

Enkele eigenschappen van roestvast staal

Dr.ir. A.J. Huis in 't Veld, Metaalinstituut TNO, Apeldoorn

Roestvaste staalsoorten kunnen worden ingedeeld naar hun structuur. We onderscheiden ferritisch, austenitisch en duplex (dat wil zeggen: ferritisch-austenitisch) roestvast staal. Elk type bezit specifieke eigenschappen, die de toepasbaarheid en het gebruik bepalen.

Dit artikel, dat gebaseerd is op [1], beschrijft op de eerste plaats de verschillende corrosievormen die kunnen optreden. Vervolgens wordt aandacht geschonken aan de invloed van de verschillende legeringselementen op de

weerstand daartegen. De belangrijkste legeringselementen zijn: chroom, koolstof, nikkel en molybdeen. Tot slot worden nog mogelijkheden genoemd ter verbetering van de bewerkbaarheid en ter verhoging van de weerstand tegen zwavelzuur en hoge temperaturen.

Indeling van de RVS-soorten

Roestvaste staalsoorten kunnen onderscheiden worden op basis van hun structuur, namelijk ferritisch, austenitisch of duplex (d.w.z. ferritisch-austenitisch) roestvast staal. De legeringselementen chroom, molybdeen, silicium en niobium zijn ferrietvormers, terwijl nikkel, man-

gaan, koolstof, stikstof en koper austenietvormers zijn. De verkregen structuur zal dus bepaald worden door de verhouding van austeniet- en ferrietvormende elementen. Een veel gebruikt hulpmiddel om vast te stellen welke structuur zal ontstaan, met name bij lasmetaal, is het Schaeffler-de Long diagram. Hierin wordt de structuur weergegeven als functie van het chroom- en nikkel-equivalent. *Figuur 1* toont een versie van dit diagram, met daarin aangegeven de positie van de ferritische, austenitische en duplexstructuur.

Elk type roestvast staal heeft zijn eigen specifieke eigenschappen, die in hoge mate de toepasbaarheid en het gebruik bepalen

De **austenieten** (*figuur 2*) hebben in licht agressieve milieus een goede algemene corrosievastheid. Verder hebben ze een goede vervormbaarheid en zijn bij een goede proces- en elektrode keuze goed lasbaar (*figuur 3*). Een nadeel is de lage vloeigrens, de gevoeligheid voor spleetcorrosie, en chloridespanningscorrosie bij temperaturen boven ca. 50°C. De standaard austenitische roestvaste stalen zijn daarnaast gevoelig voor putvormende corrosie.

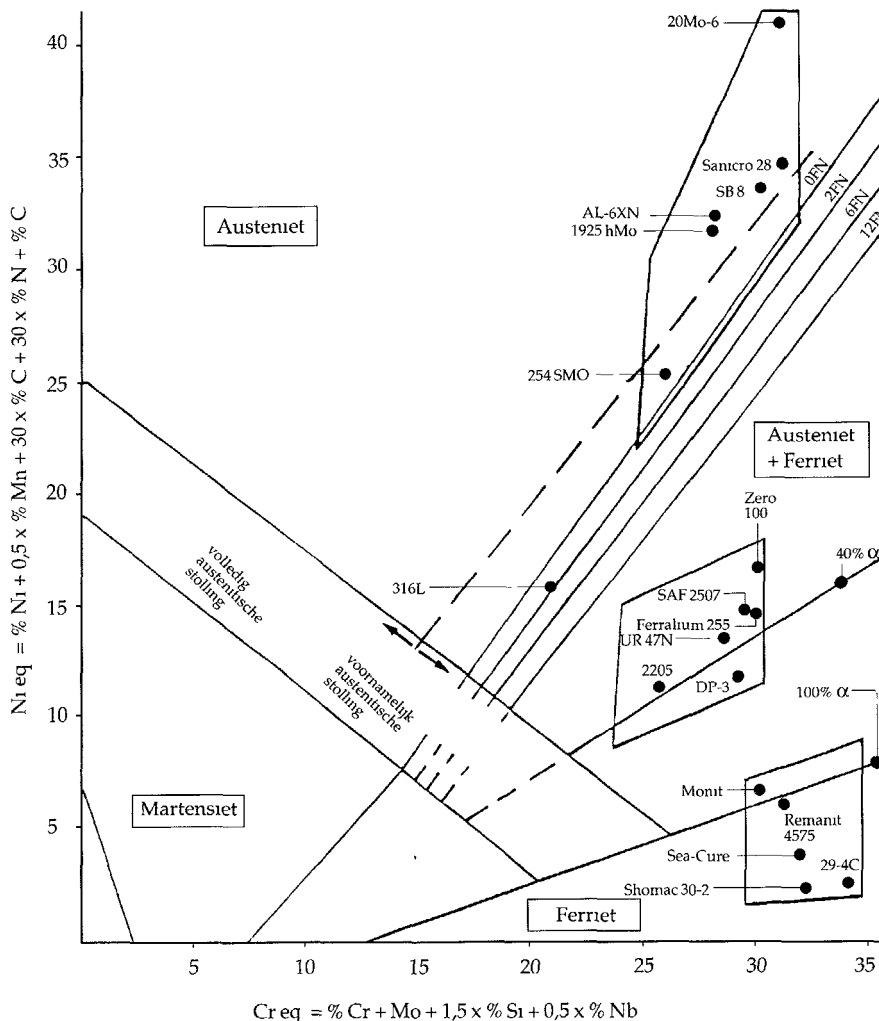
De **ferrieten** hebben een hogere sterkte en zijn ongevoelig voor Cl-spanningscorrosie. Nadelen zijn echter de gevoeligheid voor carbide-uitscheidingen (sensitiserings), waardoor interkristallijne corrosie kan optreden in de HAZ (Heat Affected Zone), het optreden van korrelgroei bij expositie op hoge temperatuur en slechte warmvervormbaarheid.

