe som gjør at den bearbeidede overflaten fra et tidligere skjær blir betydelig hardere enn grunnmaterialet. Dette er spesielt vanskelig ved etterbehandling fordi skjæredybden er så liten at risikoen er at du havner midt i det herdede laget.
- Stor tendens til løs kantdannelse (klistring) på tuppen av skjæreverktøyet, noe som dels gir dårlig overflate på den bearbeidede delen og dels medfører risiko for tidlig verktøysvikt.

I rustfritt stål forbedres skjærbarheten ved å tilsette svovel for å danne mangansulfidinnneslutninger. Det er fremfor alt dannelsen og bruddet av flis som forenkles av tilstedeværelsen av mangansulfider. Ulempen er at korrosjonsmotstanden forringes betraktelig. I tillegg forringes både sveisbarheten og duktiliteten. EN 1.4305 er et eksempel på en rustfri maskin av typen 18-9 med økt svovelinnhold.

Behandling av det smeltede stålet med kalsium er en måte å forbedre bearbeidbarheten til rustfritt stål uten noe større tap av andre egenskaper, spesielt korrosjonsbestandighet.



Sammenligning av bearbeidbarhet ved dreining av en rekke forskjellige rustfrie stål i glødet tilstand. Verdier hentet fra en artikkel av Staffan Gunnarsson i "Mechanical Properties of Stainless Steels", Outokumpu Research Foundation (1990) s.173.

Valbrunas MAXIVAL®- og Outokumpus PRODEC®-programmer er gode eksempler. Inneslutningene i slike stål består av komplekse og ganske myke oksider/sulfider som inneholder kalsium og silisium. Slik slag forbedrer sponbrudd mens den danner et smørende, beskyttende kalsiumholdig lag mellom spon og verktøy. Tilsetningsstoffene som kreves (kalsium, svovel) er relativt små, så fra et analytisk synspunkt er det mulig å holde seg innenfor de etablerte standardene, noe som ikke er tilfellet med rustfritt stål med forhøyet svovelinnhold.

Figuren nedenfor sammenligner maskinbearbeidbarheten ved dreining av enkelte rustfrie stål. Bearbeidbarheten uttrykkes her som en V30-verdi, dvs. skjærehastigheten som medfører et forhåndsbestemt mål på slitasje på et standardverktøy i en gitt maskin under en inngrepsid på 30 minutter.

Merk at i PRODEC-versjonen har stålet en skjærbarhet som nærmer seg det automatiske stålet EN 1.4305. Det kan også bemerkes at de vanskeligste å bearbeide er de virkelig høylegerte austenittiske stålene som EN 1.4539 og 1.4547. Av interesse å nevne er også resultatet av en lignende test av duplexstålet LDX 2102® (EN 4162) som var 230 m/min.

De siste årene har det vært en utvikling hvor hardmetallverktøy har blitt optimalisert når det gjelder bearbeiding av rustfritt stål. Forbedrede geometrier letter sponbrudd samtidig som det er utviklet belegg som motvirker løs kantdannelse. I tillegg til sementert karbid er det utviklet cermetverktøy, basert på titankarbid i stedet for wolframkarbid. Cermet-verktøy viser mindre tendens til løs kantdannelse og egner seg derfor spesielt godt til etterbehandling av rustfritt stål hvor fine overflater etterstrebes av hensyn til korrosjonsbestandighet.

Følgende kan betraktes som generelle råd ved bearbeiding av austenittiske og duplexstål spesielt:

- Kuttkreftene er høye, så det kreves stabile maskiner med høy effekt.
- Det er bra om verktøyet og arbeidsstykket er stabilt fastklemt og at overhengen på verktøyet er så lite som mulig, alt for å minimere vibrasjoner.
- Verktøyets geometri må velges nøye. Så liten neseradius som mulig er kombinert med god kantskarphet og tilstrekkelig positiv rakevinkel. Et visst kompromiss blir imidlertid nødvendig da eggstyrken må være høy nok til å tåle de store skjærekreftene.
- Skjæredybden må være tilstrekkelig til å komme inn under deformasjonsherdede soner som stammer fra tidligere skjær.
- Skjæreplaten må skiftes ofte - en matt kant gjør at overflatesonen får større hardhet og dybde.
- Vurder cermets som et alternativ til hardmetall for både dreining og fresing.
- Det må brukes rikelig med skjærevæske, spesielt ved dreining og boring, slik at varmefjerning fra skjæresonen blir lettere.



Sveising av rustfri stål

Valget av sveisemetode og tilsetningsmateriale er ekstremt viktig for rustfritt stål, da feil sveising kan ødelegge korrosjonsegenskapene. De vanligste sveisemetodene er:

- MMA-sveising med belagte elektroder.
- MIG / GMAW sveising med massiv tråd og beskyttelsesgass argon med mulig tilsetning av helium (opptil 20%), karbondioksid (maks. 2%) og for dupleks stål også nitrogen.
- FCAW / MCAW sveising med rørtråd, hvor det smeltbadet er beskyttet av både slag og gass. Her er det ganske vanlig å bruke en oksiderende beskyttelsesgass, type M21 med en blanding av 80% argon og 20% karbondioksid.
- TIG / GTAW sveising med beskyttelsesgass argon eller blanding av argon og helium. Denne sveiseteknikken er relativt sakte, men kvaliteten er vanligvis bedre enn andre metoder. TIG-omsmelting kan også brukes til å forbedre overflatekvaliteten på MMA-, FCAW- eller MIG-sveiser.

Den mest brukte metoden er MIG/GMAW fordi den har høyest produktivitet og er enkel å automatisere. Sveising med rørtråd er mer produktiv enn når massivtråd brukes. Pulverbuesveising er en smeltesveisemetode som noen ganger brukes på tykkere materialer. Rustfritt stål er ikke egnet for gassveising på grunn av risikoen for karburisering.

Sammenlignet med karbonstål har rustfritt stål fordelen at smeltepunktet er lavere, noe som betyr at for en gitt sveisemetode og veggtykkelse kan hastigheten økes og varmetilførselen reduseres. Med unntak av martensittiske varianter, kan sveisbarheten til rustfrie stål betraktes som gode og minst like sveisbare karbonstål. Imidlertid bør noen ting tas i betraktning. Først og fremst består et hvilket helst oksidlag på rustfritt stål av kromoksyd, som har et høyt smeltepunkt. Dette kan ikke reduseres av deoksidierungsmedier i tilsetningsstoffet. Dette stiller høyere krav til at overflatene som skal sammenføres, er renere enn til karbonstål. En annen forskjell sammenlignet med karbonstål, noe som gjelder spesielt for austenittiske typer, er at varmen ledes mindre bra mens den termiske ekspansjonen er høyere. Konsekvensen er at varmetilførselen må begrenses og sveiseteknikken tilpasses for å unngå uakseptabel deformasjon.

Med riktig sveiseteknikk gir sveising av austenittiske stål sjelden problemer, og sveisbarheten er fortsatt god selv for ganske høylegerte varianter. Forvarming er ikke nødvendig og kan faktisk være negativ, spesielt i kombinasjon med høyere sveiseenergi/varmetilførsel, da det da er fare for sprekker og deformasjoner. Selv om "enkler" CrNi-stål, slik som EN 1.4307, i glødetilstand består av 100% austenitt, er sveisemetallet og den varmepåvirkede sonen preget av et visst element av ferritt etter sveising. Tilstedeværelsen av ferritt er til en viss grad positiv ved at den motvirker varmsprekker, men kan være negativ for korrosjonsbestandighet. Sveisemetallet i høylegerte stål med høyt innhold av nikkel mangler ofte ferritt, og tendensen til varmsprekker er dermed høyere. Mottiltak er nøyaktig sveiseteknologi i kombinasjon med tilsettmaterialer med høy renhet, da det er forurensende stoffer som svovel og fosfor som bidrar til dannelse av varmsprekker.

Ved sveising av austenittiske rustfrie stål, hvis styrke er

forbedret ved bearbeiding (kaldvalsing, kaldforming eller kaldtrekking), vil hardheten reduseres i den varmepåvirkede sonen ved siden av sveisen.

Duplex rustfritt stål er relativt lett å sveise så lenge tilsettmaterialet og sveiseenergien justeres slik at forholdet mellom ferritt og austenitt holdes på omtrent samme nivå som i grunnmaterialet. Sveisbarheten til ferrittiske stål er også akseptabel hvis varmetilførselen er begrenset slik at mikrostrukturen i den varmepåvirkede sonen ikke blir for grov med forverret seighet som et resultat. I tillegg er ferrittiske sveiser utsatt for sprøhet hvis de er forurenset med hydrogen eller nitrogen.

Martensittiske stål har vanligvis dårlig sveisbarhet og jo høyere karboninnhold, jo verre er sveisbarheten. Forvarming er nesten alltid nødvendig, og selv da blir den varmepåvirkede sonen ganske vanskelig med fare for hydrogenforsprøding på grunn av forurensning med hydrogen. Sveisbarheten til martensitt-ferrittiske stål er bedre enn for varianter som er helt martensittiske.

Som allerede nevnt kan interkrystallinske korrosjonsproblemer oppstå i stål med et karboninnhold $> 0,03\%$ på grunn av utfelling av kromkarbider i den varmepåvirkede sonen under avkjøling etter sveising. Alle typer rustfritt stål kan påvirkes, men risikoen er mindre hvis karboninnholdet holdes lavt ($< 0,02\%$) eller hvis stålet er stabilisert med titan eller niob. Utfelling av intermetalliske forbindelser som sigma-fase i forbindelse med sveising av høylegerte austenittiske og dupleksstål kan gi uventede og uønskede korrosjonsproblemer.

Rustfritt stål og spesielt austenittiske typer har en uheldig kombinasjon av høy termisk ekspansjon og dårlig varmeledningsevne i forbindelse med sveising. Dermed er disse ståltypene i sveisede strukturer utsatt for deformasjon i mye større grad enn karbonstål. For å motvirke dette er det en fordel at sveisene er så symmetriske som mulig for å balansere spenninger og at en bedrenser varmetilførsel mest mulig. TIG / GTAW gir de beste resultatene når det gjelder formendringer og bør vurderes i kritiske tilfeller selv om produktiviteten er betydelig dårligere enn med MIG / GMAW eller FCAW.

Tilsettmaterialer for sveising av rustfritt stål

Siden korrosjonsmotstanden er hovedårsaken til at du velger rustfritt stål til en bestemt applikasjon, er det viktig at det ikke ødelegges av sveising. Således må tilsettmaterialet additivmateriale velges slik at sveisemetallet har like gode korrosjonsegenskaper som grunn stålet. "Enklere" stål sveises ofte med et "artslikt" tilsettmateriale, dvs. et materiale som gir et sveisemetall med omtrent samme kjemiske sammensetning som stålet. Men dette er ikke alltid tilfelle. For eksempel er det ganske vanlig at ferrittiske stål sveises med et "austenittisk" tilsett; det samme gjelder de vanskelige sveisbare martensittiske stålene. Normalt er tilsettmaterialet for standard austenittisk CrNi og CrNiMo stål tilpasset for å gi



en viss mengde ferrit i sveisemetallet slik at faren for varme sprekker reduseres. I tilfeller der det kreves en fullstendig austenittisk sveis, kan risikoen for varmsprekker motvirkes ved å bruke et tilsettmateialef med lave forurensningsnivåer (P og S) og legert med mangan. Sveising av høylegerte austenittiske og duplexstål utføres vanligvis med et overlegert tilsettmateriale, dvs. et med høyere innhold av krom, nikkel og molybden enn i basisstålet. Årsaken til dette er at avbrenning i sveisemetallet. Det er til og med ganske vanlig at høylegerte austenittiske stål sveises med et nikkelbasert tilsetningsstoff i stedet for jern.

Tilsattsmaterialer tilpasset duplex rustfritt stål gir en ferritt-austenittisk mikrostruktur, men sammensetningen avviker noe fra grunnmaterialet. Normalt er innholdet av austenittdannende stoffer, mangan, nikkel og nitrogen litt høyere for å motvirke for høye nivåer av ferrit i sveisemetallet. Sveising av duplexstål uten tilsattsmaterialer anbefales ikke, da sveisemetallet ellers vil ha høyt ferritinnhold og dårligere mekaniske egenskaper.

Tabellen på neste side viser egnede tilsattsmaterialer (EN-betegnelser) for sveising av de vanligste rustfrie stålene i Tibnors lagerprogram. Tabellen er på ingen måte fullstendig. I et par tilfeller er betegnelser gitt fra Avesta Welding Manual, men tilsvarende produkter kan selvfølgelig leveres av andre leverandører. Et riktig valg av tilsattsmaterialer er ekstremt viktig for rustfritt stål spesielt, og i tilfelle den minste usikkerhet, bør du konsultere enten din spesialistkontakt hos Tibnor eller din sveiseleverandør.

Det er fullt mulig å sveis et rustfritt stål og et vanlig karbonstål, forutsatt at det "svarte" materialet har akseptabel sveisbarhet. De beste resultatene med minst risiko for sprekker oppnås med et tilsettmateriale i rustfritt stål da sammen-setning gir en mindre mengde ferrit i sveisemetallet. Slike tilsettmaterialer kan tilbys av de fleste leverandører og er normalt litt overlegert i forhold til det som ville blitt brukt til sveising av rustfritt mot rustfritt, dette for å kompensere for fortynningen av sveisen på grunn av smelting av karbonstålet. I tillegg til valget av tilsettmaterialet, bør følgende også vurderes hvis du vil sammeføye rustfritt stål og karbonstål:

* En enkel tommelfingerregel er å ta de samme tiltakene, for eksempel rengjøring av overflater eller forvarming, som om stålene ble sveist til seg selv. Tilnærmingen er noe konservativ, men risikoen for sprekker i den varmpåvirkede sonen på karbonstålsiden reduseres dermed og korrosjonsbestandighet i fuga på det rustfritt stål opprettholdes også.

* Korrosjonsmotstanden til rustfritt stål kan forringes hvis spenningsglødning utføres i det normale temperaturområdet for karbonstål (500 - 650°C).

* I et aggressivt miljø kan karbonstålet utsettes for alvorlig galvanisk korrosjon om det ikke er beskyttet.

Etterbehandling av sveiste deler i rustfritt stål

Etter at sveisen er fullført, blir sveisemetallet og den tilstøtende ståloverflaten forurenset på grunn av misfarging / oksidasjon, samt tilstedeværelsen av slagg og andre sveisefeil, sprut, partikler fra sliping og annen håndtering, og også organiske forbindelser, slik som olje og skitt. I tillegg kan overflatefinishen være ugunstig. Oksidasjon, sveisefeil, forurensninger, grov overflate og så videre har en skadelig effekt på korrosjonsegenskapene. For å sikre god korros-

jonsbestandighet, må nevnte feil og mangler korrigeres ved noen form for etterbehandling med mekaniske eller kjemiske metoder, mange ganger i kombinasjon. De mekaniske metodene inkluderer sliping, blåsning med sand eller glass, børsting og for kritiske bruksområder, polering. Sliping er det eneste alternativet for å fjerne sveisefeil som slagg, smeltegraver, tenningsmerker og lignende. For mekanisk etterbehandling er det viktig at slipeskiver og børster er rene og at den endelige overflatefinishen er god nok. Kjemiske metoder involverer en eller annen type beising med flytende syre eller pasta. Begge inneholder vanligvis salpetersyre i kombinasjon med andre syrer, så det er nødvendig å vaske etterpå i rikelig med vann. Høylegerte, mer korrosjonsbestandige stål krever sterkere beisemidler.

Etterbehandlingen avsluttes med en rengjøring for å fjerne partikler og andre forurensninger som har festet seg til ståloverflaten. Tradisjonelt har salpetersyre blitt brukt, men i dag finnes det miljømessig bedre alternativer. I spesifikasjoner kalles dette trinnet ofte for passivering.

En kort beskrivelse som dette kan umulig markere alle aspekter ved valg av metode, fremgangsmåte og tilsetningsmateriale for sveising av rustfritt stål. Sveisehåndbøker utgitt av for eksempel produsenter av tilsettmaterialer er gode kilder for de som ønsker inngående kunnskap. Noen få eksempler er:

"The Avesta Welding Manual – Practice and products for stainless steel welding", Böhler 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 EN	Type av stål (**)	MMA sveising EN 1600	MIG/MAG sveising		TIG-sveising EN 12072	Anmerkninger
			Solid tråd EN 12072	Rørtråd 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-stabiliseret)	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 (varmebestandig)	253 MA *	253 MA *	-	254 MA *	Svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4539	austenitisk (høylegeret)	E 20 25 5 Cu L	G 20 25 5 Cu L	-	W 20 25 5 Cu L	Svetsgods helaustenitisk
1.4547	austenitisk (høylegeret)	P 12 *	P 12 *	-	P 12 *	Svetsgods helaustenitisk, nikkelbasert
1.4162	duplex	LDX 2101*	LDX 2101*	LDX 2101*	LDX 2101*	Beregnet for å gi sveiser med 30-50 % ferritt
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	Austenittisk svetsgods med 5 - 10% ferrit
1.4003	ferritisk	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L	W 19 9 L	
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

** Dersom det skal sveises martensittiske stål i Tibnors lagerprogram (type EN 1.4021 og 1.4057), anbefales det at en leverandør av tilsetningsmateriale kontaktes for å diskutere både materialvalg og sveiseprosedyre.

* Betegnelser i Avesta sveisemanual.

Kaldformning av rustfritt stål

Med unntak av martensittisk stål, er alle rustfrie stål karakterisert ved ganske høye eller i tilfelle av austenittiske stål av svært høy duktilitet. Kaldformbarhet, med andre ord hvor mye stål som kan bearbeides i en kaldformingsoperasjon uten å sprekke, er knyttet til duktilitet. Austenittiske stål viser således utmerket kaldformbarhet, mens duplex- og ferrittisk stål er noe dårligere i denne forbindelse, selv om formbarheten fremdeles kan klassifiseres som god. Martensittiske stål er vanskelige å kaldeform, men enklere operasjoner som bøyning eller stinking kan utføres med materialet i en myk glødet tilstand.

Rustfritt stål brukes veldig ofte i form av plater, og da er kaldformning i operasjoner som bøyning, dyp trekking og strekkpressing (eller kombinasjoner av disse) av interesse. I tillegg til meget god duktilitet, har austenittiske stål også et høyt flytegrense / strekkfasthetsforhold og viser følgelig utmerket formbarhet i operasjoner som involverer en høy grad av forlengelse. For en gitt platetykkelse og flytegrense er strekkformbarheten betydelig bedre enn for konvensjonelle stål med lav karbon beregnet for pressing. I forhold til et gitt strekkfasthetsnivå er forskjellen enda mer åpenbar. Imidlertid, i dyp trekking, kan austenittiske stål ikke betraktes som bedre enn myke karbonstål. Siden de fleste industrielle kaldformingsoperasjoner har elementer av både strekkpressing og dyptegning, viser austenittiske rustfrie stål generelt litt bedre formbarhet enn vanlig kaldvalset og glødet stål med lavt karboninnhold.

Ferrittiske rustfrie stål har en kaldformbarhet som i stor grad tilsvarer den for vanlig stål med samme styrke i både strekkpressing og dyptegning. Sammenlignet med austenittiske stål er formbarheten i strekkpressing litt dårligere, mens dyptrekkeegenskapene til ferrittiske stål er enda litt bedre, spesielt for stålene som er bevisst utviklet med hensyn til formbarhet, for eksempel EN 1.4512. Imidlertid forringes

formbarheten til ferrittiske stål betydelig med til og med moderate temperaturfall, og det er grunnen til at formingsoperasjoner med disse materialene alltid bør utføres innendørs.

