



Bergsingenjör  
Christer  
Ehrenborg,  
Stockholm,  
är verksam vid  
International  
Nickel  
(Nordiska) AB.

## Rostfritt stål: *måste det bara vara rostfritt?*

Rostfritt stål har andra användbara egenskaper än att bara vara rostfritt. Sträckgränshöjning genom kallbearbetning, låg värmeledningsförmåga och stor seghet bidrar till ökade möjligheter att utnyttja rostfritt stål. Det kan nämligen väl lämpa sig som konstruktionsmaterial i bärande element och på andra områden, där man normalt ej skulle tänka sig ett sådant material.

Rostfritt stål introducerades redan på 1920-talet och började här i Skandinavien i första hand användas inom cellulosaindustrin. Livsmedelsindustri, kemisk industri och cellulosaindustri hade tidigare arbetat med emaljerat kolstål, trä, bly, kakel, syrafasta tegel och massor. Det var material, som väl i allmänhet hade tillräcklig korrosionsbeständighet, men som var tunga och otympliga, sköra och besvärliga att sammanfoga.

Ferritiska och martensitiska rostfria stål (dvs. legeringar av järn och krom) hade tillverkats redan från första världskriget, men det var inte förrän de austenitiska, rostfria stälen (legeringar av järn, krom och nickel) kommit — på 1920-talets första del — som genombrottet ägde rum. De austenitiska, rostfria stälen var inte utan problem i början (svetsproblem), men det väsentliga var, att här hade man fått ett i atmosfär och för lättare kemiska angrepp beständigt, lätthanterligt material, som dessutom genom legering med Mo, högre halter av Cr och Ni, etc. kunde ges ökat korrosionsmotstånd mot starkare kemikalier. Man hade alltså ett utmärkt, flexibelt material som kunde användas där god korrosionsbeständighet erfordrades — och detta är materialets mest framträdande egenskaper i de flesta människors ögon än i dag. De fortfarande mycket brukliga, men ganska oegentliga, beteckningarna "rostfritt" för 18/8 och "syrafast" för 18/10/3 ger belägg för detta. Rostfritt stål behöver dock ej bara vara

rostfritt. Det kan nämligen även användas som ekonomiskt konkurrenkraftigt konstruktionsmaterial.

### Egenskaper och kostnader

Hårdare ekonomiska villkor driver fram större krav på sparsamhet i en konstruktion. Det kan gälla att genom lägre vikt sänka kostnader för fundament och montering, att ge möjlighet till snabbare reparation eller utbyte samt att ge lägre underhållskostnad under driftperioden.

Totalkostnaden för en detalj måste bedömas även med hänsyn till sekundära kostnader, såsom fundament och underhåll, och det kan ofta vara fördelaktigt att välja en högre initialkostnad därför att totalkostnaden under en viss tidperiod blir lägre.

På senare år har många nya materialtyper för lätta, höghållfasta konstruktioner kommit fram (läglegerade, höghållfasta stål, aluminiumlegeringar, sandwichkonstruktioner med plast och metall). Austenitiskt, rostfritt stål skulle mycket väl kunna räknas till denna grupp, men åtminstone här i Sverige tycks vi inte känna till dess användbarhet som konstruktionsmaterial. Detta trots att materialet funnits kommersiellt tillgängligt i mer än 40 år och att det i Sverige säljs nästan tre gånger så mycket rostfritt stål per capita, som i något annat land i världen.

Rostfritt stål är ganska dyrt per kilo, och det är dessutom tungt i jämförelse med aluminium och plast, men man kan bara kompensera den högre vikten och priset genom att använda litet material (tunna dimensioner) och lågt framtida underhåll, så kan det vara värt mödan att jämföra det med andra material. För att kunna gå ner till tunna dimensioner måste man ha ett material med ganska

speciella egenskaper, och där man dessutom inte behöver räkna med någon korrosionsmån utan kan utnyttja hela sektionen.

För tillverkarna av rostfritt stål är det ingen nyhet att deras material har de här önskade egenskaperna, men bland konstruktörer och andra ingenjörer, som har med materialval att göra, anses det nog fortfarande vara ett "blankt och dyrt" material.