De **duplexsoorten**, die een structuur hebben met een ferriet/austeniet verhouding van circa 50/50, combineren de voordelen van beide structuren, zonder alle nadelen over te nemen.

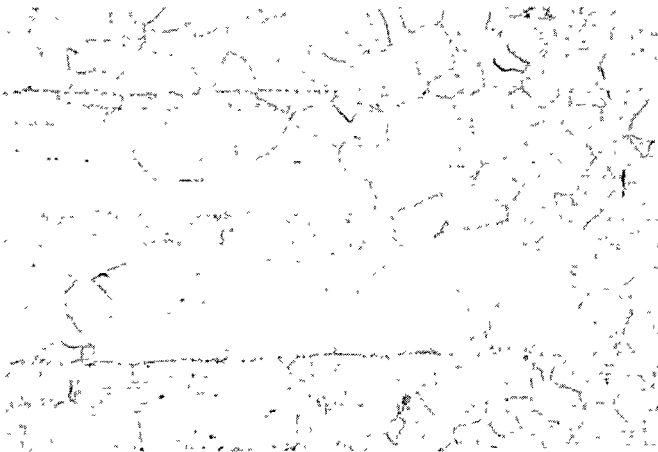
Ze hebben een hoge sterkte, een goede weerstand tegen chloride-spanningscorrosie, zijn met de nodige voorzorgsmaatregelen goed lasbaar en zijn redelijk goed vervormbaar.

Corrosievorming

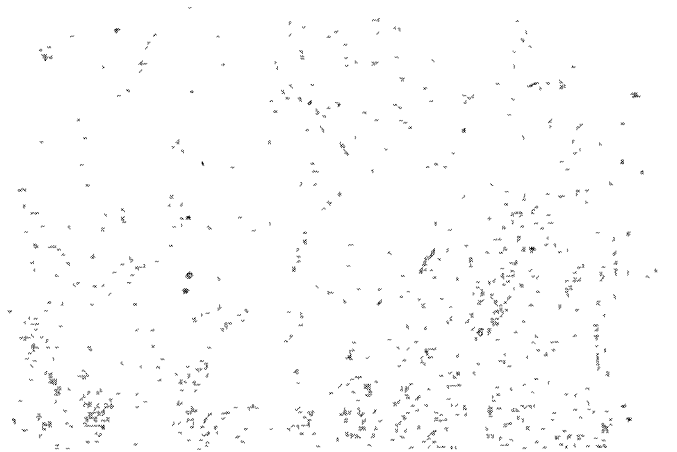
De lokale corrosievormen die bij roestvast staal optreden zijn putvormende cor-



Figuur 1 Schaeffler-de Long diagram met daarin aangegeven de verschillende typen roestvaste stalen als functie van hun chroom- en nikkelequivalent. Tevens is een aantal ferritische, austenitische en duplex legeringen vermeld [2].



Figuur 2 Microstructuur van een austenitisch roestvast staal na etsing (vergroting 200x).



Figuur 4 De microstructuur van ontlaten martensiet (vergroting 1000x).

rosie (Engels: pitting, Duits: Lochfrass) en spleetcorrosie (Engels: crevice corrosion, Duits: Spaltkorrosion). Daarnaast kan in austenitische soorten door een combinatie van verhoogde temperatuur en spanningen, spanningscorrosie optreden (Engels: stress corrosion cracking, Duits: Spannungsrissskorrosion).

De algemene corrosie-aantasting van de normale roestvaste staalsoorten in bijvoorbeeld zeewater is minimaal: minder dan 0,01 mm/jaar. Lokale corrosie kan echter veel hogere snelheden vertonen en tot zeer vroegtijdig falen van installaties leiden.