Duplex stål har høyere styrke og kan generelt sies å være dårligere enn austenittiske stål når det gjelder strekkformning og litt dårligere enn ferrittiske stål i dyp tegning. Likevel viser duplex stål generelt god formbarhet. For en gitt veggtykkelse er kraften for å presse et duplexstål høyere på grunn av høyere styrke. Dette kompenseres imidlertid til en viss grad av det faktum at varene for en bestemt anvendelse ofte kan være tynnere enn det som ville være nødvendig for et austenittisk eller ferrittisk stål. Siden rustfritt stål har omtrent samme E-modul som karbonstål, er elastisiteten i forbindelse med kaldformning tilnærmet lik med en gitt styrke. I glødet tilstand viser duplexstål med høyere styrke større fjæring enn austenittisk og ferrittisk stål.

Både i strekkformning og dyp tegning er friksjon mellom platen og verktøyet av stor betydning for formbarheten. Som vi allerede har sett i diskusjonen om bearbeidbarhet, har rustfritt stål og spesielt austenittiske en tendens til å "kline" seg til et formingsverktøy, noe som kan gi opphav til ustabil oppførsel i en formingsoperasjon. Vanlige stål med lavt karboninnhold beregnet på kaldformning påvirkes ikke i det hele tatt. Smøring og / eller belegg av verktøyene er således av største betydning når det kaldformes et rustfritt stål. Diagrammet viser en sammenligning av formbarheten til glødet, lavt karbon ("vanlig") stål og forskjellige typer rustfritt stål.

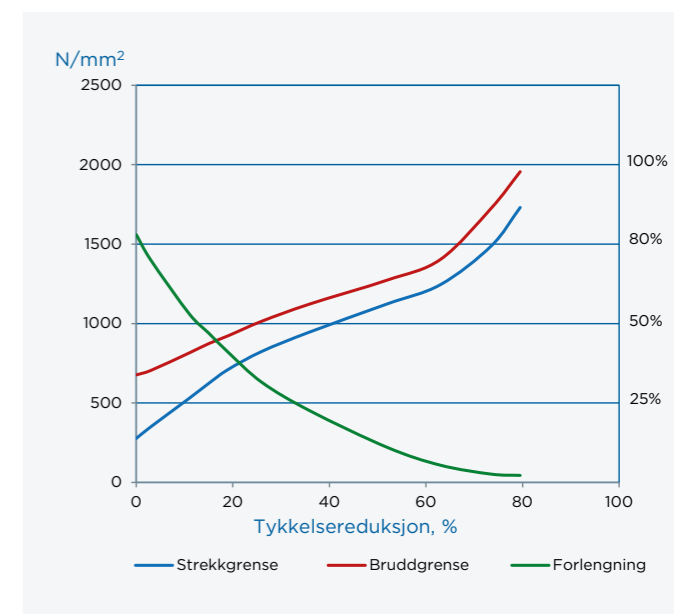


Copyright © 2021 Outokumpu Oyj

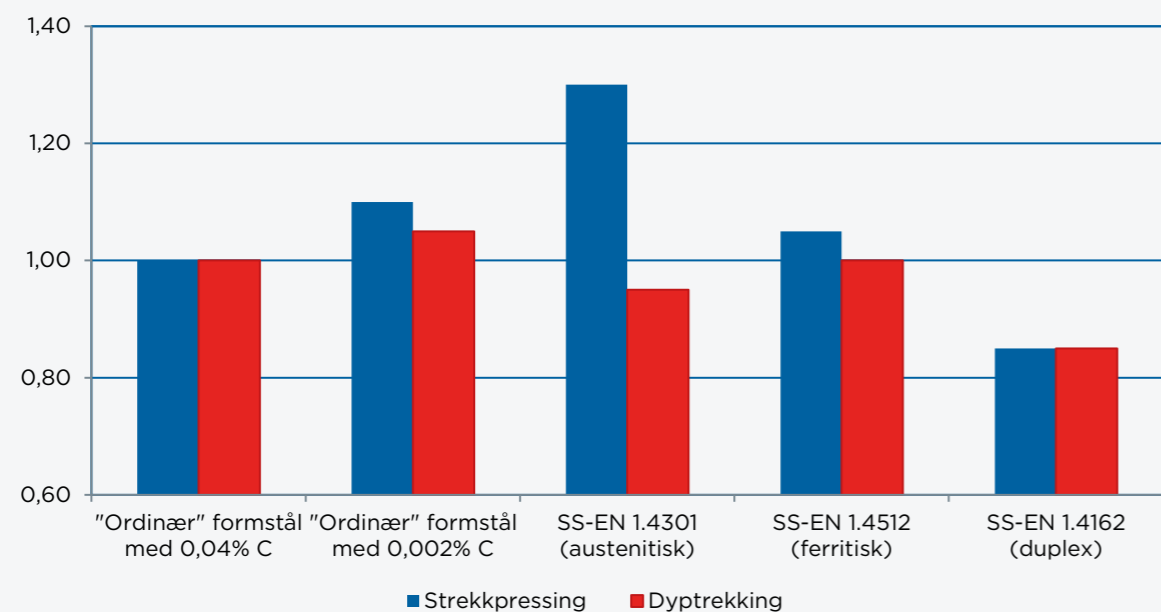
Austenittisk og ferrittisk stål kan bøyes til en minimumsradius som er lik veggtykkelsen, dvs. omtrent lik glødet karbonstål. Tosidig stål stopper på omtrent 2 x veggtykkelsen.

Vi har sett at austenittiske rustfrie stål viser god duktilitet, og at forholdet mellom flytegrense og strekkfasthet er høyt. Dette gjør at styrken til slike stål kan økes kraftig ved kaldbearbeiding, samtidig som man opprettholder akseptabel duktilitet. Effekten er spesielt merkbart for CrNi-stål med nikkelinhold litt under 8%, f.eks EN 1.4310. Figuren ved siden av illustrerer økningen i styrke som kan oppnås ved kaldvalsing av dette materialet. En kan legge merke til den betydelige økningen i både flytegrense og strekkfasthet ved høye deformasjonsgrader. Dette forklares med det faktum at sammensetningen av denne stålqualiteten bare er på grensen til stabiliteten til austenittmikrostrukturen. En konsekvens er at den dannes i forbindelse med kaldvalsing, såkalt deformasjon martensitt, som er hardere enn austenitten og bidrar til den meget kraftige økningen i styrke. En annen effekt av denne martensittomvandlingen er at duktiliteten til det kaldvalsedde materialet fortsetter å være ganske god selv ved høye nivåer av flytegrense og strekkfasthet.

Gjennom balanserte kombinasjoner av kaldvalsing og gløding, kan stål EN 1.4310 produseres i form av metallplater med tykkelser opp til 6-8 mm og med forskjellige nivåer av flytegrense fra 800-2000 MPa. Det er mulig å øke styrken (strekkfasthet opp til 1300 - 1500 MPa) ved kaldbearbeiding og gløding også i andre austenittiske stål, som EN 1.4307 og EN 1.4404, men det er ikke mulig å oppnå disse høye verdier som med EN 1.4310.



Styrken og duktiliteten til stål EN 1.4310 som funksjon av reduksjonsgrad etter kaldvalsing til en tykkelse på 1 mm (verdier hentet fra R. Mutso, Tekn. Dr. avhandling, McGill University, Montreal (1970)).



I diagrammet ser vi en omtrentlig sammenligning av formbarhet for forskjellige typer rustfritt stål i forhold til et vanlig trykkstål med 0,04% C. Henviser til samme platetykkelse, men siden tykkelsen ofte kan reduseres for duplex stål (takket være høyere styrke) vil formbarheten da forbedres i forhold til de andre. Omtrentlig sammenligning av formbarhet av ulike typer rustfritt stål i forhold til et vanlig presset stål med 0,04 % C. Refererer til samme platetykkelse men siden tykkelsen ofte kan reduseres for duplexstål (takket være høyere styrke) vil formbarheten da forbedres i forhold til de andre.

Rustfritt stål - ulike produktformer og ytelser

De fleste produktformene som er tilgjengelige for karbonstål - bånd, platemetall, stang, rør og så videre - er også tilgjengelig som rustfritt stål. Hovedforskjellen sammenlignet med karbonstålprodukter er at overflatetilstanden vanligvis er mye bedre. Karbonstål, for eksempel, leveres vanligvis med en varmvalset oksidert overflate. Dette fungerer ikke for rustfritt stål da en oksidert overflate gir redusert korrosjonsbestandighet og svekket sveisbarhet. Av denne grunn fjernes oksidlaget vanligvis ved beising i syre selv for de enkleste produktene.

Flate produkter - metallplater og bånd

Flate produkter med tykkelse under 5 mm står for en stor del av forbruket av rustfritt stål. Etter stålproduksjon støpes det flytende stålet til et rektangulært format, såkalte "slabs", som deretter omdannes til metallplater eller bånd ved varmvalsing supplert for mindre tykkelser på kaldvalsing. Både varmvalset og kaldvalset flatprodukter kveiles normalt til "coils" for å lette fortsatt håndtering ved stålverket og også transport. Bredden på platen i form av spoler er normalt 1,5 - 2 m.

For å oppnå akseptabel korrosjonsbestandighet må det valset stålet glødes etterfulgt av hurtig avkjøling, såkalt "quench annealing". Etter denne varmebehandlingen fjernes først oksidlaget mekanisk, etterfulgt av beising i sterke syrer. I henhold til EN 10088-2 refererer begrepet 1D til varmvalsete flate produkter med glødet og beist overflate uten oksid.

For strimler/plater med tykkelse mindre enn ca. 3 mm tas som regel utgangspunkt i et varmvalset produkt med overflateutforming 1D, som deretter videre bearbeides ved kaldvalsing. Kaldvalset plate har både finere overflater og bedre toleranser enn varmvalset, derfor finnes materialer med tykkelse > 3 mm også i kaldvalsete utgaver. Selv kaldvalset materiale må slukkes glødet med påfølgende beising for å fjerne oksidlaget. Den vanligste kaldvalsete utformingen kalles 2B - kaldvalset, glødet, beiset og med en avsluttende meget lett kaldvalsing som sikrer god korrosjonsbestandighet på lik linje med fine overflater og toleranser.

I henhold til EN 10088-2 er andre vanlige overflatedesign for kaldvalsete rustfrie stålplater:

- 2E, kaldvalset, glødet og med mekanisk fjerning av oksidlaget. Overflaten blir mattere enn 2B og materialer med denne overflatedesignen brukes ofte til videre bearbeiding til sveisede rør eller hulprofiler.
- 2R, kaldvalset og glødet i dekk-gass (glansglødet) slik at beising ikke er nødvendig. Etter en siste lett kaldvalsing er overflatefinishen bedre og glansen enda høyere enn 2B.
- 2H, kaldvalset kun for å oppnå høyere styrke. Betegnelser som C700, C850 og så videre refererer til et visst nivå av strekkfasthet i MPa. Stål som EN 1.4310 hvis styrke kan økes til svært høye nivåer ved kaldvalsing (se avsnittet om kaldforming) er normalt tilgjengelig i form av bånd med overflateutforming 2H.

Kaldvalset metallplate med følsomme overflater (versjon 2B og 2R) er vanligvis belagt med en tynn plastfilm for å beskytte under håndtering under transport, lagring og

prosessen til sluttforbrukeren.

Tabellen gir en oppsummering av omtrentlige Ra-verdier for rustfrie stålprodukter med forskjellige overflatedesign. De ulike flatene i bildeformat illustrert på neste side.

Betegnelsen EN 10088-2	Type stål	Ra, µm
1D	Varmvalset, glødet, beiset	4 - 7
2E	Kaldvalset, glødet med mekanisk fjerning av oksidlaget	2 - 5
2B	Kaldvalset, blankglødet, beiset med avsluttende lett kaldvalsing	0,1 - 0,5
2R	Kaldvalset, blankglødet, beiset med avsluttende lett kaldvalsing	0,05 - 0,1
2G (*)	Kaldvalset, glødet, beiset og slipt (normalt slipes bare ene siden)	0,2 - 1,0
2G/DP40	Kaldvalset, blankglødet, beiset og tørrslipt (normalt bara ena sidan slipt)	0,4 - 0,7
2G/DP20	Kaldvalset, blankglødet, beiset og tørrslipt (normalt slipes bare ene siden - finere enn DP40)	0,15 - 0,25
2J (*)	Kaldvalset, glødet, beiset og børstet (normalt børstes bare ene siden)	0,2 - 1,0
2K	Kaldvalset, glødet, beiset og satinpolert (normalt poleres bare ene siden)	<0,5
2P	Kaldvalset, glødet, beiset og høyglanspolert	<0,1

* I klassifisering 2G og 2J kan overflatens karakter og spesielt Ra variere mye avhengig av overflatebehandlingsmetode, grovheten til slipemidler eller børster, om det brukes slipemiddel eller ikke og så videre.



1D. Varmvalset, glødet, beiset



2B: Kaldvalset, glødet, beiset med avsluttende lett kaldvalsing



2E: kaldvalset, glødet med mekanisk fjerning av oksidlaget.

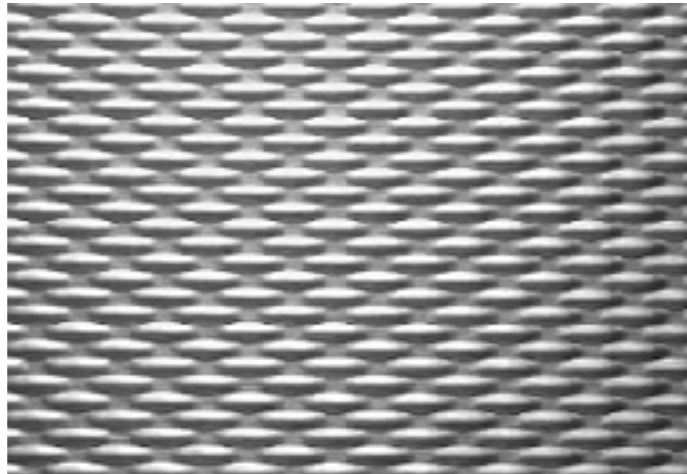


2R: Kaldvalset, blankglødet med avsluttende lett kaldvalsing

Flate produkter - overflatebehandlet metallplate

Plate i rustfritt stål er mye brukt i applikasjoner hvor utseende og estetikk er viktig, for eksempel for husholdningsapparater og kledning av bygninger både innendørs og utendørs. Dermed er det en hel rekke overflatedesigner i tillegg til de rullede standardoverflatene beskrevet i forrige avsnitt:

- Slipte, børstede og polerte overflater med varierende grad av finhet og glans. EN 10088-2 betegner slike overflater som 2G (slipt), 2J (børstet) og 2K eller 2P (polert). DP20 og DP40 (Outokumpu-betegnelser) er tørrslipte overflater produsert med slipemidler av forskjellige kornstørrelser. DP20 er en finere overflate (lavere Ra) enn DP 40 - se forrige tabell.
- Blastrede overflater med en glatt, lavreflekterende finish som ikke viser samme retningsavhengighet som slipte/polerte overflater på grunn av manglende riper.
- Overflater som er polert elektrolytisk (elektrolyttpole-ring har den fordel at overflater med komplisert form kan behandles).
- Elektrolytisk fargede overflater hvor stålets naturlige oksidlag gjøres tykkere. Ved å kontrollere tykkelsen på laget oppnås forskjellige farger takket være lysinterferenseffekter.
- Mønstrede overflater som kan oppnås ved elektro-etsning eller oftere ved kaldvalsing med mønstrede ruller. En glatt og en mønstret rulle i kombinasjon gir et ensidig mønster mens tosidige mønstre resulterer hvis begge rullene er mønstret. I tillegg til et attraktivt utseende har kaldvalsedede mønstrede overflater forbedret stivhet slik at tykkelsen på materialet kan reduseres samtidig som overflaten er hardere og mer ripebestandig. Et eksempel er vist på siden her.



Eksempel på tosidig mønstret overflate (AN5)

- Overflatene har blitt forurenset under montering eller under drift av partikler som inneholder jern, og
- Galvaniske effekter har oppstått som følge av kontakt med et vanlig stål.

Korrosjonsrisikoen i de tre første situasjonene er størst for de lavere legerte rustfrie stålene og kan reduseres betydelig ved å velge et stål med bedre korrosjonsbestandighet fra begynnelsen, f.eks. EN 1.4404 i stedet for 1.4307. I de to sistnevnte tilfellene er det rust fra det vanlige stålet som forårsaker misfargingen. Derfor bør alle festelementer være laget av rustfritt stål og også ved montering bør det benyttes rent verktøy som er fritt for rester av vanlig stål. Dersom konstruksjonen krever at et rustfritt stål og et vanlig stål kommer tett inntil hverandre, bør eventuelle kontaktflater elektrisk isoleres, for eksempel gjennom et mellomlag av plast.

Hvis den rustfrie stålplaten har blitt flekkete eller misfarget, som ikke kan fjernes ved vanlig vask i vann, kan følgende rengjøringsmetoder brukes.

Husk å aldri gjøre følgende:

- Børsting eller skrubbing med børster eller stålull av vanlig stål.
- Sandblåsing med sand som tidligere ble brukt til sprengning av vanlig stål,
- Rengjør med sterke syrer, spesielt saltsyre. Ikke la deg friste til å fjerne betongflekker med saltsyre - disse vaskes best av med vann før betongen har tørket.

Overflatebehandlet rustfritt stålplate er normalt belagt med plastfilm for å beskytte den følsomme overflaten under håndtering på for eksempel en byggeplass.

Dokumentet "Guide for choosing a stainless steel surface finish" som er tilgjengelig på svensk fra Euro-Inox (European Stainless Steel Development Association) beskriver i detalj ulike overflatedesign og viser eksempler på bruksområder (www.euro-inox.org).

Vedlikehold av rustfritt stål

Komponenter / konstruksjoner av rustfritt stål trenger jevnlig rengjøring, dels for å opprettholde overflatens opprinnelige glans og tiltalende utseende og dels for at korrosjonsbestandigheten ikke skal forringes. Overflater i rustfritt stål kan riktignok misfarges ved eksponering for olje/fett eller fra fingeravtrykk. Mer alvorlig er imidlertid misfarging på grunn av begynnende korrosjon, knapt synlig i starten, men som kan utvikle seg til mer alvorlige typer angrep dersom mottiltak ikke settes inn i tide.

Fokuset i dette avsnittet ligger på rustfritt stål i form av platemetall, som vanligvis skal oppfylle både estetiske og hygieniske krav. De ulike funnene og anbefalingene gjelder imidlertid likt for rustfritt stål i et annet format.

Misfarging på grunn av korrosjon kan oppstå hvis:

- Stålet utsettes for et mer aggressivt miljø enn det er beregnet for, for eksempel luft som er saltholdig eller sterkt forurenset,
- Smuss og andre etsende stoffer fester seg til overflaten, noe som lett skjer hvis Ra-verdien er for høy,
- Konstruksjonen er upassende utformet med lommer og smale mellomrom,

Type av angrep/misfarging	Rengjøringsmidell og metoder
Fingeravtrykk	Vask med såpe, vaskemiddel eller et organisk løsemiddel. Skyll deretter med rent kaldt vann og tørk.
Olje og fett	Vask med et organisk løsningsmiddel og deretter med såpe og vann. Avslutt med skylling i rent kaldt vann etterfulgt av tørking.
Mer alvorlige misfarginger og flekker inkl. varmemaling	Vask med mildt slipemiddel (skurepulver eller "Scotchbrite"-svamp), gni i overflateteksturetenningen hvis det er synlig. Skyll deretter med rent kaldt vann og tørk. Alternativt kan 10 % fosforsyreløsning brukes med påfølgende skylling med fortynnet ammoniakkløsning og deretter vann.
Rustflekker	Bløtlegg overflaten med oksalsyreløsning, la stå i 15 - 20 minutter, skyll med rent kaldt vann og tørk. Gjenta om nødvendig vaskingen med skurepulver som ovenfor.
Dypere rustangrep	Sliping eller i mer alvorlige tilfeller sveisereparasjon. For sistnevnte kreves det like mye aktsomhet som ved sveising i forbindelse med bygging.
Riper på slipt eller børstet overflate	Poler med en slipepute (med ikke-jernholdig slipemiddel) i overflateteksturetenningen, vask deretter med såpeoppløsning, skyll med rent kaldt vann og tørk til slutt. MERK! Denne metoden kan ikke brukes for 2B, 2R overflater. Heller ikke for mønstrede eller dekorative rullede overflater.