### Legeringar och hållfasthet

De austenitiska rostfria stäl vi här talar om är huvudsakligen av två typer, nämligen SIS 2333 och SIS 2343, tabell 1.

Det senare har bättre korrosionsmotstånd än det förstnämnda i de flesta medier, men i mekaniskt avseende är de mycket lika. Vi nöjer oss därför med att betrakta enbart SIS 2333, tabell 1. I glödgat tillstånd, dvs. normalt leveranstillstånd, har det följande mekaniska egenskaper: sträckgräns 25 kp/mm<sup>2</sup>, brottgräns 60 kp/mm<sup>2</sup> och förlängning på 2" 55 %.

Materialet har den egenskapen, att även en måttlig kallbearbetning avsevärt höjer hållfastheten utan att förlängningen går ner oroväckande. En kallbearbetning av 20% (ungefär 1/4-hårt valsat) ger sålede sträckgränsen 65 kp/mm<sup>2</sup>, brottgränsen

Tabell 1. Analys- och hållfasthetsvärden för rostfritt stål.

	Ståltyp	Sammanställning, ungefärlig
SIS	American Iron and Steel Institute — AISI	%
2333	301/304	18 Cr, 8 Ni
2334	316	18 Cr, 10 Ni, 3 Mo

FORTS.

80 kp/mm<sup>2</sup> och förlängningen 25%, fig. 1. Smärre variationer förekommer, bl.a. på grund av olika kolhalt. Rostfritt stål finns tillgängligt kommersiellt i olika kallbearbetningsgrader (dvs. kallvalsat eller på annat sätt kallbearbetat efter den sista glödningen). Graden av kallbearbetning indikeras i allmänhet med följande beteckningar: glödgt, som har 0 % kallbearbetningsgrad, 1/4-hårt ungefär 20 %, 1/2-hårt ungefär 30 % samt hårdvalsat som har ungefär 40% kallbearbetningsgrad.

En bockning, korrugering eller mönstervalsning är också en kallbearbetning, som höjer hållfastheten även om man utgått från tidigare kallvalsat material. Man kan alltså i en konstruktion mycket väl räkna med sträckgränser ända upp till, och över, 100 kp/mm<sup>2</sup>.

På senare tid har även framkommit rostfritt stål med tillsats av ca 0,15% N, vilket höjer sträck- och brottgränserna ca 8 kp/mm<sup>2</sup> och sänker förlängningen ca 5 procentenheter. Även dessa stål kan kallbearbetas till högre hållfasthet.

Densiteten för rostfritt stål är 7,9, dvs. ungefär som för vanligt stål och nästan tre gånger så hög som för Al. För att fortsätta jämförelsen med Al är elasticitetsmodulen 20000 kp/mm<sup>2</sup>, nästan tre gånger högre än för Al, medan värmeledningsförmågan är 15 W/m<sup>2</sup>°C, dvs. endast 1/15 av vad som gäller för Al och 1/4 av galvaniserat järns motsvarande värde.

I viss användning, t.ex. i container, vill man från viktsynpunkt ha ett tunt mate-