Flate produkter - grovplater

Utgangsformatet for produksjon av grove plater i rustfritt stål er det samme som for platemetall, dvs. ekstruderte emner i form av slabs med tilpassede lengder. Disse varmvalses enkeltvis i et vendbart anlegg med mulighet for å rotere varmen slik at både bredden og lengden kan økes samtidig som tykkelsen reduseres. Minste tykkelse som valses i et reversibelt plateanlegg er ca. 10 mm og dimensjonsarealer for "tykk varmvalset plate" og "tynt tungmetall" overlapper dermed til en viss grad. Et reversibelt anlegg gir imidlertid mulighet for større bredder enn et varmvalseverk for metallplater som spoles.

Et annet navn på grovplater er kvartoplate fordi varmvalsing ofte foregår i en såkalt kvartmølle bestående av et par valser med doble valser både over og under. Den ferdige platen utsettes for gløding og beising på samme måte som varmvalset plate, slik at overflateutformingen normalt er 1D. Etter beising jevnes platen ved å rulles eller strekkes, kanten trimmes og om nødvendig kuttes moderplaten i mindre lengder og bredder.

Lange produkter - stang

For fremstilling av stenger omdannes det smeltede stålet ved kontinuerlig støping til firkantede eller runde emner. De med et større tverrsnitt kalles "blooms", mens emner med et mindre tverrsnitt kalles "billets". Produksjon av stenger fra slike utgangsmaterialer i passende lengder skjer ved varmvalsing i anlegg som vanligvis består av et reversibelt par etterfulgt av en sammenhengende rullelinje med så mange som et titalls individuelle rullepar. Under rulling endres både dimensjonen og formen. Spesielt for små dimensjoner er hastigheten på materialet ved slutten av rulling høy, og kan være > 10 meter per sekund. Rullelinjer for stenger er svært fleksible og et stort dimensjonsområde i ulike tverrsnitt, runde, firkantede, rektangulære og vinklede kan produseres i ett og samme arbeid. Etter rulling får de ferdige stengene avkjøles i luft før de kuttes i håndterbare lengder, 6 meter er ganske vanlig.

De forhåndsvalsedede stengene utsettes for slukkegløding og beising på samme måte som varmvalsedede plater for å oppnå overflatedesign 1D før de styres som sluttoperasjon. Behovet for retning varierer, men asymmetriske stangformer, som vinkler, må nesten alltid rettes.

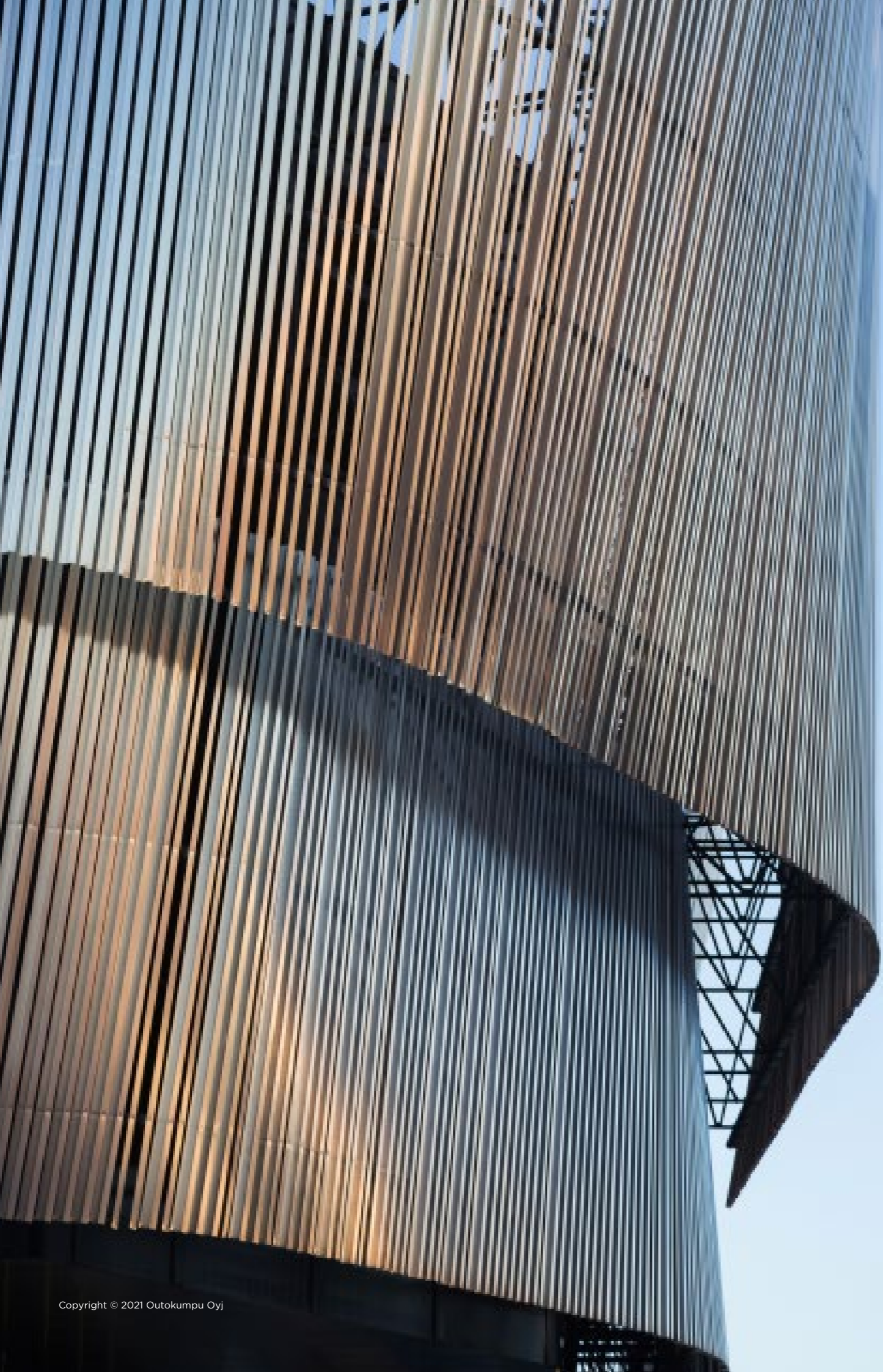
Armeringsjern i rustfritt stål produseres basert på emner i

lignende anlegg som for produksjon av stenger. Imidlertid er rullene i sluttfasen mønstret for å danne de karakteristiske kammene. Siden det normalt er snakk om mindre dimensjoner, spoles stangen etter rulling til spoler for å få et kompakt format som letter håndteringen. Etter slukkegløding og beising kuttes det opprullede materialet til passende lengder eller leveres i spoleformat.

Lange produkter - overflatebehandlet stang

Selv om overflatene på rustfri stång i glødet tilstand er ganske fine, finnes det en rekke overflatebearbeidede design hvor både overflatefinishen og fremfor alt dimensjonstoleransene er ytterligere forbedret.

- Kaldtrukken stang: Kaldttrekking skjer etter at den varmvalsedede stangen er glødet og beiset, men noen små overflatefeil kan fortsatt være igjen. Av denne grunn bør den kaldtrukne overflaten ikke stå ubehandlet dersom delen eller strukturen vil bli utsatt for høy belastning. I tillegg til rundt, er sekskant et annet kaldtrukket format, som er laget ved å trekke den glødde og beisede rundstangen gjennom et sekskantet verktøy. I EN 10088-3 omtales den kaldtrukne overflaten som 2H. Trekkstenger, både runde og sekskantede, har normalt en h-toleranse som definert i ISO 286 - 2 og som er en null-minus toleranse. Dimensjonen er med andre ord marginalt mindre enn den nominelle.
- Maskinbearbeidet rundstang: mindre dimensjoner er skalldreid, mens større er dobbelt dreid. Siden glødeskallet er fjernet ved vendingen, er beising etter gløding ikke nødvendig. Skalldreide stenger ledes normalt gjennom profilerte ruller (rulleretning) som gjør at overflaten har en viss grad av rullepolering. En bearbeidet overflate er betegnet i EN 10088-3 som 1G eller 1X. Maskinbearbeidede stenger har normalt en diameter-toleranse som er null pluss (k-toleranse i henhold til ISO 286 - 2), som betyr at diameteren er marginalt større enn den nominelle.
- Slipt rund stang: centerless sliping utføres på en stang som først har blitt skrellet og nøye justert. Når det gjelder diameter-toleranse, rundhet, retthet og overflatens natur, er slipt stang fullstendig overlegen alle andre rundstangdesign. Produktet kan brukes direkte, f.eks. som akslinger, med ingen eller minimalt behov for videre bearbeiding. I EN 10088-3 omtales en slipt overflate



belastningsendringer som materialet tåler, avtar når spenningsamplituden øker.

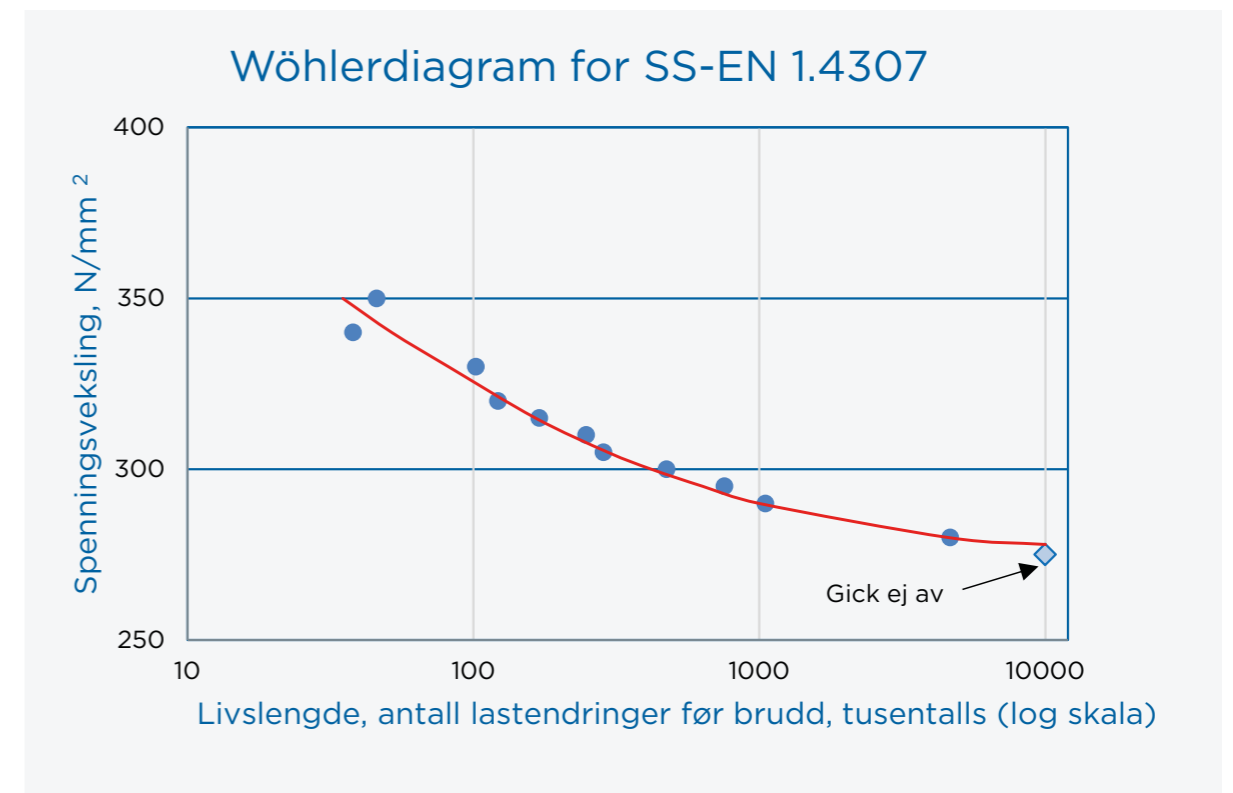
Både rustfritt stål og vanlige stål har en såkalt utmattingsgrense, som gjør at utmattingsvikt kan unngås dersom belastningen eller spenningen holdes under et visst nivå. Når vi snakker om utmattelsesstyrken til et stål, refererer det vanligvis til nivået på utmattelsesgrensen. I tillegg til selve stålet, påvirkes utmattingsgrensen (styrken) av belastnings art, tilstedeværelse av instruksjoner, overflatefinish, restspenninger og spesielt restspenninger på grunn av sveising, og til slutt miljøet.

Et eksempel på et Wöhler-diagram i rustfritt stål (EN 1.4307) er vist nedenfor. Utmattingsstyrken som normalt defineres som spenningsamplituden tilsvarende ti millioner lastendringer er i dette tilfellet ca. 275MPa.

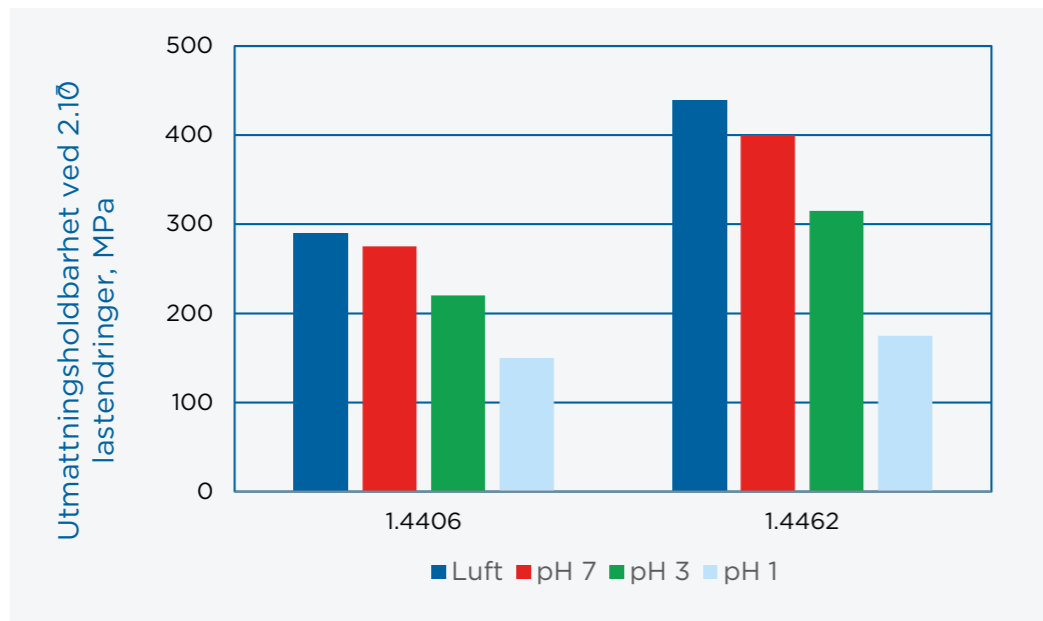
En tommelfingerregel for vanlig stål er at verdien av utmattingsgrensen er lik 50 % av strekkgrensen og dette gjelder omtrent så lenge sistnevnte er mindre enn 1000MPa. Strekkgrensen til det rustfrie materialet vist i diagrammet var 585 MPa, så 50 %-regelen ser ut til å være riktig også i dette tilfellet. Når det gjelder austenittiske stål, bekrefter flere andre målinger at halve strekkfastheten kan brukes som foreløpig veiledning for å estimere utmattingsgrensen, men kun for bøyelast. Undersøkelser fra Outokumpu på bøyeutmattning av duplexstål ser ut til å indikere at utmattingsgrensen er 450 - 500 MPa, som er omtrent lik flytegrensen, dvs. betydelig mer enn 50 % av strekkgrensen. Dette vil bety at duplexstål viser betydelig bedre utmattingsstyrke enn vanlige karbonstål med samme flytegrense.

I tillegg til påvirkningen av selve materialet, har sveiser en reduserende effekt på utmattingsstyrken til en struktur av to grunner. Den første er at sveiser er preget av geometriske ujevnheter og inneholder også metallurgiske defekter som kan tjene som utgangspunkt for tretthet. Den andre grunnen er at sveising skaper ugunstige strekkspenninger. I konstruksjoner som er utsatt for varierende belastninger og hvor det er fare for utmattning, bør således sveiser, så langt det er mulig, plasseres der belastningen er minst. Rustfrie sveiser ferdigstilles nesten alltid med mekaniske eller kjemiske metoder for å sikre god korrosjonsbestandighet ved og ved siden av sveisen. Slik behandling, spesielt i kombinasjon med avspenningsgløding, er positivt ut fra et utmattelsesperspektiv.

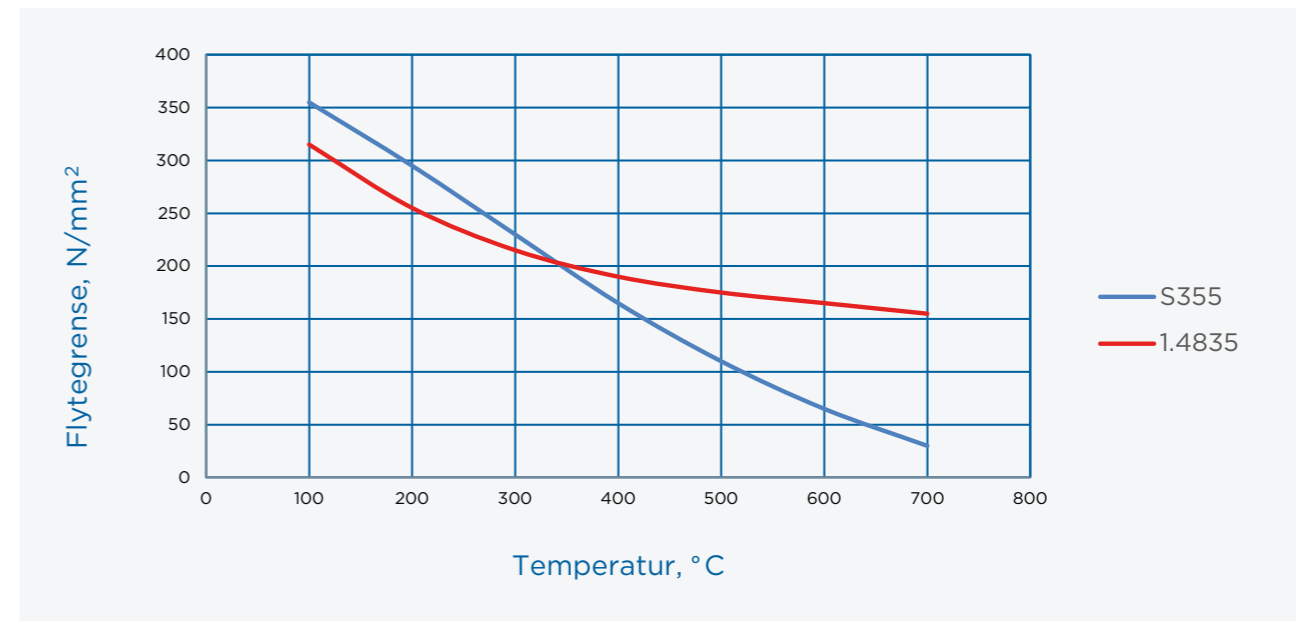
Siden rustfritt stål ofte brukes i aggressive miljøer, må kombinasjonen av veksellast og samtidig korrosjon tas i betraktning (korrosjonsutmattning). For vanlige karbonstål reduseres utmattingsstyrken nærmest katastrofalt dersom vekslende belastninger finner sted i et korrosivt miljø, som for eksempel sjøvann. Forsøk på austenittisk og duplex rustfritt stål viser at selv for disse materialene reduseres utmattingsstyrken under korrosive forhold (miljø som inneholder for eksempel klorider), men ikke i samme grad som karbonstål (se diagram på neste side).