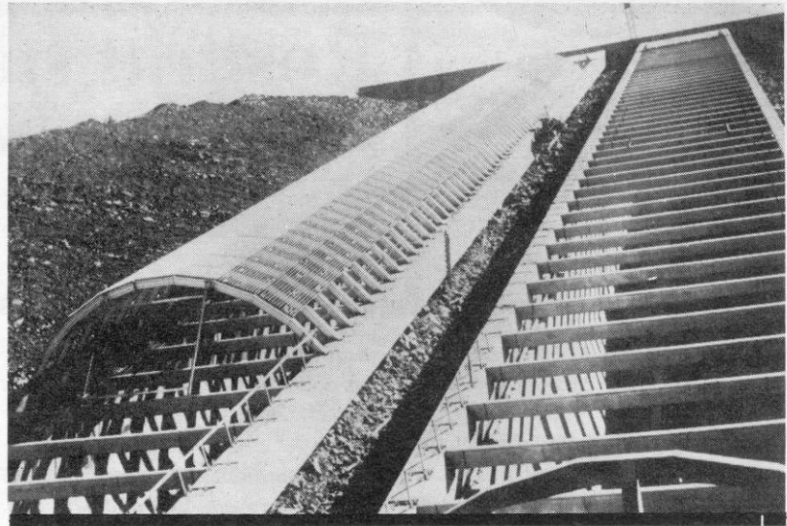


Fig. 4. Intagsgrindar av rostfritt stål vid kraftstationen Oroville i Kalifornien.

rial, men ändå vara säkra på att en svängande krankrok e.d. ej alltför lätt slår hål i väggen. En jämförelse med Al är här intressant: det behövs samma energi för ett trubbigt föremål, såsom en krankrok, att slå hål i en 0,45 mm rostfri plåt, som i en 1,65 mm aluminiumplåt. För att från ett existerande hål slita upp en spricka fordras dubbel så stor kraft i 0,45 mm rostfri plåt som i 1,65 mm Al. Förhållandet 1,65/0,45 är större än kvoten mellan densiteten för stål och Al, varför en lättare konstruktion med samma slagtalighet kan göras i rostfritt stål.

Töjningskurvor för rostfritt stål är ej linjära som för ett kolstål och Hookees lag är ej direkt tillämpbar. Form-

ler för ickeelastisk belastning måste tillämpas och bristen på sådana, avsedda för rostfritt stål, har dämpat intresset att utnyttja dess mekaniska egenskaper. AISI har givit ut en "Design of light-gage, cold-formed stainless steel structural members" (New York 1968) baserad på studier vid Cornelluniversitetet. Den första delen gäller enbart för glödgt och riktat material, men motsvarande normer för kallbearbetat rostfritt stål skall följa. I väntan på dessa rekommenderar AISI de normer som uppställts i en publikation från ASTM<sup>1</sup>. Rostfritt stål kan svetsas, nitas eller sammanfogas med skruvar. Även mycket tunna plåtar kan svetsas, och automatiserade metoder, så som sömsvetsning och punktsvetsning ▶

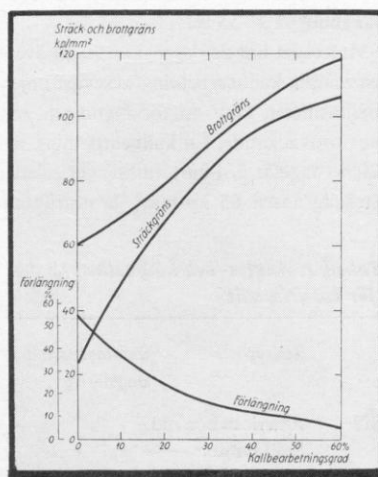


Fig. 1. Inverkan av kallbearbetning på de mekaniska egenskaperna hos rostfritt stål av typ AISI 304 (C 0,056, Mn 0,87, Si 0,43, Cr 18,60, Ni 10,25 %).

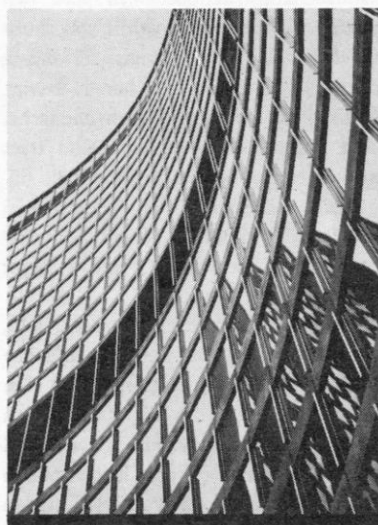


Fig. 2. Rostfria, vertikala, bärande profiler i fasaden till Torontos stadshus.