Wöhler-diagram for austenittisk stål 1.4307 testet i utmattning med roterende bøyetest (vekslende strekk-trykkbelastning). Dataene for individuelle levetidsverdier er hentet fra National Research Institute of Metals (Japan), Fatigue Data Sheet No. 33 (1983).



Påvirkning av miljøet på utmattelsesstyrken til et austenittisk og et duplexstål testet i en roterende bøyetest ved 40 ° C i luft og 3% saltvannsløsninger med forskjellig surhet. Diagrammet er gjengitt fra Outokumpus publikasjon "Handbook of Stainless Steel".



Flytegrensens avhengighet av temperaturen til S355-konstruksjonsstålet og det varmebestandige austenittiske rustfrie stålet EN 1.4835 (Outokumpu 253 MA[®]).

Oppsummert, for å minimere risikoen for havari ved å utmatte en del eller struktur i rustfritt stål som er utsatt for varierende belastninger, bør man:

- Velg et materiale med så høy styrke som mulig, f.eks. en kaldbearbeidet austenittisk type eller et duplex eller martensittisk stål;
- Sørg for at overflatene er fine;
- Unngå ujevnheter som hul kjerne og sørg for at dimensjonale overganger er jevne, uten skarpe hjørner;
- Plasser sveiser der belastningen er lavest og sørg for at sveisene er ferdige og om mulig at hele strukturen er spenningsglødet;
- Unngå kombinasjonen av skiftende last og svært aggressive omgivelser.

Slagstyrke

En betydelig ulempe med vanlige karbonstål er at de blir sprø ved lave temperaturer på grunn av deres tendens til å sprekke gjennom kløyvning. På grunn av deres forskjellige mikrostruktur, viser austenittiske rustfrie stål ingen slike tendenser og er preget av god slagfasthet selv ved -200 ° C. På den annen side har ferrittiske og martensittiske stål en mikrostruktur som ligner mer på vanlige karbonstål og blir dermed også sprø ved lave temperaturer. Slagfastheten til ferrittiske stål er bedre hvis nivåene av karbon og nitrogen holdes så lave som mulig.

Duplexstål med en blanding av ferritt og austenitt i mikrostrukturen inntar en mellomposisjon. Slagfasthet ned til -50 ° C er ofte akseptabelt, men ved svært lave (kryogene) temperaturer blir selv duplexstål sprø.

Det faktum at austenittiske stål ikke har en tendens til sprøhet og har en høy grad av slagfasthet selv ved svært lave temperaturer, gjør dem til et egnet materialvalg i beholdere for lagring og transport av flytende gasser.

De fleste martensittiske stål har ganske dårlig slagfasthet selv ved romtemperatur. EN 1.4418 er et unntak og ved moderat lave temperaturer (minst ned til -30 ° C) viser stålet en ganske gunstig kombinasjon av styrke og slagfasthet.

Styrke ved høye temperaturer

Dersom en del eller konstruksjon skal utsettes for høye temperaturer, er det to faktorer å ta hensyn til ved valg av stål. Først og fremst avtar både stivhet og styrke når temperaturen stiger. Den andre faktoren er den kjemiske reaksjonen mellom stålet og omgivelsene (oksidasjon hvis stålet utsettes for høye temperaturer i luft). Ved tilstrekkelig høy temperatur kan materialet også kripe, dvs. sakte gjennomgå permanent deformasjon når det utsettes for belastning selv om belastningen er lavere enn tilsvarende flytegrense ved gjeldende temperatur.

Austenittiske rustfrie stål viser god styrke ved høye temperaturer, betydelig mye bedre enn vanlige karbonstål. I tillegg gjør innholdet av krom at oksidasjonsmotstanden også økes. Av denne grunn finnes det en rekke austenittiske stål hvis sammensetning er tilpasset bruksområder hvor materialet utsettes for høye temperaturer enten av og til eller kontinuerlig. Disse temperaturbestandige stålene har normalt noe høyere karboninnhold enn austenittiske stål som er optimert for å motstå våtkorrosjon ved lavere temperaturer. I tillegg kan de inneholde titan, nitrogen, høyere enn normalt innhold av silisium og i noen tilfeller også cerium. Alle tilsetningsstoffer bidrar til å forbedre varmebestandigheten og/eller øke oksidasjonsmotstanden.

Diagrammet på neste side sammenligner flytegrenseavhengigheten til temperaturen til det sveisbare konstruksjonsstålet S355 og et varmebestandig austenittisk stål EN 1.4835 (Outokumpu 253 MA[®]). Stålene er stort sett like opp til 400 ° C, men fra 500 ° C og oppover har 1,4835 høyere styrke. Ved 700 ° C er flytegrensen til det austenittiske rustfrie stålet fem ganger høyere.

Når det gjelder evnen til å tåle avskalling/oksidasjon i varm luft, viser 1.4835 god motstand mot temperaturer opp til 1100 ° C, men selvfølgelig, ved så høye temperaturer er styrken generelt og også krypestyrken lav, noe som må vurderes hvis en konstruksjon skal utsettes for belastninger utover sin egen vekt. Det kan også bemerkes at 1.4835 fungerer best i temperaturområdet 800-1100 ° C. Ved temperaturer lavere enn 800 ° C kan utfelling av intermetalliske forbindelser som inneholder krom forårsake sprøhet og under slike forhold er EN 1.4818 (Outokumpu 153 MA[™]) med lavere krominnhold et bedre valg.

Austenittiske varmebestandige stål lider av en uheldig kombinasjon av dårlig varmeledningsevne kombinert med høy varmeutvidelseskoeffisient, som gjør at det er risiko for sprekker dersom materialet utsettes for gjentatte temperaturvariasjoner, såkalt termisk utmatting. Disse kan oppstå ved for eksempel oppstart eller nedstenging av ovnsutstyr og lignende. Det finnes ferrittiske varmebestandige rustfrie stål hvor innholdet av krom er supplert med tilsetning av silisium. Disse variantene er ikke like følsomme for termisk tretthet som austenittiske typer. Ferrittiske varmebestandige stål kjennetegnes også av meget god oksidasjonsmotstand, men varme- og krypestyrken er klart dårligere enn 1.4835 og lignende austenittiske varianter.

Bruk av rustfritt stål til bygninger og andre konstruksjoner

I tillegg til de veletablerte og åpenbare bruksområdene med estetiske eller hygieniske elementer, som bygningskledning, hvitevarer, utstyr for håndtering av mat i både liten og stor skala, brukes rustfritt stål i økende grad som materiale i bærende bygningskonstruksjoner. Fordelene fremfor vanlige stål i slike applikasjoner er:

- Ikke behov for belegg for korrosjonsbeskyttelse verken når konstruksjonen er ny eller når den skal vedlikeholdes. I tillegg er det lettere å inspisere en overflate som er metallisk ren og uten belegg.
- Motstår varme bedre i tilfelle brann fordi, i det minste for austenittiske og duplexstål, er varmebestandigheten overlegen. Denne forskjellen gjør at ved brann vil

den bærende funksjonen til en rustfri stålkonstruksjon opprettholdes bedre og lenger.

- Ingen risiko for sprøbrudd basert på sveisefeil i arktisk klima (austenittiske stål).

Når det gjelder bærende elementer i bygninger og andre konstruksjoner, gjelder standarden EN 1993-1-4 «Design av stålkonstruksjoner: generelle regler: utfyllende regler for rustfritt stål». En god samling er utgitt av Euro-Inox (www.euro-inox.org).

Firkantede eller sirkulære hulprofiler i rustfritt stål brukes svært ofte som grunnelementer i bygningskonstruksjoner. Skal disse sammenføres ved sveising er det en fordel om dette kan gjøres i et verkstedmiljø hvor det er mulig å etterbehandle sveisene skikkelig. På byggeplassen kan de sveisede delelementene deretter kobles sammen via boltede skjøter. Det er viktig at geometrien til både sveiser og bolteskjøter er slik at man i størst mulig grad unngår spalter og smussansamlinger. Smuss kan også samle seg på horisontale overflater av firkantede hulprofiler. Regelmessig rengjøring er derfor viktig for å forhindre initiering av korrosjon, spesielt for utendørs konstruksjoner.

Kravene til overflatefinish på synlige bygningslementer i rustfritt stål er selvsagt høyere enn om elementene er skjult. Men fine overflater er alltid fordelaktige fra et korrosjons-synspunkt og i tillegg er slike flater lettere å holde rene.

Fremstilling av hulprofiler i rustfritt stål innebærer en viss grad av kaldbearbeiding, ganske jevnt fordelt over tverrsnittet for sirkulære profiler, men konsentrert til hjørner for firkanter. Likevel fastsetter EN 1993-1-4 at for konstruksjonsformål skal det benyttes flytegrense for det originale platematerialet, f.eks. 200 MPa for EN 1.4307. Det er imidlertid mulig å generelt øke profilens styrke enten ved kaldvalse av startplaten eller kaldbearbeiding under profilformingen. På denne måten kan flytegrensen på 1,4307 heves til 350MPa. Denne styrkeklassen er betegnet CP350 i EN 10088-2 og EN 1993-1-4. Et annet alternativ for høyfaste byggelementer uten behov for kaldbearbeiding er å bruke profiler laget av duplexstål. Hulprofiler med høyere styrke gir slankere strukturer som ofte er mer attraktive fra et estetisk perspektiv.

Svømmebassenger utgjør et svært krevende miljø i byggesegmentet takket være høye nivåer av klorider i atmosfæren kombinert med ganske høye temperaturer. Det kreves da at materialet i bærende elementer er molybdenlegert stål type EN 1.4404 eller 1.4432. Hvis regelmessig rengjøring ikke er mulig, bør austenittisk eller duplexstål med enda høyere legeringsinnhold brukes som 1.4547 (Outokumpu 254 SMO®) eller duplexstål 1.4462.

Bruksområder for rustfritt stål i transportsektoren og bilindustrien

Rustfritt stål og spesielt austenittiske typer er mye brukt i produksjon av jernbanevogner og busser for både belastede elementer i rammen og for utvendige paneler. For rammen er det ganske vanlig at hulprofiler kombineres med stenger og andre elementer skjøtet sammen av metall. Kollisjonsikkerhet er viktig og austenittiske stål med god duktilitet og dermed høy evne til å absorbere energi passer godt. For utvendige paneler brukes kaldvalset platemetall i austenittisk eller ferrittisk stål med egnet overflatetilstand for å unngå eller i det minste minimere maling. Vekten på rammen kan reduseres ved å velge duplexstål og da er EN 1.4362 eller 1.4162 (Outokumpu LDX 2101®) økonomiske alternativer.

Tog og busser kjører i forskjellige miljøer, på landsbygda, i byer og noen ganger nær kysten, så de korrosive forholdene kan variere mye. Et viktig aspekt å ta hensyn til når det gjelder busser er eventuell eksponering for veisalt vinterstid. Mer legerte austenittiske varianter som 1.4404 og 1.4432 har bedre motstand mot veisalt, men selv disse variantene krever regelmessig rengjøring dersom korrosjon ikke skal oppstå.

Til tross for åpenbare fordeler, har ikke rustfritt stål blitt brukt så mye i bilindustrien, hovedsakelig på grunn av kostnadene. Det er imidlertid en viss interesse for å bruke austenittiske ståls gode energiabsorberende egenskaper til komponenter i bilens kollisjonsringssystem. Eksosanlegg er ellers den bildelen hvor bruken av rustfritt stål er ganske godt etablert, men kun eksklusive modeller er utstyrt med rustfrie eksosanlegg når bilen er ny. Mange ganger brukes enklere ferrittiske stål med 12 % krom, type EN 1.4512, men korrosjonsbestandigheten av denne typen er ofte ikke tilstrekkelig i de kjøligere delene av eksosanlegget hvor det dannes kondens som inneholder aggressive, sure kjemikalier internt mens ute kan bli utsatt for veisalt.

Rustfritt stål i trykkbeholdere

For sveisede trykkbeholdere, spesielt de som står utendørs, er rustfritt stål et opplagt materialalternativ. Austenittiske stål har marginalt lavere flytegrense enn vanlige trykkbeholderstål, men for et gitt innvendig trykk kan dette kompenseres med noe større veggtykkelse. På den annen side, når det gjelder trykkbeholdere som brukes ved lave temperaturer, hvor det er fare for sprøbrudd for vanlige stål, er austenittiske stål det overlegne alternativet på grunn av deres utmerkede slagfasthet over hele høy-lav temperaturområdet. For sveisede trykkbeholdere må det imidlertid tas hensyn til muligheten for at det har dannet seg ferritt i og ved sveiser ved vurdering av slagstyrken. Ferritten kan minimeres eller elimineres ved varmebehandling etter sveising, men for større fartøy kan dette være vanskelig å ordne.

Dupleks rustfritt stål med mer enn dobbelt så høy strekkfasthet som austenittiske typer er et interessant alternativ for trykkbeholdere fordi veggtykkelsen kan senkes og vekten reduseres for et gitt indre trykk. Men det må da tas hensyn til overgangen fra seigt til sprøtt brudd ved redusert temperatur. Omfattende studier av bruddoppførselen til du-

plexstål ved lave temperaturer har vist at disse stålene, selv de med lavt nikkelinnhold som EN 1.4162 (LDX 2101®), viser tilstrekkelig seighet ned til -50 °C og ofte lavere. Den siste utgaven av EN 13445-2 om stålmaterialer i trykkbeholdere tillater bruk av duplexstål med en flytegrense på opptil 550MPa. Standarden bestemmer minste tillatte driftstemperatur for et gitt nivå av flytegrense og veggtykkelse og tar hensyn til at stålets mikrostruktur, spesielt forholdet mellom ferritt og austenitt, har blitt påvirket av enhver sveising.

For duplexstål og i mindre grad austenittiske stål i sveisede trykkbeholdere utsatt for lave temperaturer er kontroll av sveising, m.h.t. varmetilførsel, tilsetningsstoffer, kjøleforhold og muligheter for varmebehandling etter sveising, av stor betydning for å oppnå en mikrostruktur med akseptabelt nivå av slagstyrke. Situasjonen er imidlertid ikke annerledes for vanlige trykkbeholderstål.

Rustfritt stål i maskinkomponenter

Maskinkomponenter inkluderer ofte roterende deler som utsettes for samtidig rotasjon og/eller bøyning, noe som betyr varierende belastning og dermed fare for utmattelseskader. Martensittiske rustfrie stål med karboninnhold på 0,2 % eller lavere kan herdes til betydelig høyere strekkfasthet enn duplexstål og viser god utmattingsstyrke på lik linje med lavlegerte spesialstål i herdet tilstand. Ulempen med herding er at en viss mengde krom brukes til å danne kromkarbid og korrosjonsmotstanden lider. Det finnes imidlertid unntak, for eksempel EN 1.4418 som kan herdes til 1000-1200 MPa strekkfasthetenivå, mens stålet har et lavt karboninnhold (0,05 % er typisk) og en korrosjonsbestandighet godt i tråd med 18Cr-9Ni stål SS -EN 1.4307. De såkalte supermartensittiske stålene, som er utviklet spesielt for oljefeltapplikasjoner, er et annet eksempel på et materiale som kombinerer høy styrke med tilstrekkelige korrosjonsegenskaper.

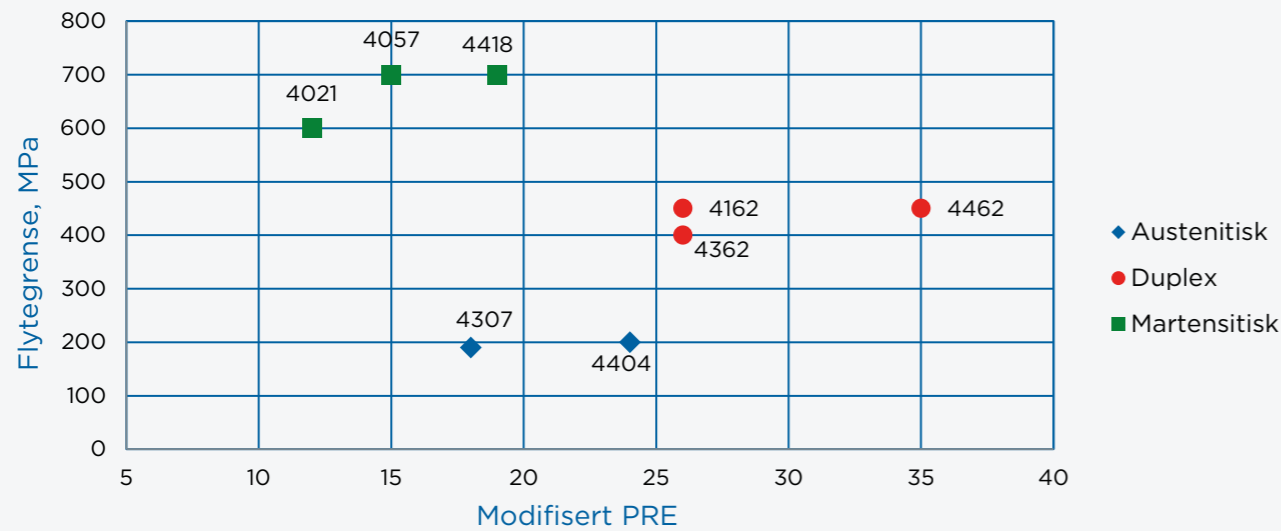
For maskinapplikasjoner hvor det kreves høy korrosjonsbestandighet mens styrkekravene ikke er så høye, er duplexstål et opplagt alternativ. Eksempler er hydrauliske sylindere som fungerer i et marint miljø eller offshoreinstallasjoner.

Diagrammet på side 36 viser minimumsnivået for flytegrense som funksjon av korrosjonsmotstand (uttrykt som en modifisert PRE-verdi) for enkelte martensittiske, duplex- og austenittiske stål. Den gunstige kombinasjonen av høy styrke og god korrosjonsbestandighet som tilbys av stål EN 1.4418 er åpenbar. Ytterligere fordeler med 1.4418 er en relativt god sveisbarhet takket være lavt karboninnhold og ganske god slagfasthet. Stålet inneholder imidlertid 5 % nikkel og er dermed dyrere enn mange andre martensittiske stål.

Rustfritt stål av martensittisk type finner bred bruk for deler i pumper og marinemotorer, spesielt påhengsmotorer. I bilindustrien brukes martensittiske stål i injektorpumper og til sensorer i eksosanlegget. Skruer for transport av ulike ingredienser og blandinger i næringsmiddelindustrien er ofte laget av martensittisk stål.



Hydraulisk klåmhylsa gjord i martensittisk rustfritt stål EN 1.4418. Copyright: ETP Transmission AB



Sammenligning av minimum flytegrense i henhold til EN 10088-3 som funksjon av korrosjonsbestandighet for enkelte austenittiske, duplex og martensittiske rustfrie stål. Korrosjonsbestandighet uttrykkes ved en modifisert PRE-formel ($PRE = \% Cr + 3,3\% Mo + 16\% N - 5\% C$) som tar hensyn til den negative effekten av karbon.

Armering av betong med rustfritt stål

Betong har ganske god trykkfasthet men brytes ned ved svært lav belastning dersom den utsettes for strekkbelastninger. Betongkonstruksjoner må dermed armeres med stål som avlaster betongen når den utsettes for strekkspenninger.

Vanlig armeringsstål korroderer normalt ikke når det er innelukket i betong fordi sistnevnte er alkalisk. Det finnes imidlertid omstendigheter når et vanlig armeringsstål i en betongkonstruksjon kan angripes av korrosjon:

- Eksponering for klorider fra for eksempel marint/kystmiljø eller veisalt. Oppløst i vann migrerer kloridene gjennom porene i betongen og når til slutt armeringsstålet. Kloridene bryter ned betongens naturlige korrosjonsbeskyttelse og stålet rustet.
- Ved reaksjon med karbondioksid i luften, som øker surheten, blir betongen mindre alkalisk over tid og korrosjonsbeskyttelsen mot stål svekkes sakte (kan ta mange år).