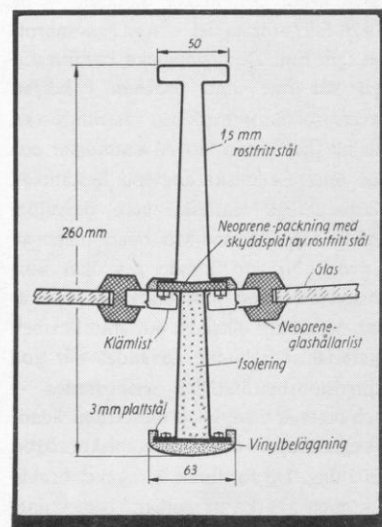


Fig. 3. Horisontellt snitt genom fasadprofil för Torontos stadshus.

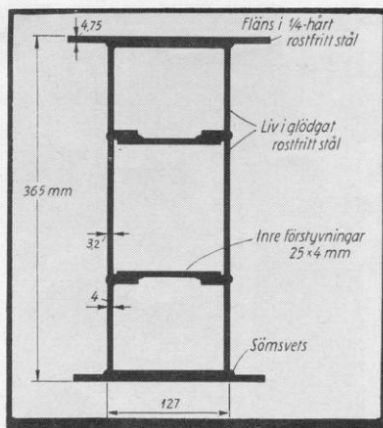


Fig. 5. Tvärsnitt av grindbåge.

kan utnyttjas med fördel. Noggrannhet bör iakttagas med rengöring efter svetsning, så att lokala rostangrepp undviks och stålet ej missfärgas. I vissa fall kan det här vara fråga om en smaksak. Företaget Budd i Ohio, USA, som bygger järnvägs- och tunnelbanevagnar med ytterskalet helt i rostfritt stål, punktsvetsar de 0,8 mm tjocka plåtarna, men efterputsar ej. De levererade vagnarna har vid varje punktsvets en brun fläck, som emellertid nöts bort ganska snart av väder och vind.

Speciella, rostfria nitar med stora huvuden har utvecklats för sammanfogning av tunna plåtar i t. ex. järnvägsvagnar, överbyggda lastbilar och container. Här är fördelen med nitning, att en skadad plåt lätt kan bytas ut. Speciella rostfria kvaliteter har också utvecklats för självgängande skruv, som används i rostfritt stål.

### Konstruktionsregler

För att utnyttja rostfritt ståls mekaniska egenskaper behöver vi praktiska, ekonomiska konstruktionsidéer. Här skall ges några enkla regler:

Utnyttja korrosionsbeständigheten: Under normala atmosfäriska förhållanden behövs ingen korrosionsmån — hela sektionen kan utnyttjas för belastning. Detta i kombination med hög hållfasthet tillåter att mycket tunna dimensioner används med vikt- och materialkostnadsbesparingar som följd.

Använd "lättviktsidéer": Även den som konstruerar byggnader och broar kan lära mycket av en flygplanskonstruktör. Det går dock ej att direkt ersätta kolstål med rostfritt stål i massiva grova balkar,

etc. Man måste i stället utnyttja framförallt olika former av ihåliga profiler med tunna väggar. Bikakekonstruktioner och uppstyvning med polyuretanskum ökar motståndet mot inbuckling.

Optimera konstruktionen så att knäckningsbelastningen uppnås samtidigt med sträckgränsen. Materialet utnyttjas då till 100% från två hållfasthetssynpunkter.

Höj den maximala knäckningsbelastningen genom att använda lämpliga profiler.

Lär känna formningsmetodernas möjligheter: Profiler i rostfritt stål tillverkas vanligen från tunna band genom rullvalsning eller pressning. Rörformade delar kan pressbockas och svetsas och man kan även göra koniska rör. Korngering och mönstervalsning av band och plåt är lätta att utföra.

Öka tröghetsmomentet: Tunna, lätta element kan minska tröghetsmomentet, varför rörformade profiler med stor diameter är att föredra när nedböjningen etc. är kritisk.

Gör praktiska prov: Så provades t.ex. de vertikala gejderna i fasaden till Torontos Stadshus i vindtunnel med belastningar upp till 350 kp/m<sup>2</sup>.

### Praktiska användningsexempel

Det finns många praktiska exempel, som visar hur rostfritt stål använts även i bärande konstruktioner, vilket kan exemplifieras med följande axplock:

Torontos Stadshus, ritat av den finländske arkitekten Viljo Revell, består av två halvcirkelformade torn. Tryck- och sugkrafterna på de konkava fasaderna har uppskattats till maximalt 350 kp/m<sup>2</sup> och här använder man vertikala profiler av 1,5 mm rostfri plåt, fig. 2 och fig. 3.

Observera, att det inte rör sig om en rostfri beklädnad av en bärande pelare utan att de rostfria profilerna överför vindkrafterna till bjälklagen, utgör fäste för glas och isolering samt tjänar som gejder för fönsterrengöringsvagnen.

Kraftstationen Oroville i Kalifornien har intagsgrindarna helt utförda i rostfritt stål. De bärande elementen är bågar med 15 m spännvidd placerade drygt 2 m från varandra. Bågarna har en lādsektion med 1/4-hårt, rostfritt stål i flänsarna och glödugat rostfritt stål i liven. "Gallret", som ligger på dessa bågar, utgörs av ovala, svetsade rör i rostfritt stål. Kolstål, Al, låglegerat stål och rostfritt stål jämfördes och det visade sig, att man genom att utnyttja rostfritt stål på rätt sätt t.o.m. fick en lägre initialkostnad än med kolstål. Därtill kommer underhållsfriheten, fig. 4 och fig. 5.

Tankbilar tillverkas ibland i rostfritt stål, därför att de skall transportera korrosiva medier. I allt större utsträckning använder man emellertid nu rostfritt stål, därför att man kan konstruera för lägre egenvikt med bibehållen styvhet. Sådana tankbilar blir t. o. m. lättare än om de byggs i Al. Ett exempel är en fribärande tanktrailer med 1,8 m diameter och 6,75 m axelavstånd. Tanken är utförd i 1,6 mm rostfri plåt, med yttre förstävningar av "hatt"-profiler på 0,75 m avstånd. Ca 1000 tankbilar har hittills byggts enligt denna konstruktionsprincip i Europa, fig. 6. Oljebolagen har för närvarande flera tankbilar i rostfritt stål i order för transport av bränsle till de mycket stora jetdrivna passagerarplan som nu byggs. För dessa jättestora tankvagnar (45 000 l) spelar egenvikten en väsentlig roll, och man kan här använda endast 3 mm tjock rostfri plåt.

Container och överbyggda lastbilar kan med fördel konstrueras i rostfritt stål. ▶



Fig. 6. Tankvagn i rostfritt stål, byggd i lättviktskonstruktion; tomvikt 5,1 t, lastförmåga 24,6 m<sup>3</sup>.

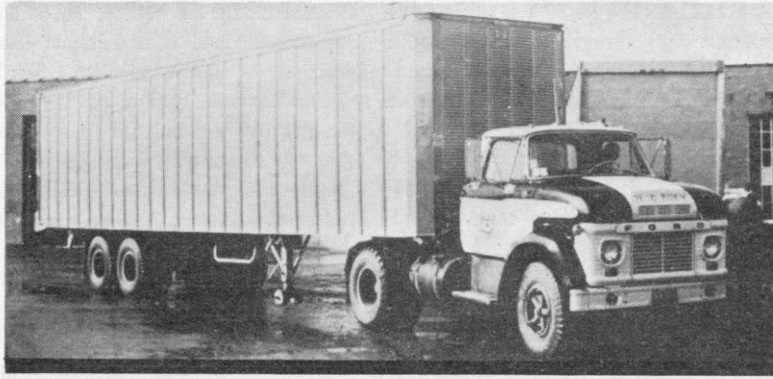


Fig. 7. Påhängsvagn med överbyggnad av rostfritt stål, med vertikala, korrugerade rostfria band nitade till rostfria stänger med hattprofil.



Fig. 9. Hållplatskur av rostfritt, profilerat stål i Detroit.