Dersom armeringen i betongen angripes av korrosjon, opptar rusten som dannes et større volum enn det stålet opprinnelig tok opp, med det resultat at betongen kan sprekke, falle av og utsette armeringsstålet for ytre miljø. I slike tilfeller kan styrken til hele den stålarmerte betongkonstruksjonen bli kompromittert.

Det finnes en rekke ulike tilnærminger for å motvirke nedgradering ved korrosjon av armeringsstålet i betong. Eksempler på dette er økt avstand mellom utsiden av betongen og armeringen, modifikasjon av betongblandingen, belegging av stålet med sink (galvanisering) eller plast, eller til slutt eksternt påført katodisk beskyttelse.

Erfaring viser at bruk av rustfri armering er et meget effektivt middel for å motvirke korrosjon av armering. Til tross

for høyere startkostnad kan senere besparelser i form av manglende levering eller redusert vedlikehold ofte regnes hjem. Et estimat fra 1996 indikerer at reparasjonskostnadene i Vest-Europa for konvensjonelle betongkonstruksjoner er høyere enn 50 milliarder NOK årlig.

Siden 2016 har rustfri armering blitt standardisert i Norge (SS 212545). Fordi duplexstål har en flytegrense som er omtrent lik den for vanlige armeringsstål, fungerer de utmerket til rustfri armering. EN 1.4162 (Outokumpu LDX 2101®) kombinerer et korrosjonsmotstandsnivå med austenittiske syrebestandige stål (f.eks. EN 1.4404) med mekaniske egenskaper som oppfyller kravene i den nye norske standarden for rustfri stålarmering med flytegrense > 500 MPa. Det lave nikkelinnholdet gjør også stål til et økonomisk interessant alternativ.

I betong som er utsatt for et kloridholdig miljø skjer diffusjon av kloridioner relativt sakte, slik at det er armeringen nærmest ytterflaten av betongen som vil bli verst påvirket av korrosjon. Derfor er det fullt mulig å kombinere rustfri armering nærmest utsiden av konstruksjonen med vanlig armering lenger inn. Det finnes modeller som, for ulike kloridinnhold i det ytre miljø, tillater estimering av dybden fra ytterflaten av betongen der det kreves rustfri armering. Studier har også vist at når begge er innelukket i betong, er det ingen risiko for omfattende galvanisk korrosjon selv om det er metallisk kontakt mellom et rustfritt stål og et vanlig stål.

I noen tilfeller kreves det at betongen skal være umagnetisk, for eksempel rundt rom med sensitivt utstyr som forstyrres av magnetiske felt. I slike tilfeller må betongen armeres med et austenittisk stål og deretter EN 1.4301 / 4307 eller 1.4432 / 1.4436





Rustfrie plater

Produktprogram



Produktprogram for rustfritt stål

De neste sidene oppsummerer Tibnors lagerprogram i rustfritt stål, hvor detaljer angående kvaliteter, kjemisk analyse, mekaniske egenskaper, dimensjoner, overflateforhold og toleranser for dimensjon og form er for det meste presentert i tabellform. Informasjon på artikkelnivå om tilgjengelighet

og pris kan fås fra vår kundeportal på www.tibnor.no. På nettstedet finner du også informasjon om gjeldende legeringstillegg for en bestemte typer rustfritt stål (oppdateres månedlig).

Rustfrie plater - kaldvalsede (inklusive overflate)

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

Vanligste overflate: 2B - glødet, beiset etterfulgt av lett kaldvalsing

Stålsort	Ståltype	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper				Anmerkninger
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvers)	
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	0,5 - 6	0,02	18	8,5	-	-	18	220	250	520 - 700	45	Dobbelklasse
1.4404	Austenitisk	0,5 - 6	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	240	270	530 - 680	40	
1.4432/1.4436	Austenitisk	1 - 3	0,02	17	11	2,6	-	26	240	270	550 - 700	40	Dobbelklasse
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitisk	2 - 3	0,02	22	5,5	3	0,17 N	35	500	-	700 - 950	20	Ferritt-austenittisk = duplex overflatefinish 2E
1.4835 (253 MA*)	Austenitisk	1,5 - 4	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	Varmebestandig stål kvalitet, standard EN 10095, overflateutførelse 2E

Rustfri plate - kaldvalsede, overflatebehandlet

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

Stålsort	Ståltype	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper				Anmerkninger
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvers)	
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	
1.4301	Austenitisk	0,7 - 4	0,04	18	8,5	-	-	18	230	260	540 - 750	45	Overflatebehandling inkluderer: 2R - glødet i dekk gass etterfulgt av lett kaldvalsing. Slipt - 2G i henhold til EN 10088-2 eller DP40. Mønsterplate - AN5
1.4404	Austenitisk	1,5 - 2	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	240	270	530 - 680	40	Slipt overflate, DP20
1.4016	Ferritisk	0,7 - 2	0,05	16,5	-	-	-	16	260 (längd)	-	430 - 600	50	Mest vanlige overflatefinish 2R: Utglødd i dekk gass

Rustfrie plater - varmvalsede bandformat

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

Vanligste overflate: 1D - glødet, beiset

Stålsort	Ståltype	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A	Slagseighet (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	3 - 12	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	520 - 700	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dobbel klasse. 3 og 4 mm er tilgjengelig som riveplate. Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm
1.4404	Austenitisk	4 - 12	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	100 (längd) 60 (tvär)	Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm
1.4432/1.4436	Austenitisk	4 - 12	0,02	17	11	2,6	-	26	220	260	550 - 700	40	100 (längd) 60 (tvär)	Dobbel klasse. Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitisk	4 - 12	0,02	22	5,5	3	0,17 N	35	260	-	700 - 950	25	100 (längd) 60 (tvär)	Ferritt-austenittisk = duplex. Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm
1.4162 (LDX 2101*)	Ferrit-austenitisk	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)	Ferritt-austenittisk = duplex. Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm
1.4835 (253 MA*)	Austenitisk	4 - 12	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	-	Varmebestandig stål kvalitet, standard EN 10095

* Testalternativ for tykkelser > 10 mm, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfri plate - varmvalsede grovplater (kvartoplater)

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

Overflatedesign: 1D

Stålsort	Ståltype	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A	Slagseighet (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	15 - 50	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	500 - 700	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dobbel klasse
1.4404	Austenitisk	15 - 50	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	520 - 670	45	100 (längd) 60 (tvär)	
1.4432/1.4436	Austenitisk	15 - 50	0,02	17	11	2,6	-	26	220	260	520 - 670	45	100 (längd) 60 (tvär)	Dobbel klasse
1.4835 (253 MA*)	Austenitisk	15 - 25	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	-	Varmebestandig stål kvalitet, standard EN 10095

* Testalternativ for tykkelser > 10 mm, sertifisert kun på forespørsel.

Toleranser for kaldvåsed plater (inklusive overflatebehandling)

EN ISO 9445-2 angir toleranser for kaldvåset plate med tykkelser 0,3 - 8 mm og bredde i rekkevidde 600 - 2 100 mm. Smalere strimler kuttet av slike metallplater omfattes også av denne standarden.

Dimensjonstoleranser

Tykkelse mm	Tykkelse toleranse, mm (*)	Breddetoleranse mm for 1000 < w < 2100 mm	Breddetoleranse, mm for kuttet bånd 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

* EN ISO 9445-2 Metode A.

Når det gjelder lengdetoleranse for kuttelengder, gjelder + 5 / -0 mm for lengder inntil 2000 mm eller pluss 0,0025 ganger lengde / minus null for lengder i tillegg.

Formtoleranser

i) Kantrakhethet

Bredde mm	Max. pilhøyde (mm) for referanselengde:	
	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) Avvik fra rett vinkel

Lengde mm	Max. skille mellom diagonaler mm
L ≤ 3000	6
3000 < L ≤ 6000	10
L > 6000	15

iii) Planhet

Planhet målt som pilhøyde mellom platen og en rett kant (lengde 1 eller 2 meter) skal ikke overstige 10 mm for platelengder inntil 3 000 mm og 12 mm for lengder i tillegg (gjelder overalt på platen og i alle retninger).

iv) Kantbølger

Forholdet mellom høyden og lengden på en bølge ved kanten av platen må ikke overstige 0,03 uavhengig av platetykkelsen.

Toleranser for kontinuerlig varmvåsedde plater

EN ISO 9444-2 spesifiserer toleranser for metallplate som hasjplatt etter varmvåsing og som har tykkelser 2 - 13 mm og bredder 600 - 2500 mm. Standarden dekker også alle produkter som er kuttet eller kuttet fra det flate varmvåsedde arket.

Dimensjonstoleranser

Tykkelse mm	Tykkelse toleranse mm		Breddetoleranse, mm
	w ≤ 1400 mm	1400 < w ≤ 2500 mm	
2,5 - ≤3,0	±0,26	±0,31	+5/-0
>3,0 - ≤4,0	±0,29	±0,34	"
>4,0 - ≤5,0	±0,31	±0,36	"
>5,0 - ≤6,0	±0,34	±0,38	"
>6,0 - ≤8,0	±0,38	±0,40	"
>8,0 - ≤10,0	±0,42	±0,44	"
>10 - ≤13,0	±0,46	±0,48	"

Når det gjelder lengdetoleranse for kappede eller kappede metallplater, gjelder + 10 / -0 mm for lengder opp til 2000 mm eller pluss 0,005 ganger lengde / minus null for lengder i tillegg.

Formtoleranser

i) Kantrakhethet

Maks. pilhøyde over en referanselengde på 1 m kan være 0,005 ganger lengden for l < 5000 mm og 15 mm for lengder i tillegg.

ii) Avvik fra rett vinkel

Den maksimalt tillatte forskjellen mellom diagonaler er 1% av bredden.

iii) Retthet

Flathet måles som pilhøyde mellom platen og en rett kant (lengde 1 eller 2 meter). Kravene gjelder for alle tykkelser og

Bredde mm	Høyeste pilhøyde mm
w ≤ 1200	23
1200 < w ≤ 1500	30
w > 1500	38

Toleranser for varmvalde metallplater i et reversibelt anlegg

(kvartoplate)

EN ISO 18286 spesifiserer toleranser for metallplater som varmvalses i et reversibelt anlegg og som har tykkelser på 4 - 250 mm og bredder ≥ 600 mm. Standarden dekker også alle produkter med en bredde ≥ 600 mm som er kuttet eller kuttet av kvartoplate.

Tykkelse mm	Tykkelse toleranse, mm	Breddetoleranse, mm (klasse 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	"	"

Lengde mm	Lengdetoleranse, mm (klasse A)
$600 \leq L < 4000$	+20/-0
$4000 \leq L < 6000$	+30/-0
$L \geq 6000$	+40/-0

Formtoleranser

i) Kantretthet

Maks. pilens høyde kan ikke overstige 0,5% av lengden.

ii) Avvik fra rettinkelhet

Et rektangulært fremspring av en kant i bredderetningen på en kant i lengderetningen kan ikke overstige 1% av bredden.

iii) Planhet

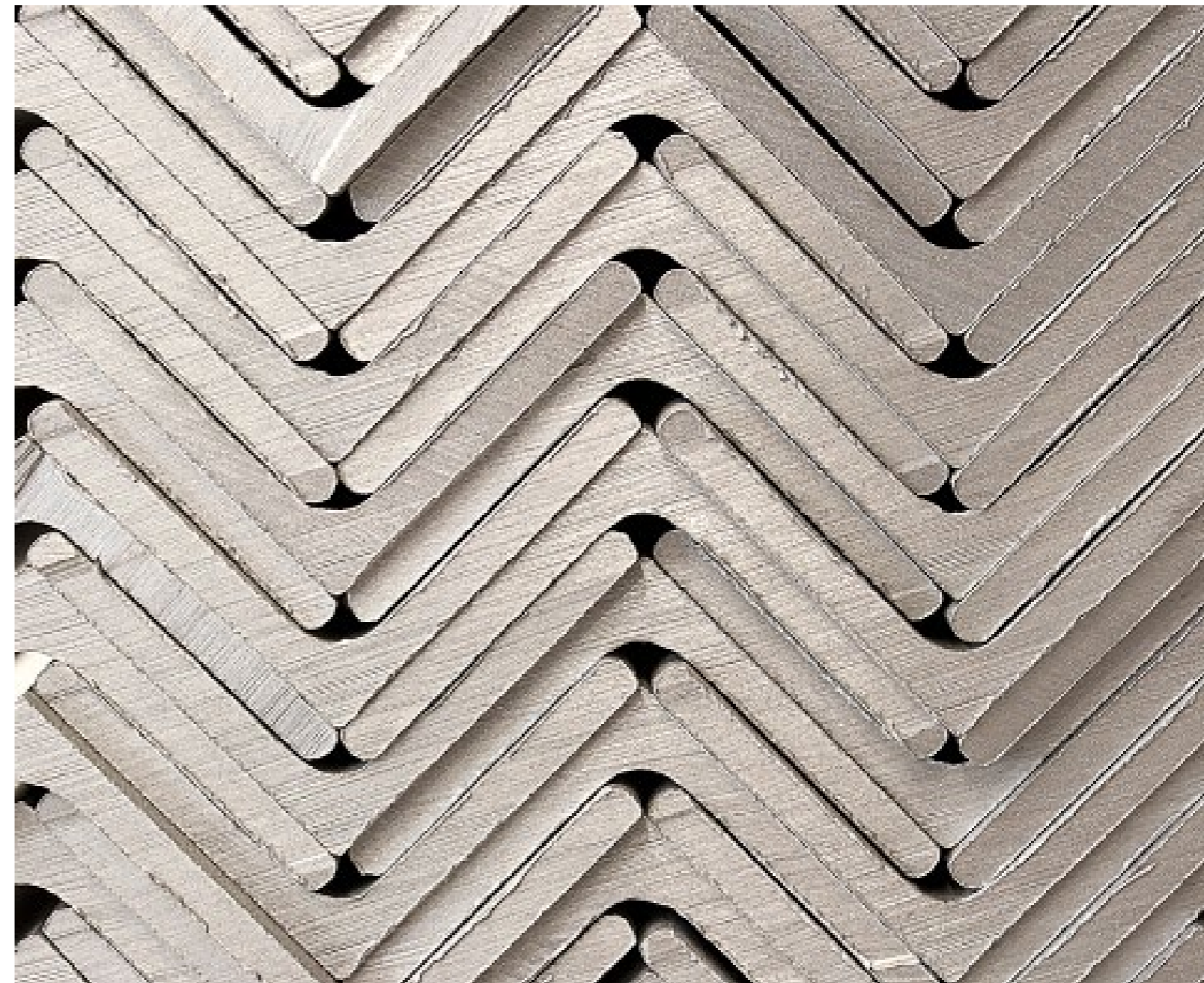
Flathet måles som pilhøyde mellom platen og en rett kant (lengde 1 eller 2 meter). Kravene gjelder for alle tykkelser og gjelder overalt på platen og i alle retninger.

Tykkelse mm	Maks pilhøyde, mm			
	Ref. lengde 1000 mm		Ref. lengde 2000 mm	
	Stål type A*	Stål type B*	Stål type A*	Stål type B*
$15 \leq t < 25$	7	10	10	13
$25 \leq t < 40$	6	9	9	10
$t \geq 40$	5	8	8	11

*) Type B stål - stål med % Ni > 20 eller % Mo > 2 eller % N > 0,11.
Stål type A - alle andre stål.

Stang

Produktprogram



Rustfri rundstang - skaldreining/maskinert

Standarder: EN 10088-3 och 10088-5
Vanligste overflate: 1G - glødet, beiset, skaldreid

Stålsort	Ståltype	Diame- ter mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper						Anmerkninger
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A ₅	HB max	Slagseg- het (S,*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	20 - 160	0,02	18	8,5	-	-	18	175	210	500 - 700	45	215	100	Dobbel klasse. MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design
		>160 - 300							"	"	"	35 (tvär)	"	60 (tvär)	
1.4305	Austenitisk	28 - 115	0,05	17,5	8,5	-	0,25 S	14 - 16	190	225	500 - 750	35	230	-	Rustfritt automatstål
1.4404	Austenitisk	23 - 160	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	200	235	500 - 700	40	215	100	MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design
		>160 - 300							"	"	"	30 (tvär)	"	60 (tvär)	
1.4547 (254 SMO®)	Austenitisk	10 - 160	0,01	20	18	6,2	0,22 N	43	300	340	650 - 850	35	260	100	Superaustenittisk stål Mål <16 mm glødet overflate
1.4539 (904L)	Austenitisk	16 - 150	0,01	20	25	4,5	1,5 Cu	34	230	260	530 - 730	35	230	100	Stål med god motstand mot svovelsyre
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitisk	12 - 180	0,02	22	5,5	3	0,17 N	35	450	-	650 - 880	25	270	100	Ferritt-austenittisk = duplex Mål <16 mm glødet overflate
1.4460	Ferrit-austenitisk	16 - 244	0,02	26	5,5	1,5	0,10 N	32	450	-	620 - 880	20	260	85	Ferritt-austenittisk = duplex. MAXIVAL®
1.4835 (253 MA®)	Austenitisk	6 - 150	0,09	21	11	-	0,17 N, 2 Si, 0,05 Ce	23	310	350	650 - 850	40	210	100	Varmebestandig stål kvalitet, standard EN 10095.
1.4021	Martensitisk	35 - 160	0,20	13	8,5	-	-	12	500	-	700 - 850	13	ca 220	25	Herdet, +QT 700
1.4057	Martensitisk	16 - 60	0,20	16	2	-	-	15	600	-	800 - 950	14	ca 290	25	Herdet, +QT 800
		>60 - 160							"	"	12	"	20		
1.4418	Martensitisk	25,4 - 160	0,03	16	5	1	>0,02 N	19	700	-	900 - 1100	16	ca 320	80	Herdet, +QT 900
		>160 - 256							"	"	14	"	60 (tvär)		

§ Lengdeprøve dersom ikke annet er oppgitt.

* Prøvealternativ, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfri stang - kaldtrukket stang

Standarder: EN 10088-3 och 10088-5
Vanligste overflate: 2H - glødet, beiset, kaldtrukket

Stålsort	Ståltype	Profil/ dimensjon, mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkning	
									R _{p0,2}	R _m	A (leng- de)	HB max	Slagseg- het (*)		
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.		KV (J) 20°C min.		
1.4301/1.4307	Austenitisk	Rund	0,02	18	8,5	-	-	18							Dobbel klasse. MAXIVAL® skjæreforbedret forbedret design
		≤10							400	600 - 930	25	310	-		
		>10 - 16							380	"	"	"	-		
		>16 - 30							175	500 - 830	30	"	100 (leng- de)		
1.4305	Austenitisk	Rund, sekskant	0,05	17,5	8,5	-	0,25 S	14 - 16							Rustfritt automatstål. Dimensjon for sekskant refererer til avstanden mellom motsatte flater.
		≤16							400	600 - 950	15	330	-		
		>16 - 50							190	500 - 850	20	"	-		
1.4404	Austenitisk	Rund, sekskant	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24							MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design. Dimensjon for sekskant refererer til avstanden mellom motsatte flater.
		≤10							400	600 - 930	25	310	-		
		>10 - 16							380	580 - 930	"	"	-		
		>16 - 46							200	500 - 830	30	"	100 (leng- de)		

* Prøvealternativ, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfri rundstang - centerless slipt

Standarder: EN 10088-3 och 10088-5
Overflatefinish: 2G, Ra ≤1,2 µm

Stålsort	Ståltype	Diameter mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkning
									R _{p0,2}	R _m	A (lengde)	HB max	Slagseg- het (*)	
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.		KV (J) 20°C min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	≤10	0,02	18	8,5	-	-	18	400	600 - 930	25	215	-	Dobbel klasse. MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design
		>10 - 16							380	"	"	"	-	
		>16 - 50							175	500 - 830	30	"	100 (lengde)	
1.4305	Austenitisk	≤16	0,05	17,5	8,5	-	0,25 S	14 - 16	400	600 - 950	15	230	-	Rustfritt automatstål
		>16 - 60							190	500 - 850	20	"	-	
1.4404	Austenitisk	≤10	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	400	600 - 930	25	310	-	MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design
		>10 - 16							380	580 - 930	"	"	-	
		>16 - 45							200	500 - 830	30	"	100 (lengde)	
1.4460	Ferrit-austenitisk	5 - 90	0,02	26	5,5	1,5	0,10 N	32	450	620 - 880	20	260	85 (lengde)	Ferrit-austenittisk = duplex. MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design
1.4418	Martensitisk	12 - 125	0,03	16	5	1	>0,02 N	19	700	900 - 1100	16	ca 320	80 (lengde)	Herdet, + QT 900

* Prøvealternativ, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfri firkantstang

Standarder: EN 10088-3 og 10088-5
Overflatefinish: 1D- beiset

Stålsort	Ståltype	Dimensjon mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger	
									R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (lengde)	HB max		Slagseg- het (*)
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min			KV (J) 20°C min.
1.4301/1.4307	Austenitisk	12 - 50	0,02	18	8,5	-	-	18	175	210	500 - 700	45	215	100 (längd)	Dobbel klasse. MAXIVAL® skjærbarhet
1.4404	Austenitisk	10 - 50	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	200	235	500 - 700	40	215	100 (längd)	MAXIVAL® kuttebarhet forbedret

* Prøvealternativ, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfri flattstang

Standarder: EN 10088-2/-3/-4 og -5
Overflatefinish: 1D - glødet og beiset

Stålsort	Ståltype	Tykkelse mm	Bredde mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger	
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (lengde)	HB max		Slagseg- het (*)
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min			KV (J) 20°C min.
1.4301/1.4307	Austenitisk	4 - 12	15 - 150	0,02	18	8,5	-	-	18	200	240	520 - 700	45	215	100 (längd)	Kutt av metallplate. Dobbel klasse Varmvalset. Toklasses og MAXIVAL®-bearbeidbarhet-forbedret design
		8 - 40	20 - 150							175	210	500 - 700	45	"	"	
1.4404	Austenitisk	3 - 12	15 - 150	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	215	100 (längd)	Kutt av metallplate Varmvalset: MAXIVAL® kuttebarhet forbedret design
		8 - 40	20 - 150							200	235	500 - 700	40	"	"	

* Testalternativ for tykkelser > 10 mm, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfri vinkelstang (likesidet)

Standarder: EN 10088-3 og 10088-5
Overflatefinish: 1D, beiset

Stålsort	Ståltype	Flensebredde mm	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (lengde)	HB max	
										N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min		
1.4301/1.4307	Austenitisk	20 - 100	3 - 10	0,02	18	8,5	-	-	18	175	210	500 - 700	45	215	Dobbel klasse
1.4404	Austenitisk	25 - 100	3 - 10	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	200	235	500 - 700	40	215	

Rustfri armeringsstang

Standarder: SS 212545
Overflatefinish: 1D, beiset

Stålsort	Ståltype	Dimensjon mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper*					Anmerkninger
			C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	R _{p0,2}	R _m /R _{p0,2}	A	A _{gt}	HB max	
									N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min		
1.4162 (LDX 2101*)	Ferrit-austenitisk (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	Oppfyller kravene til K500B i SS 212545. A_{gt} = forlengelse ved maksimal belastning
1.4362 (2304)	Ferrit-austenitisk (duplext)	8 - 25	0,02	23	4,5	0,3	0,12 N 0,4 Cu	26	500	1,08	25	5	260	Oppfyller kravene til K500B i SS 212545. A_{gt} = forlengelse ved maksimal belastning

* Kravene til mekaniske egenskaper for armeringsjern er basert på statistisk kapasitet fra vanlig testing fremfor absolutte minimumsverdier - se SS 212545

Toleranser for rundstang

For rundstenger og avhengig av utforming er diametertoleranse fastsatt i følgende standarder:

- Varmvalset, beiset- EN 10060 (bare mindre dimensjoner).
- Maskinert ved skaldreining eller grovdreining - EN ISO 286-1, toleransebetegnelse k12 eller k13 som er pluss / null toleranser, noe som betyr at den faktiske diameteren er marginalt større enn den nominelle.
- Kaldtrukket - EN ISO 286-1 med toleransebetegnelse h9 som er en minus / null toleranse som betyr at den faktiske diameteren er marginalt mindre enn den nominelle.
- Slipt - EN ISO 286-1 med toleransebetegnelse h8 eller h9 som er minus / null toleranser.

Dimensjonstoleranser - varmvalset og glødet/beiset rundstang (overflatfinish)

Stålsort	Diameter mm	Toleranse 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 - overflatebehandlet rundstang

Diameter mm	Skaldreid/grovdreid toleranse, mm		Kaldtrukket, toleranse h9, mm	Slipt, toleranse h8, mm (*)	Slipt toleranse h9, mm (§)
	Betegnelse	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	-	-	-

* Gjelder stålkalitetene 1.4305, 1.4301 / 4307 og 1.4404.
§ Gjelder stålsortene 1.4418 og 1.4460.

Formtoleranser

Nåværende standarder er EN 10060 for varmvalset stang og EN 10278 for overflatebehandlet stang.

i) Rundhet

Rundhet (ovalitet) er definert som forskjellen mellom to målinger per vinkelrett diameter. Denne forskjellen sammenlignes med toleranseområdet for diameter (D):

- Varmvalset / beiset - ikke mer enn 75% av toleranseområdet for D.
- Dreid - ikke mer enn 50% av toleranseområdet for D.
- Kaldtrukket - ikke mer enn 100% av toleranseområdet for D.
- Slipt stang - ikke mer enn 33% av toleranseområdet for D.

Eksempel: en bakkestang D = 40 mm h8 har en faktisk diameter mellom 39 961 og 40 000 mm. Toleranseområdet er

0,039 mm og rundheten er maksimalt 0,039 / 3 = 0,013 mm.

ii) Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når stangen legges ut på en horisontal overflate. Pilens høyde er avstanden mellom basen og stangbuens høyeste punkt.

Varmvalset / beiset - pilens høyde må ikke overstige 0,004 ganger lengden på stangen for diameter opptil 80 mm og 0,0025 ganger lengden for diameter i tillegg.

Overflatebehandlet - pilhøyden over en referanselengde på 1 meter må ikke overstige 1 mm.

Toleranser for firkantstang (varmvalset/beiset, overflate 1D)

Gjeldende standard er EN 10059.

Toleranser for kantlengde

Dimensjon mm	Toleranse mm
10 - 14	±0,4
>14 - 25	±0,5
>25 - 35	±0,6
>35 - 50	±0,8

Formtoleranser

i) Hjørneradius

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

ii) Retthet

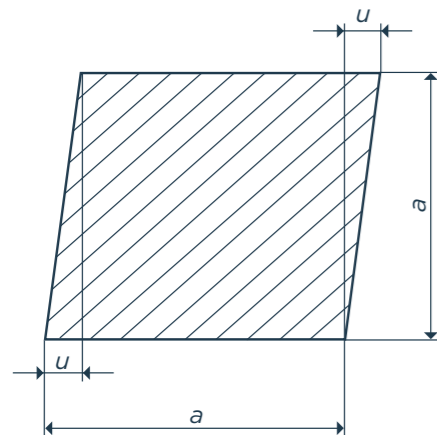
Retthet måles som maksimal pilhøyde når stangen legges ut på en horisontal overflate. Pilhøyden må ikke overstige 0,004 ganger stangens lengde, f.eks. 24 mm for en stang med en lengde på 6 meter.

iii) Skjevhet, vridning

For kantlengder opptil 14 mm, kan rotasjonen ikke overstige 4 ° / meter eller maks. 24 ° over hele stangens lengde. For større kantlengder, 3 ° / meter og maks. 18 ° over hele lengden.

iv) Formavvikelse tversnitt

For kantlengder t o m 50 mm får avvikelsen fra firkantformat ("u" i figuren) være høyst 1,5 mm.



Toleranser for flattstang (varmvalset/beiset, overflate 1D)

Gjeldende standard er EN 10058.

Toleranser for bredde og tykkelse

Gjelder både varmvalsedede flate stenger og flate stenger av kappede plater.

Bredde mm	Toleranse for-bredde, mm	Tykkelse mm	Toleranse fortykkelse 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		

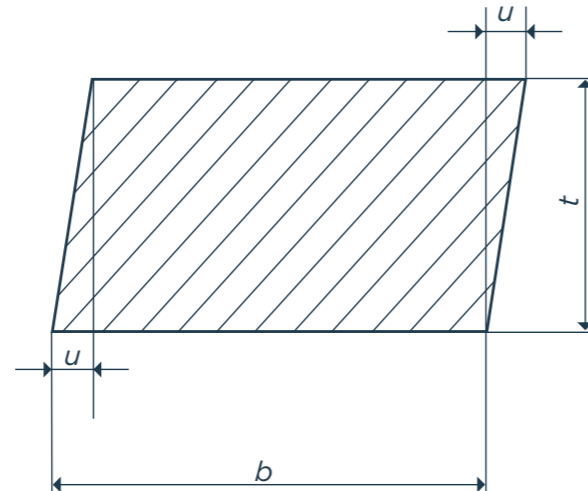
Formtoleranser

i) Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når stangen legges ut på en horisontal overflate. Hvis tverrsnittsarealet er mindre enn 1000 mm², må pilens høyde ikke overstige 0,004 ganger stangens lengde, f.eks. 24 mm for en stang med en lengde på 6 meter. Når tverrsnittsarealet er større enn eller lik 1000 mm², må ikke pilhøyden overstige 0,0025 ganger lengden (dvs. 15 mm for en seks meter stang).

ii) Formavvikelse tversnitt

For tykkelse t o m 25 mm får avvikelsen fra rektangulær format ("u" i figuren) være høyst 0,5 mm. Om tykkelsen er i intervallet >25 - 40 mm får u som mest være 1 mm.



Toleranser for vinkelstang (varmvalset/beiset, overflate 1D)

Standard EN 10056-1 og 10056-2 behandler vinkelstenger i vanlig konstruksjonsstål og dekker ikke rustfritt stål. Imidlertid oppfyller vinkelstenger av rustfritt stål på lager av Tibnor kravene til toleranse og form som er foreskrevet i disse standardene. EN 10056-1 bestemmer hvilke dimensjoner som er standardiserte og spesifiserer tverrsnittsdata for eksempel å beregne stivhet i bøyning. Dimensjonstoleranser er fastsatt i EN 10056-2.

Hjørne- og kantradius

Flensbredde mm	Hjørneradius (°) mm	Kantradius 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

*Viser til indre hjørner.

Toleranser for flensbredde og tykkelse

Flensbredde mm	Toleranse for bredde mm	Tykkelse mm	Toleranse for tykkelse, mm
20 - ≤50	±1,0	≤5	±0,5
>50 - 100	±2,0	>5 - 10	±0,75

Formtoleranser

i) Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når stangen legges ut på en horisontal overflate. For flensbredder 100 mm og mindre, må ikke pilens høyde overstige 0,004 ganger stangens lengde, f.eks. 24 mm for en stang med en lengde på 6 meter. I tillegg kan pilens høyde ikke overstige 6 mm over en lengde på 1500 mm på stangen.

ii) Tillatt avvikelse fra rettvinlethet mellom flenser

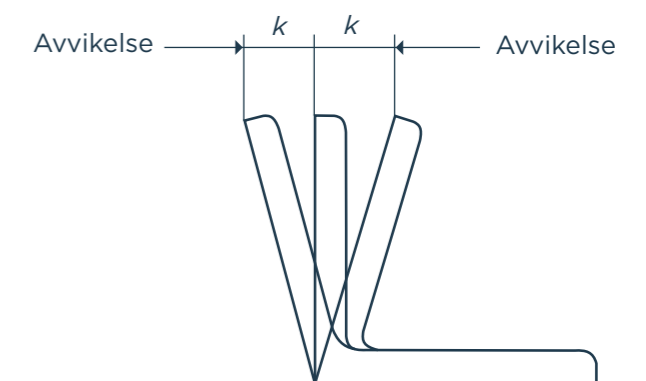
For flensbredder t o m 100 mm får avvikelsen fra rettvinlethet ("k" i figuren) være høyst 1 mm.

iii) Vekttoleranse

Forskjellen mellom målt og beregnet vekt må ikke overstige ± 6% hvis flensetykkelsen er 4 mm eller mindre, og ± 4% hvis tykkelsen er større enn 4 mm. For å beregne vekten, brukes følgende formel for tverrsnittsarealet i mm² (S),

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

hvor B er flensbredden, T er tykkelsen og R er radiusen til det indre hjørnet. Tverrsnittsarealet konverteres deretter til en metervekt ved hjelp av tetthetsverdier spesifisert i EN 10088-1 og rapportert i tabellen over fysiske egenskaper på side 66.



Toleranser for sekskantstang (kaldtrukket, overflate 2H)

Gjeldende standard for kaldtrukken sekskantstang er EN 10278 mens toleransene fastsettes i ISO 286-1.

Dimensjoner for toleranser (avstand mellom motsatte plane overflater)

Dimensjon mm	Toleranse 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 i kantene
Kanter kan ha en udefinert profil innen en avstand på 0,2 mm fra den hypotetiske kanten.

ii) Retthet
Retthet måles som maksimal pilhøyde når stangen legges ut på en horisontal overflate. Pilehøyden må ikke overstige 0,001 ganger lengden på stangen, f.eks. 3 mm for en stang med en lengde på 3 meter.

Toleranser for rustfri armeringsstang (glødet/ beiset, overflate 1D)

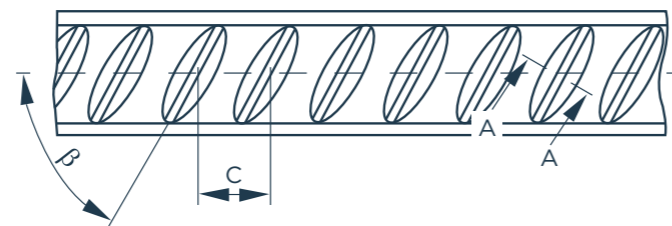
Akkurat som for armering i vanlig stål, har Sverige valgt å ha sin egen standard for armering i rustfritt stål, SS 212545, der krav til stålets analyse og mekaniske egenskaper er stilt. Det er ingen felles EN-standard for armering i rustfritt stål, men SS 212545 følger stort sett de generelle retningslinjene som er etablert for armering av stål i EN 10080.

Vekttoleranse

Forskjellen mellom målt og beregnet vekt skal ikke overstige $\pm 6\%$ hvis den nominelle diameteren er 12 mm eller mindre, og $\pm 4,5\%$ hvis den er større enn 12 mm. Målervekten beregnes på grunnlag av tetthetsverdier spesifisert i EN 10088-1 og er rapportert i tabellen over fysiske egenskaper på side 66. Formler for måleren vekt (kg/m) er $0.006126 D^2$ for stål klasse 1.4362 og $0.006048 D^2$ for stål kvalitet 1.4162 hvor D er den nominelle diameteren.

Kammens geometri

Høyden på kammene målt over seksjonen A-A skal være mellom 0,05 og 0,10 D. Avstanden (c) skal være mellom 0,5 og 1,0 ganger D og hellingene (β) i området $35 - 75^\circ$. Den ytre profilen til ryggene som er projisert vinkelrett på stangens lengderetning, skal oppta minst 75% av omkretsen ($3.1416 \times D$).



Det relative arealet av kammeraksen (f_R) er definert som det projiserte arealet av kammene på et tverrsnitt av stangen delt på produktet av avstanden mellom kammene og stangens nominelle omkrets. Tabellen viser kravet til f_R innen ulike intervaller for D.

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

Rør

Produktprogram



Rustfrie rør (sveisede)

Standard: EN 10296-2 og EN 10217-7 (*)

Overflatefinish: W2A - glødet etter sveising og beising, eller W2R - blank glødet i beskyttelsesgass etter sveising

Stålsort	Ståltype	Y.D. mm	Veggtykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkning
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (langs)	A (tvers)	
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	20 - 254	1,5 - 3,2	0,02	18	8,5	-	-	18	180	215	470-670	40	35	Kaldvalset utgangsmateriell dobbel klasse
1.4404	Austenitisk	8 - 204	1,0 - 3,6	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	190	225	490-690	40	30	Kaldvalset utgangsmateriell
1.4432/1.4436	Austenitisk	20 - 204	1,5 - 2,0	0,02	17	11	2,6	-	26	190	225	490-690	40	30	Kaldvalset utgangsmateriell dobbel klasse

* EN 10217-7 foreskriver at hvert rør testes for trykktetthet.

§ Ytterligere testing er nødvendig for å bestemme integriteten til sveisen (f.eks. plettering, strekktesting av ring, bøyetesting)

Rustfrie rør (sveisede og utvendig slipt)

Standard: EN 10296-2 og EN 10217-7 (*)

Overflatefinish: WG - glødet etter sveising, beiset innvendig, børsteslipt utvendig

Stålsort	Ståltype	Y.D. mm	Veggtykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper§					Anmerkning
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (langs)	A (tvers)	
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	20 - 51	1,5 - 2,0	0,02	18	8,5	-	-	18	180	215	470-670	40	35	Kaldvalset utgangsmateriell, dobbel klasse

* EN 10217-7 foreskriver at hvert rør testes for trykktetthet.

§ Ytterligere testing er nødvendig for å bestemme integriteten til sveisen (f.eks. plettering, strekktesting av ring, bøyetesting).

Rustfrie emnesrør (sømløse)

Standard: EN 10297-2

Overflatefinish: HFD - glødet, beiset

Stålsort	Ståltype	Y.D. mm	I.D. mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper						Anmerkning
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (langs)	A (tvers)	Hardhet	
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	HB	
1.4301/1.4307	Austenitisk	32 - 140	16 - 90	0,02	18,5	9	-	S _≤ 0,030	18	210	240	515-680	45	35	≤200	Dobbel klasse. SANMAC®-design for forbedret bearbeidbarhet
1.4404	Austenitisk	32 - 224	16-180	0,02	17	11	2,1	S _≤ 0,030	24	220	250	515 - 690	45	35	≤200	SANMAC®-design for forbedret bearbeidbarhet.