Här är det vanligt, att man använder korrugerade väggplåtar i 0,4 mm rostfri plåt. Korrugeringen är ej mer än 6 mm djup och plåtarna har en sträckgräns av över 60 kp/mm<sup>2</sup>, fig. 7. De nitas mot vertikala stänger med hattprofil i halv-hårt, rostfritt stål med sträckgräns ca 80 kp/mm<sup>2</sup>. Samma konstruktionsprinciper används i järnvägsvagnar med 0,4 mm plåt i taket och 0,8 mm plåt i sidorna.

Rostfritt stål i 1/4-hårt tillstånd, med ca 65 kp/mm<sup>2</sup> sträckgräns, användes i åttkantiga, koniska rör i stolpar för vägbe-lysnig. Väggtjockleken är ej mer än 1,8 mm, vilket ger låg vikt och därmed låga monteringskostnader. Den åttkantiga sektionen ger stor styvhet mot vindtrycket och dessutom är lyktstolpen underhållsfri, fig. 8.

I Detroit har man installerat 1400 hållplatskurar, fig. 9, i rostfritt stål av typ AISI 304. Hörnpelarna är tillverkade av 60 mm fyrkantrör med väggtjockleken

1,6 mm, övriga profiler med godstjocklekar ned till 0,6 mm.

Andra exempel är lätta balkar av tunn, rostfri plåt för gångbroar, kabelbryggor och vägskyltar, korrugerade paneler i byggnadselement etc. Användningsområdena är vidsträckta, så länge inte konstruktionsfantasin hålls tillbaka av det faktum, att materialet är dyrt per viktsenhet. Om man håller vikten nere spelar inte kilopriset så stor roll och dessutom vinner man ofta andra fördelar med låg egenvikt. Dessa idéer har troligen största möjlighet att komma till praktisk användning inom byggnads- och transportindustrin, även om kanske bristen på lämpliga beräkningsspecifikationer är mest märkbar just där.

Lättviktskonstruktioner, som drar fördel både av hög hållfasthet och bra korrosionsbestånd, kan öppna helt nya marknader för ett välbekant material – rostfritt stål.

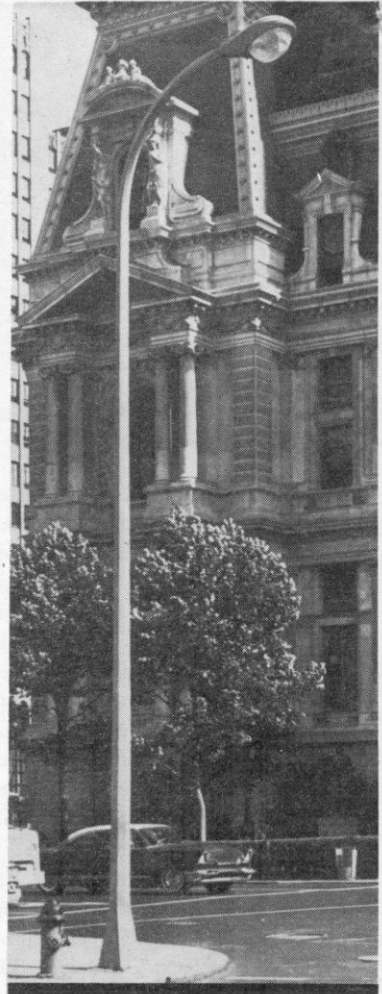


Fig. 8. Lyktstolpe utförd i rostfritt stål.

## Litteratur

1. Kuentz, A C: *Structural stainless... guide line for design*. American Society for Testing and Materials' Symposium on Stainless Steel for Architecture, June 4, 1968, San Francisco.
2. *Design of light-weight, cold-formed stainless steel structural members*. American Iron and Steel Institute, 1968.
3. Gilbert P H & Griffith A R: *A guide to the structural considerations for designing stainless steel*. State of California, Department of Water Resources, Technical memorandum No. 15, June 1965.
4. Gilbert P H: *The Oroville Power Plant stainless steel trash racks*. California Department of Water Resources, March 1968.
5. White R H: *Stainless steel, the best material*. Containerization International, January 1968.
6. *Stainless steel untarnishes its structural reputation*. Progressive Architecture, New York, Sept. 1966.