Rustfrie hydraulikrør (sømløse)

Standard: EN 10216-5 (*)

Overflatefinish: CFA - kaldtrukket og glødet i beskyttelsesgass

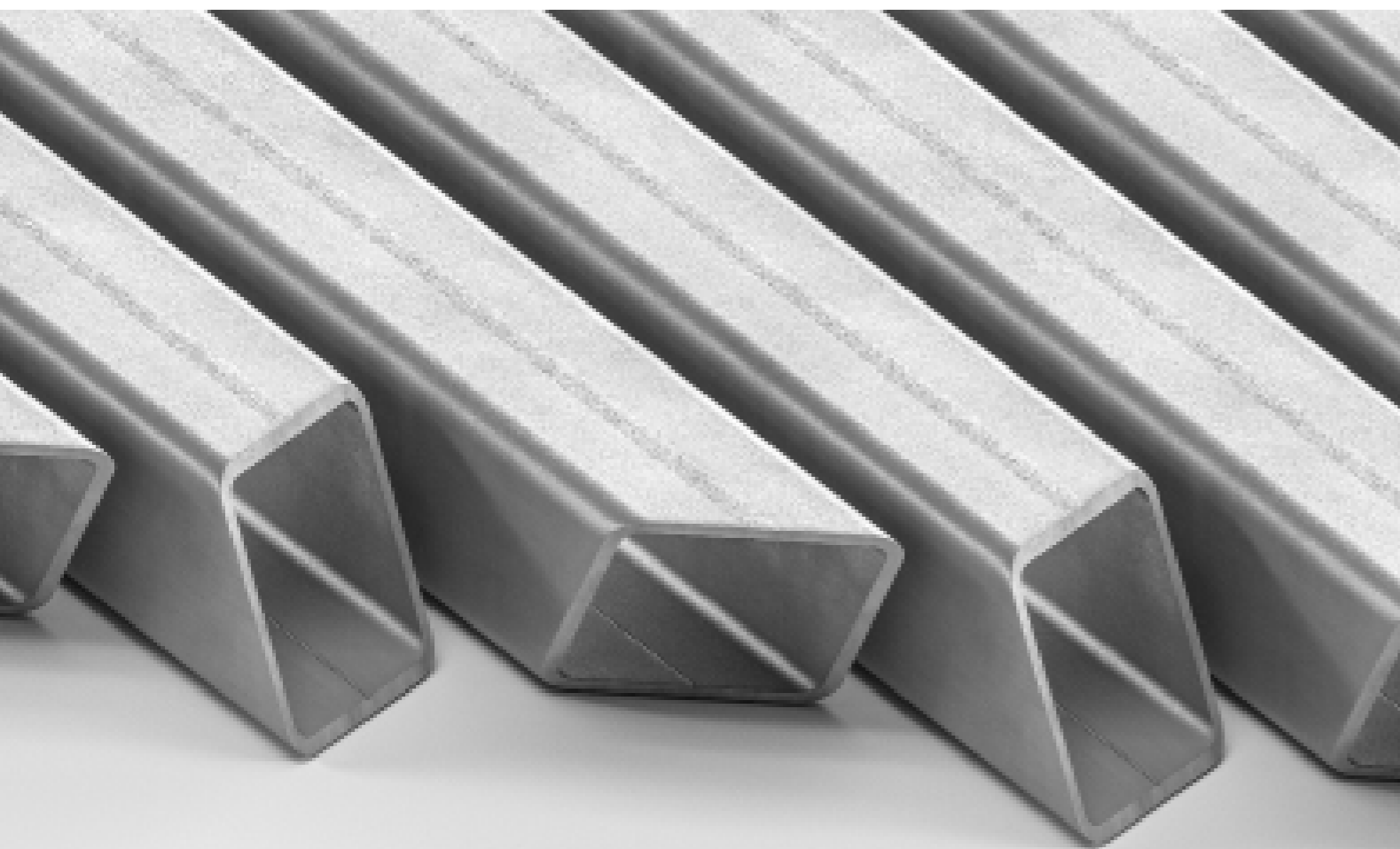
Stålsort	Ståltype	Y.D. mm	Veggtykkelse mm	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper§				Anmerkning
										R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (langs)	
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	
1.4435	Austenitisk	6 - 30	1,0 - 4,0	0,02	17,5	13	2,6	-	26	220	260	515-690	45	Ekstrudert utgangsmateriale, 100 % test for trykktetthet

* EN 10216-5 foreskriver at hvert rør testes for trykktetthet.

§ Avhengig av dimensjon kreves ytterligere testing i EN 10216-5, enten pletteringstest eller ringekspansjonstest

Hulprofiler

Produktprogram



Rustfrie hulprofiler (kvadratiske, sveiste)

Standarder: EN 10088-2, 10088-4

Overflatefinish: 1D (glødet, beiset) eller 2B (glødet, beiset med etterfølgende lett kaldvalsing) eller 2G (glødet, beiset og slipt)

Stålsort	Ståltype	Kantlengder mm	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %							Mekaniske egenskaper					Anmerkning
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	Slagsegghet (*)		
										N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.		
1.4301/1.4307	Austenitisk	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)	Dobbel klasse. Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm	
1.4404	Austenitisk	25 - 100 (1D, 2B) 50 (2G)	2 - 5 2	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	220	260	530 - 680	40	100 (lengde) 60 (tvär)		

* Testalternativ for tykkelser > 10 mm, sertifisert kun på forespørsel.

Rustfrie hulprofiler (rektangulære, sveiste)

Standarder: EN 10088-2, 10088-4

Overflatefinish: 1D (glødet, beiset) eller 2B (glødet, beiset med etterfølgende lett kaldvalsing) eller 2G (glødet, beiset og slipt)

Stålsort	Ståltype	Kantlengder mm	Tykkelse mm	Typisk analyse, vekt %							Mekaniske egenskaper					Anmerkning
				C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (tvär)	Slagsegghet (*)		
										N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	KV (J) 20°C min.		
1.4301/1.4307	Austenitisk	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)	Dobbel klasse. Krav til slagfasthet kun for tykkelser > 10 mm	
1.4404	Austenitisk	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 (lengde) 60 (tvär)		

* Testalternativ for tykkelser > 10 mm, sertifisert kun på forespørsel.

Rørdeler

Produktprogram



Rustfrie rørdeler

Standarder (stål): EN 10088-2 och 10088-3 (*)

Overflatefinish: W2A - glødet, beiset etter sveising, eller W2R - blank glødet i beskyttelsesgass etter sveising

Stålsort	Ståltype	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger
								R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A (langs)	A (tvers)	
		C	Cr	Ni	Mo	Øvrige	PRE approx.	N/mm ² min.	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	
1.4301/1.4307	Austenitisk	0,02	18	8,5	-	-	18	180	215	470	40	35	Platerørdeler, dobbelklassifisert
1.4404	Austenitisk	0,02	17,5	10,5	2,1	-	24	190	225	490	40	30	Platerørdeler gjengerørdeler, rustfri flens
1.4432/1.4436	Austenitisk	0,02	17	11	2,6	-	26	190	225	490	40	30	Platerørdeler sveiseringer med krage

* Standarder for rørdeler er EN 10253-3 og 10253-4

Galvaniserte flenser

Standarder: EN 10273 (stål), EN 10253-2 (flenser)

Overflatefinish: varmgalvanisert

Stålsort	Ståltype	Typisk analyse, vekt %						Mekaniske egenskaper					Anmerkninger
								R _{eH}	R _m	A	Slagseighet, KV langs		
		C	Si	Mn	P	S	Øvrige	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	J min. vid 0°C	J min. vid 20°C	
P265GH + N	Karbonstål	0,10	0,3	0,9	≤0,025	≤0,015	Cr+Cu+Mo+Ni	200 - 265 (*)	400 - 530	22	40	47	Kjelestål som er varmebehandlet gjennom normalisering

* Avhengig av dimensjon

Toleranser og design for sveisede rør

Toleranser for sveisede rør i rustfritt stål bestemmes i EN 10296-2 eller hvis rørene utsettes for internt overtrykk i EN 10217-7. Hver av disse standardene refererer i sin tur til EN ISO 1127.

Ytre diameter (D)

Hvis D er mindre enn eller lik 168,3 mm, er diametertoleransen den som er største av enten $\pm 0,75\%$ eller $\pm 0,3$ mm. For diametere større enn 168,3 mm er toleransen $\pm 1,0\%$. Enhver ovalitet må innlemmes innenfor toleranseområdet. Disse toleransene tilsvarer klassene D3 resp. D2 i EN ISO 1127.

Veggykkelse (T)

For alle D er toleransen på veggykkelsen den som er større enn $\pm 10\%$ eller $\pm 0,2$ mm. Denne toleransen tilsvarer klasse T3 i EN ISO 1127. Tykkelsestoleransen gjelder rundt hele periferen med unntak av sveisen (se nedenfor). Enhver eksentrisitet må innlemmes innenfor toleranseområdet.

Sveisekamhøyde (ute og inne)

Den maksimale tillatte høyden på sveisekammen er forskjellig avhengig av om sveisen blir ubehandlet før gløding eller ikke. I tillegg skiller fordringene seg litt mellom EN 10296-2 og EN 10217-7.

Sveisekammen på børsteslipte rør har først blitt utjevnet ved kaldbearbeiding, og sveisen er ikke synlig.

Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når røret legges ut på en horisontal overflate. I henhold til EN 10296-2, må ikke pilens høyde overstige 0,002 ganger rørets lengde, f.eks. 12 mm for et rør med en lengde på 6 meter. Dette kravet gjelder ikke rør med $D < 33,7$ mm, da ethvert krav til retthet må avtales fra sak til sak.

Rør produsert i henhold til EN 10217-7 har bedre retthet med en maksimal pilhøyde på 0,0015 ganger lengden på røret. I tillegg skal ingen steder pilhøyden over en referanselengde på 1 meter overstige 3 mm.

Standard	Sveisemetode	Sveisekammens utforming/ betegnelse	Sveisekammens høyeste høyde, mm	
			T \leq 8 mm	T > 8 mm
EN 10296-2	Forskjellig, produsenten har friheten til å bestemme (*)	Ubehandlet / A	0,2T + 0,5	T/3
		Fjernet utsiden / B D \leq 114,3 mm	0,06T + 0,3	-
		Fjernet utsiden / B D > 114,3 mm	0,05T + 0,5	T/6
		Fjernet utvendig og innvendig / C	0,15	-
EN 10217-7	Automatisk lysbuesveising (§)	Ubehandlet / O1	0,2T + 0,5	T/6
		Slipt utvendig / O2 D \leq 114,3 mm	0,06T + 0,3	-
		Slipt utvendig / O2 D \leq 114,3 mm	0,05T + 0,5	T/10
		Bearbeidet utvendig og innvendig / O3	0,15	-

* For rør laget ved induktiv (høyfrekvent - HF) sveising må sveiserugen fjernes helt.

§ Lasersveising er også tillatt, men sveiserugen skal slipes eller bearbeides, dvs. design O1 aksepteres ikke.

Toleranser for rustfrie emnesrør

Toleranser for rustfrie emnesrør er etablert i EN 10297-2, som igjen refererer til EN ISO 1127. Gjengerør med SANMAC®-design har betydelig tettere toleranser, spesielt med tanke på veggykkelse.

Ytre diameter (D)

Emnesrør i enighet med EN 10297-2 har en diametertoleranse som er den største av $\pm 1,5\%$ eller $\pm 0,75$ mm. Eventuell ovalitet må innarbeides innenfor toleranseområdet. Denne toleransen tilsvarer klasse D1 i EN ISO 1127.

SANMAC emnesrør har en diametertoleranse som er den største på $+2/-0\%$ eller $+1/-0$ mm, dvs. at rørene alltid har et visst overmål i forhold til nominell ytre diameter. Eventuell ovalitet må innarbeides innenfor toleranseområdet. Når det gjelder sistnevnte, tilsvarer denne toleransen klasse D2 i EN ISO 1127.

Veggykkelse (T)

Toleransen på veggykkelsen er den som er større med $\pm 15\%$ eller $\pm 0,6$ mm. Denne toleransen tilsvarer klasse T1 i EN ISO 1127. Eventuell eksentrisitet må innarbeides innenfor toleranseområdet.

For emnesrør med SANMAC-design angis toleransen for indre diameter i stedet for veggykkelsen. Toleransen er da størst på $+0/-2\%$ eller $+0/-1$ mm, dvs. at rørene alltid har en viss underdimensjon i forhold til nominell indre diameter. For eksempel har et SANMAC-rør med en nominell dimensjon på 150 x 80 mm en veggykkelse mellom 35 og 37,3 mm tilsvarende en toleranse på 6,6%.

Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når røret legges ut på horisontal flate. I henhold til EN 10297-2 skal pilhøyden ikke overstige 0,002 ganger lengden på røret, f.eks. 12 mm for et rør med lengde 6 meter. Dette kravet gjelder ikke for rør med $D < 33,7$ mm, da ethvert krav til retthet må avtales fra sak til sak.

For SANMAC emnesrør er maksimal pilhøyde 0,0015 ganger rørets lengde. Denne forbedrede rettheten er et alternativ i EN 10297-2.

Garantert maksimalt ferdigmål

Det høyeste ferdigmålet som kan garanteres for komponenter som er maskinert basert på et emnesrør av en viss nominell dimensjon avhenger av om røret er satt opp med indre eller ytre sentrering. I tillegg, med hensyn til avvik fra retthet, kan ferdig mål kun garanteres over en begrenset lengde. For SANMAC emnesrør er denne lengden 2,5 ganger D. En fullstendig oversikt over hvilke ferdige dimensjoner som kan garanteres for ulike rørdimensjoner finnes på www.materials.sandvik/hollow-bar.

Endelig design

Endene av rørene skal kuttes med et vinkelrett snitt som er fri for grader.

Vekttoleranse

Målervekten er beregnet på grunnlag av tetthetsverdier spesifisert i EN 10088-1 og er rapportert i tabellen over fysiske egenskaper (side 66).

Overflatedefekter

Overflatedefekter som forhøyninger, forsenkninger og grunne sprekker kan forekomme så lenge dybden deres ikke forstyrrer minimums grensedimensjonen for veggykkelsen.

Toleranser for sømløse rustfrie hydraulikrør (kaldtrukne)

Toleranser for kaldtrukne sømløse rustfrie stålrør for hydrauliske applikasjoner er fastsatt i EN 10216-5, som igjen refererer til EN ISO 1127.

Ytre diameter (D)

Kaldtrukne sømløse rør i henhold til EN 10216-5 har en diameter toleranse som er den største på $\pm 0,75\%$ eller $\pm 0,3$ mm. Eventuell ovalitet må innarbeides innenfor toleranseområdet. Denne toleransen tilsvarer klasse D3 i EN ISO 1127.

Kaldtrukne hydraulikrør fra Sandvik har noe bedre toleranse, $\pm 0,08$ mm for dimensjoner til og med 30 mm som er litt smalere enn klasse D4 i EN ISO 1127.

Veggtykkelse (T)

Toleransen på veggtykkelsen er den som er større enn $\pm 10\%$ eller $\pm 0,2$ mm. Denne toleransen tilsvarer klasse T3 i EN ISO 1127. Eventuell eksentrisitet må innarbeides innenfor toleranseområdet.

Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når røret legges ut på horisontal flate. I henhold til EN 10216-5 skal pilhøyden ikke overstige 0,0015 ganger lengden på røret, f.eks. 9 mm for et rør med lengde 6 meter. I tillegg skal ingen steder pilhøyden over en referanselengde på 1 meter overstige 3 mm.

Endelig design

Endene av rørene skal kuttes med et vinkelrett snitt som er

fri for grader.

Vekttoleranse

Målervekten er beregnet på grunnlag av tetthetsverdier spesifisert i EN 10088-1 og er rapportert i tabellen over fysiske egenskaper (side 66).

Beregning av maksimalt tillatt indre trykk

EN 13480-3 foreskriver en beregningsprosedyre som tillater en foreløpig dimensjonering av rør som er utsatt for innvendig trykk. I tillegg til dimensjoner og toleranser kan f.eks. stålkvalitet / mekaniske egenskaper, ytre belastninger og temperatur av betydning. Et grovt (men ikke konservativt) estimat kan oppnås ved Barlows formel:

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

der P_{\max} er maksimalt tillatt trykk i bar og $R_{p0,2}$ er flytegrensen i MPa. For eksempel, for et rør med $D \times T = 25 \times 3$ mm i stålkvalitet 1.4435, er P_{\max} i henhold til Barlows formel 528 bar mens verdien i henhold til beregningsprosedyren i EN 13480-3 er 363 bar ved 20 °C og 322 bar ved 100 °C. I noen varianter av Barlow-formelen, i stedet for $R_{p0,2}$, brukes en "tillatt" spenning som tas som to tredjedeler av $R_{p0,2}$. Da blir P_{\max} 352 bar ved 20 °C som er noe konservativt i forhold til det som beregnes av EN 13480-3 ved samme temperatur.



Toleranser for sveisede hulprofiler i rustfritt stål

Med noen mindre avvik er det foreskrevet toleranser for sveisede hulprofiler i rustfritt stål (kvadratiske og rektangulære) av samme standard som for tilsvarende profiler i vanlig stål, dvs. EN 10219-2.

Ytre sider og hjørner (B x B eller B x H, kvadratiske resp. rektangulære)

B eller H mm	Toleranse mm	Hjørneprofil (*)		
		B, H	T	mm (§)
<100	Størst 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

* Refererer til radiusen til profilen som utgjør hjørnet. Hjørneprofilen trenger ikke være helt sirkulær, men tillates til en viss grad å være elliptisk. Heller ikke buene som utgjør hjørnene trenger å være helt tangentielle til sidene.
§ Snevre enn hva som beskrives i EN 10219-2.

Veggtykkelse (T)

Toleransen på veggtykkelsen er $\pm 10\%$ når $T \leq 5$ mm og $\pm 0,5$ mm for $T > 5$ mm. Måling av veggtykkelse må ikke skje innenfor en avstand på $2,5 \cdot T$ fra sveisen.

Retthet

Retthet måles som maksimal pilhøyde når profilen legges ut på horisontal flate. I henhold til EN 10219-2 må pilhøyden ikke overstige 0,0015 ganger lengden på profilen, f.eks. 9 mm for en profil med lengde 6 meter. I tillegg skal ingen steder pilhøyden over en referanselengde på 1 meter overstige 3 mm.

Vekttoleranse

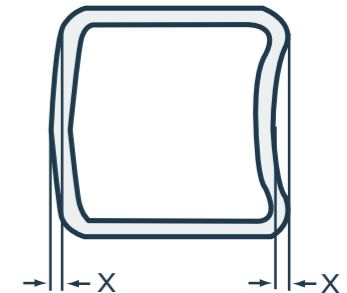
Den teoretiske metervekten er beregnet på grunnlag av tetthetsverdier spesifisert i EN 10088-1 og er rapportert i tabellen over fysiske egenskaper på side 66. Formler for beregning av tverrsnittsareal og verditabeller kan finnes i EN 10219-2. Forskjellen mellom teoretisk og målt målervekt må ligge innenfor området $\pm 6\%$.

Avvikelse fra rettvinklethet mellom tilstøtende sider

Avvikelsen får være høyst ± 1 grad.

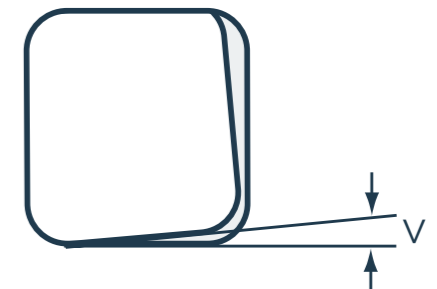
Konveksitet eller konkavitet av sidene

Avvikelsen x får være som høyst 0,8% av B eller H men x tillates å være opp til 0,5 mm uansett lengdene på B/H. Noter at x er uavhengig av toleransene på sidelengder.



Skjevhet og vridning

Skjevheten måles som distansen v når profilens side ved ene enden trykkes mot ett horisontalt underlag. v (mm) får være som høyst $(2 + 0,5 \cdot L)$ der L er profilens lengde i meter. For eksempel for en profil med lengde 6 meter skal v være ≤ 5 mm.



Verditabell for fysiske egenskaper av rustfritt stål

Verdier for rustfritt stål i Tibnors lagerprogram er hentet fra EN 10088-1, hvor du også kan finne informasjon om andre ståltypene enn de som vises her, om nødvendig. Av spesiell betydning er verdier for tetthet. For vanlige stål kan tettheten betraktes som konstant, 7,85 kg / dm³, mens ulike rustfrie stål viser små forskjeller avhengig av ståltipe og legeringsinnhold. Tetthetsverdier i tabellen skal brukes til å beregne den teoretiske vekten til et rustfritt stålprodukt av en viss dimensjon (se neste avsnitt).

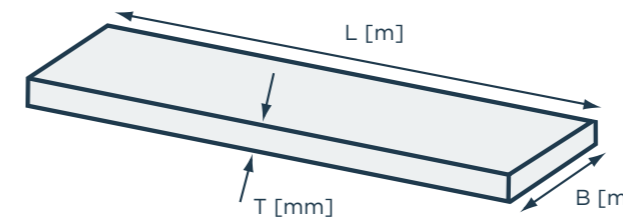
Stålsort	Ståltipe	Tetthet kg/dm ³	Termisk utvidnings-koeffisient	Varmeledningsevne	Spesifikk varmekapasitet	Elektrisk resistivitet	E-modul (20°C),	Magnetisk?
			(20 - 100°C), °C ⁻¹ x 10 ⁻⁶	(20°C), W/(m°C)	(20°C), J/(kg°C)	(20°C), Ω.mm ² /m	N/mm ² x 10 ³	
1.4301/1.4307	Austenitisk	7,9	16,0	15	500	0,73	200	Nei (*)
1.4305	Austenitisk	7,9	16,0	15	500	0,73	200	Nei (*)
1.4404	Austenitisk	8,0	16,0	15	500	0,75	200	Nei
1.4432/1.4435/ 1.4436	Austenitisk	8,0	16,0	15	500	0,75	200	Nei
1.4547 (254 SMO [®])	Austenitisk	8,0	16,5	14	500	0,85	195	Nei
1.4539 (904L)	Austenitisk	8,0	15,8	12	450	1,00	195	Nei
1.4835 (253 MA [®])	Austenitisk	7,8	16,5	15	500	0,85	200	Nei
1.4016	Ferritisk	7,7	10,4	25	460	0,60	220	Ja
1.4462 (2205)	Ferrit-austenitisk	7,8	13,0	15	500	0,80	200	Ja
1.4162 (LDX 2101 [®])	Ferrit-austenitisk	7,7	13,0	15	500	0,75	205	Ja
1.4460	Ferrit-austenitisk	7,8	13,0	15	500	0,80	200	Ja
1.4362 (2304)	Ferrit-austenitisk	7,8	13,0	15	500	0,80	200	Ja
1.4021	Martensitisk	7,7	10,5	30	460	0,60	215	Ja
1.4057	Martensitisk	7,7	10,5	25	460	0,70	215	Ja
1.4418	Martensitisk	7,7	10,3	15	430	0,80	200	Ja

*) Kan oppvise svak magnetisme etter kaldbearbeiding/kaldformning.

Formler for beregning av teoretisk vekt

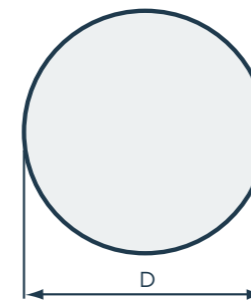
V = vekt per stykk (kg), W = metervekt (kg/m), ρ = tetthet (kg/dm³ - verdier i henhold til tabellen på forrige side), dimensjoner i millimeter om ikke annet angitt.

Plate



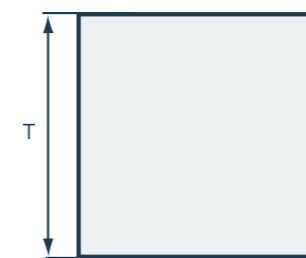
$$V \text{ (kg)} = (L \times B \times T \times \rho)$$

Rundstang (og armering)



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

Firkantstang



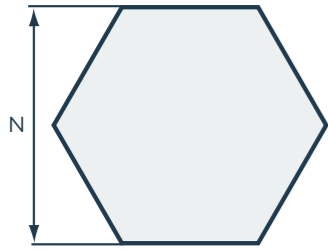
$$W \text{ (kg/m)} = (T^2 \times \rho) / 1000$$

Flattstang



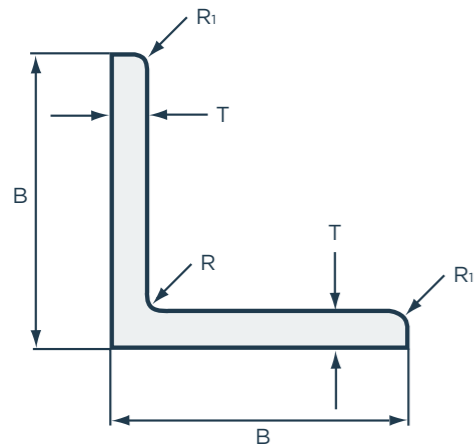
$$W \text{ (kg/m)} = (T \times B \times \rho) / 1000$$

Sekskantstål



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

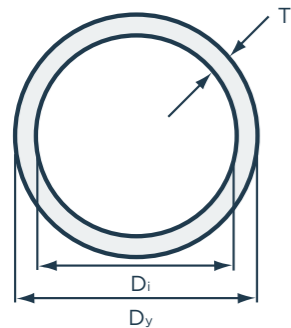
Vinkelstang (liksidig)



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

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

Rør

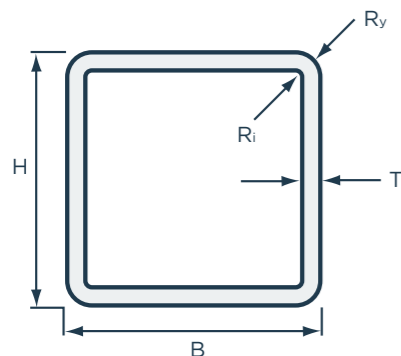


$$W \text{ (kg/m)} = ((D_y^2 - D_i^2) \times \rho) / 1273$$

alternativt

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

Hulprofiler



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

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

Liste over EN-normer tilhørende rustfritt stål

Allment

EN 10020:en	Definition and classification of grades of steel
EN 10079:en	Definition of steel products
EN 10088-1:en	Stainless steels. Part 1: List of stainless steels
EN ISO 377:2017:en	Steel and steel products. Location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing (ISO 377:2017)

Plater

EN 10088-2:en	Stainless steels. Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes
EN 10088-4:en	Stainless steels. Part 4: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for construction purposes
EN 10028-7:2016:en	Flat products made of steels for pressure purposes. Part 7: Stainless steels
EN 10095:en	Heat resisting steels and nickel alloys
EN ISO 9445-1:en	Continuously cold-rolled stainless steel. Tolerances on dimensions and form. Part 1: Narrow strip and cut lengths (ISO 9445-1:2009)
EN ISO 9445-2:en	Continuously cold-rolled stainless steel. Tolerances on dimensions and form. Part 2: Wide strip and plate/sheet (ISO 9445-2:2009)
ISO 9444-1:2009:en	Continuously hot-rolled stainless steel — Tolerances on dimensions and form — Part 1: Narrow strip and cut lengths
EN ISO 9444-2:en	Continuously hot-rolled stainless steel. Tolerances on dimensions and form. Part 2: Wide strip and sheet/plate (ISO 9444-2:2009)
EN ISO 18286:en	Hot-rolled stainless steel plates. Tolerances on dimensions and shape (ISO 18286:2008)

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

Stang

EN 10088-3:en	Stainless steels. Part 3: Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for general purposes
EN 10088-5:2en	Stainless steels. Part 5: Technical delivery conditions for bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for construction purposes
EN 10272:2016:en	Stainless steel bars for pressure purposes
EN 10095:en	Heat resisting steels and nickel alloys
EN 10302:en	Creep resisting steels, nickel and cobalt alloys
EN 10060:en	Hot rolled round steel bars for general purposes. Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN ISO 286-1:en	Geometrical product specifications (GPS). ISO code system for tolerances on linear sizes. Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits (ISO 286-1:2010)
EN 10278:en	Dimensions and tolerances of bright steel products
EN 10059:en	Hot rolled square steel bars for general purposes. Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10058:2018:en	Hot rolled flat steel bars and steel wide flats for general purposes. Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10056-1:2017:en	Structural steel equal and unequal leg angles. Part 1: Dimensions
EN 10056-2:en	Structural steel equal and unequal leg angles. Part 2: Tolerances on shape and dimensions
SS 212545:2016	Reinforcing steel - Corrosion resistant reinforcing steel - Technical requirements for bars, coils, welded fabric and lattice girders in stainless steel
EN 10080:en	Steel for the reinforcement of concrete. Weldable reinforcing steel. General

Rør og hulprofiler (konstruksjonsrør)

EN ISO 1127:en	Stainless steel tubes. Dimensions, tolerances and conventional masses per unit length (ISO 1127:1992)
EN 10296-2:en	Welded circular steel tubes for mechanical and general engineering purposes. Technical delivery conditions. Part 2: Stainless steel
EN 10217-7:2021:en	Welded steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 7: Stainless steel tubes
EN 10297-2:en	Seamless circular steel tubes for mechanical and general engineering purposes. Technical delivery conditions. Part 2: Stainless steel
EN 10216-5:2021:en	Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 5: Stainless steel tubes
EN 10219-2:2019:en	Cold formed welded steel structural hollow sections. Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties

Sammenligning mellom EN og andre internasjonale standarder

Nedenfor er våre svenske SS (utgatte) og EN standarder sammen med noen internasjonale standarder. Det er sjelden noe eksakt samsvar mellom ulike normer, men sammenligningen bør betraktes som en «nesten sammenlignbar» norm.

Austenittisk stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk betegnelse				
1.4301	X5CrNi18-10	2333	S30400/304	SUS 304	S30408
1.4305	X10CrNi18-9	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*)	X7CrNiSiNc21-11	2368	S30815	-	-

Ferritt-austenittisk (duplex) stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk betegnelse				
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

Ferrittisk stål

EN 10088-1:2014		SS	UNS/ASTM A959 (USA)	JIS (Japan)	ISC GB/T20878 (Kina)
Nummer	Alfanumerisk betegnelse				
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 betegnelse				
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	-	-	-

NORSOK

NORSOK er forkortelsen for «Norsk Sokkels Konkurranseseposisjon» og ble initiert av den norske petroleumsindustrien, spesielt Norsk industri, Norsk Olje og Gass og myndighetene. Formålet bak opprettelsen av NORSOK standardene var å redusere leveringstid, forsikre kvalitet, redusere produksjonstid og kostnad for bygninger og vedlikeholde norske petroleumsinstallasjoner på Norges sokkel. NORSOK standardene erstattet de fleste egne interne spesifikasjonene til oljeselskapene som opererte på norsk sokkel, samt flere av Oljedirektoratets regelverk. Standard Norge har i dag ansvaret for disse, og de er basert på internasjonale eksisterende standarder som ISO, EN, BS og andre. Eksempler på aktive standarder for materialer er innenfor materialvalg, strukturstål, aluminium, korrosjons og korrosjonsbeskyttelse og sveising.

For rustfritt stål er det gjerne følgende standard som er den viktigste: M-630 «Material data sheets and element data sheets for piping», rev. 7, desember 2020. Fokuserer i all hovedsak på krav til kjemisk sammensetning og mekaniske egenskaper. Offshore krever at alt av materialer i EN 1.4404 er NORSOK sertifisert, men dette gjelder ikke for EN 1.4307.

Sertifikat, prøver

Standarden EN 10204 regulerer innholdet i sertifikater for metallvarer. Her er en kort redegjørelse for betydningen av ulike typer sertifikater.

Identitetsbevis 2.1

Dokumenter der produsenten, uten å spesifisere typiske verdier for for eksempel kjemisk analyse og mekaniske egenskaper, bekrefter at de leverte varene er i samsvar med forskriftene i bestillingen.

Kvalitetsbevis 2.2

Dokumenter der produsenten bekrefter at de leverte varene er i samsvar med bestemmelsene i bestillingen og hvor typiske verdier er gitt for eksempel kjemisk analyse og mekaniske egenskaper basert på uspesifikk testing av lignende material.

Kvalitetsbevis 3.1 (tidigere 3.1.B)

Dokumenter utstedt av en kontrollavdeling uavhengig av produksjonsavdelingen og validert av en avdeling autorisert av selskapet som er uavhengig av produksjonen. I sertifikatet erklærer produsenten at de leverte produktene er i samsvar med bestillingens bestemmelser og oppgir testresultatene fra selve testen i henhold til gjeldende standard og på charge og dimensjon spesifisert på sertifikatet.

Kvalitetsbevis 3.2 (tidigere 3.1.C)

Dokumenter utstedt av autorisert representant for kjøper i henhold til kjøpsavtalens bestemmelser, dvs. kunden fastsetter hvilke tester som skal utføres. Dette er et såkalt tredjepartssertifikat hvor kjøper ber om at en kontrollør fra et spesifisert kontrollorgan enten utfører eller deltar på en test. Sertifikatet, som skal valideres av representanter for både produsenten og kontrollorganet, erklærer at de leverte produktene er i samsvar med bestemmelsene i bestillingen og angir testresultatene.

I noen tilfeller kan en produsent ha fått godkjenning fra et bestemt kontrollorgan til å utstede 3.2-sertifikater i egen regi, dvs. uten tilstedeværelse av kontrollør.

Det er tillatt for en produsent å overføre til eget kontrollsertifikat 3.1 eller 3.2 relevante prøvingsresultater fra spesifikke kontroller utført på innkommende produkter som videre behandles. Dette forutsatt at sporbarhet opprettholdes og at tilsvarende kontrollsertifikat på innkommende varer kan fremlegges ved behov. Et eksempel er videreføring av rustfritt stål til sveisede rør.

Lagring og overføring av sertifikater kan gjøres enten elektronisk eller i papirformat. Det er tillatt å kopiere sertifikater så lenge sporbarheten opprettholdes og at originalen er tilgjengelig ved behov.

Hvilken informasjon er tilgjengelig i disse typene sertifikat?

Kvalitetsbevis 2.2

Dette sertifikatet inneholder retningsanalyse og eventuelle eksempler på mekaniske egenskaper fra lignende materialer.

Kontrollbevis 3.1

Rustfri plate, stang, emnesrør

Kjemisk analyse

Mekaniske egenskaper: strekkgrense ($R_{p0,2}$ og ofte også $R_{p1,0}$), strekkfasthet, forlengelse til brudd, eventuelt også hardhet og arealreduksjon til brudd (bruddkontraksjon). Slagseighet eller varmholdfasthet om disse prøvealternativene er fastsatt ved bestilling.

Resistens mot interkrystallinsk korrosjon (ikke martensittisk stål).

Sveisede rør og hulprofiler

Kjemisk analyse, mekaniske egenskaper, motstand mot interkrystallinsk korrosjon som ovenfor.

Bekreftelse på godkjent test angående integriteten til sveisen (virvelstrømtest, bøyetest, ringekspansjonstest eller lignende)

Sveisede rør kun EN 10217-7 og sømløse rør kun EN 10216-5

Som sveisede rør og hulprofiler men supplert med bekreftelse på godkjent test for trykktetthet.

Kontrollbevis 3.2

Hva som skal rapporteres i denne attesten er regulert i kjøpsavtalen. I denne skal kjøper spesifisere hvilke tester som skal utføres og hvilke testresultater som skal rapporteres på sertifikatet. I tillegg må produsenten på forhånd ha bekreftet at de nødvendige testene er gjennomførbare.

Prøveuttakk for prøving av mekaniske egenskaper

Standarden som regulerer uttak og klargjøring av testmaterialer og teststaver for mekanisk prøving av stålprodukter er EN ISO 377. For strekktesting brukes for det meste såkalte proporsjonale teststaver der referanselengden er fem ganger diameter, f.eks. diameter 10 mm med referanselengde 50 mm.

Plateprodukter

For tynt gods med $T < 3$ mm benyttes strekkprøvestenger med bredde 20 mm og referanselengde 80 mm (ikke-proporsjonal). Platens rullede overflater må falle sammen med teststaven. For $3 \leq T \leq 10$ mm skal flate proporsjonale prøvestaver med en bredde på ikke mer enn 30 mm prøves og hvor igjen flatene på platen faller sammen med prøvestaven. For $T > 10$ mm benyttes enten flate proporsjonale prøvestaver med tykkelse 10 - 30 mm der minst en flate faller sammen med platen, eller runde prøvestaver med diameter på minst 5 mm hvis akse helst skal ligge innenfor $T / 6$ fra plateoverflaten.

Slagprøvestaver skal om nødvendig fjernes slik at siden av prøvestaven er 2 mm under platens overflate og anvisningen vinkelrett på overflaten.

Hvis platebredden er 300 mm eller større, må både strekk- og slagprøvestenger orienteres på tvers av valseretningen.

Stangprodukter

Runde-, firkantede- og sekskantede stenger

For dimensjoner D, T eller $N > 25 - \leq 160$ mm, tas prøvestykket for strekktesting (eller eventuelt slagprøve) i lengderetningen slik at senteret av prøven er minst 12,5 mm i fra overflaten. For dimensjoner ≤ 25 mm skal senter av prøven falle sammen med senter av stangen. For slike små dimensjoner er det også tillatt å teste stangen i helsnitt uten at det er behov for å lage en prøvestav.

Når det gjelder runde stenger med $D > 160$ mm, gjelder tverkskysstester (både strekk- og slagprøver) med testlegemet fjernet slik at avstanden fra overflaten til senteret er $D / 6$.

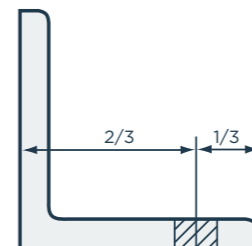
Flat stang

Hvis $T \leq 25$ mm, ta prøvelegemet for både strekk- og slagprøver slik at senteret faller sammen med senterlinjen til stangen i B-retningen og avstanden til kortsiden er 12,5 mm. Hvis $T > 25$ mm tas prøvelegemet fra et hjørne slik at senteret er 12,5 mm inn fra de to sidene som utgjør hjørnet.

For platestenger kuttet av metall, gjelder egenskaper sertifisert for den originale metallplaten. Ved omprøving i stangform får det prøvetaking for plate som gjelder.

Vinkelstang

Skissen viser uttaktslaget for prøvekroppen. For øvrig gjelder samme regler som for plater med samme tykkelse som flensen.



Rørprodukter

Svetede rør og hulprofiler

Siden disse produktene er laget av metallplater ved støping og sveising, er de samme mekaniske egenskapene generelt sertifisert som for den originale metallplaten. Men hvis rørene er kaldbearbeidet etter sveising, må en ny test utføres. I et slikt tilfelle testes enten et prøvelegeme som er en hel rørseksjon eller en prøvestav som utgjør en del av rørveggen og som er fjernet i lengderetningen. I sistnevnte tilfelle fastsetter EN 10296-2 og 10217-7 at kryssforhør er å foretrekke dersom det er mulig å ta en (store dimensjoner). Normalt er testing av en hel seksjon kun praktisk mulig for mindre rørdimensjoner.

Sømløse emnerør

Hvis veggtykkelsen er > 10 mm, er det mest vanlig at en prøvestav maskineres fra en del av røret som er kuttet på langs. For strekkprøving er det også tillatt å prøve en hel rørseksjon eller del av rørveggen på samme måte som for sveisede rør. Av praktiske årsaker er testing av en hel seksjon kun realistisk for mindre dimensjoner.

Sømløse rør for hydraulikk

Når det gjelder Tibnors program med $D_y \leq 30$ mm og $T \leq 4$ mm, er prøven utelukkende en hel del av røret.

Viktig å bemerke seg

For plate- og rørprodukter er godstykkelsen maksimalt 50 mm og stort sett betydelig mindre. Dermed kan de mekaniske egenskapene som er sertifisert betraktes som representative for hele tverrsnittet. Dette er ikke alltid tilfellet for stenger og spesielt for grove runde stenger hvor på grunn av den overfladiske plasseringen av den standardiserte prøven, kan mekaniske egenskaper i midten av stangen avvike noe fra de som er rapportert på et 3.1 eller 3.2 sertifikat. Dette gjelder spesielt for stål med høyere styrke som ferritt-austenittisk (dupleks) stål og martensittisk stål hvor forskjeller i nedkjølningshastighet mellom overflaten av stangen og senter i forbindelse med varmebehandling fører til forskjeller i mikrostruktur som igjen påvirker styrken og hardhet.

Tibnor forsyner industrien i Norden och Baltikum med stål og metaller. Vi er samlingspunkten for smartere løsninger, der vår kompetanse og potensialet møter våre kunders og leverandørers. Til sammen gjør vi den nordiske industrien enda sterkere. Tibnor er ett datterselskap av SSAB. Vi har over 1000 ansatte og finnes i 7 land.

Tibnor AS
Postboks 140
1001 Oslo

Besøksadresse:
Tevlingsveien 15

Telefon: 22 90 90 00
Email: salg@tibnor.com

www.tibnor.no

 **TIBNOR**