Putvormende corrosie kan optreden in

chloride-houdende oplossingen (zie figuur 5). Op zwakke plaatsen wordt de passieve huid beschadigd door adsorptie van Cl-ionen. Deze beschadigingen worden actieve plaatsen in een overigens passief oppervlak, hetgeen bij aanwezigheid van zuurstof tot de vorming van z.g. actief-passief cellen leidt, met als gevolg putvorming op de actieve plek.

Spleetcorrosie is een verschijnsel dat optreedt in nauwe spleten bij metaal-metaalcontactvlakken, bij afdichtingen of onder neerslagen of aangroei. De vloeistof wordt hier niet voldoende ververst en verarmt aan zuurstof, waardoor de passieve huid niet in stand gehouden wordt. Door hydrolyse van metaalionen vindt

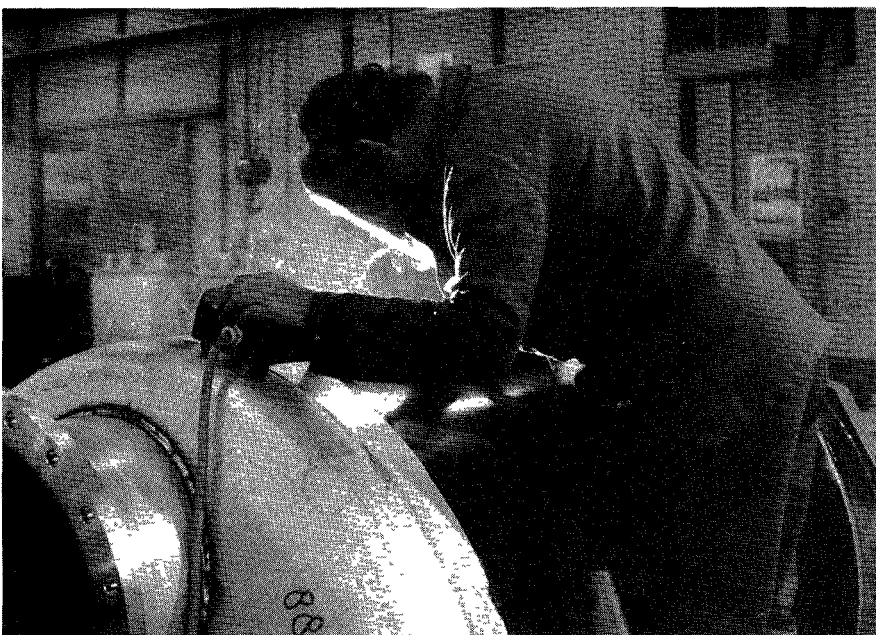
verzuring plaats, waardoor na een zekere incubatietijd het staal depassiveert en actief wordt. Deze incubatietijd is afhankelijk van de spleet-geometrie en de pH waarbij bij het betreffende staal depassivatie optreedt. Hoe lager deze pH is, hoe beter het staal tegen spleetcorrosie bestand is.

Als de agressiviteit van een medium toeneemt, verandert de aantastingsvorm voor een specifieke legering. In figuur 6 is weergegeven dat eerst spleetcorrosie ontstaat, mits de omstandigheden daarvoor gunstig zijn (aanwezigheid van spleten, neerslagvorming etc.), gevolgd door putvormende corrosie. In de praktijk zien we vaak dat materialen met een schoon, spleetvrij oppervlak resistent zijn in een groot aantal media, terwijl als in hetzelfde medium het oppervlak vervuult, ernstige spleetcorrosie optreedt. Anderzijds zal een verhoogde corrosieweerstand de ernst van de aantasting kunnen verminderen: putcorrosie treedt niet meer op en door het voorkomen van vervuiling kan spleetcorrosie voorkomen worden.

Invloed legeringselementen op de corrosieweerstand

De verschillende legeringselementen in roestvast staal hebben ieder hun eigen inbreng met betrekking tot de corrosievastheid van de legering.

Chroom is het belangrijkste element met betrekking tot de corrosievastheid van de roestvaste stalen. Vanaf een gehalte van 12% chroom vormt ijzer een passieve huid die in zwak-zure, chloride-vrije milieus afdoende bescherming geeft. Verhoging van het chroomgehalte leidt tot corrosievastheid, ook in agressieve en chloride-



Figuur 3 Bij een goede elektrode keuze is austenitisch roestvast staal goed lasbaar (foto Smitweld).

Enkele eigenschappen van roestvast staal



Figuur 5 Corrosie van een roestvast stalen startblok in een zwembad met chloorhoudend water.

houdende media. Ook de weerstand tegen putvormende corrosie neemt belangrijk toe. Chroom heeft echter een nadelige invloed op de mechanische eigenschappen, met name op de taaiheid van de ferritische stalen met hoog koolstofgehalte, en op de warm-ervormingseigenschappen van de austenitische roestvaste stalen. Dit is de reden dat de gangbare roestvaste staalsoorten maximaal ca. 18% chroom bevatten.

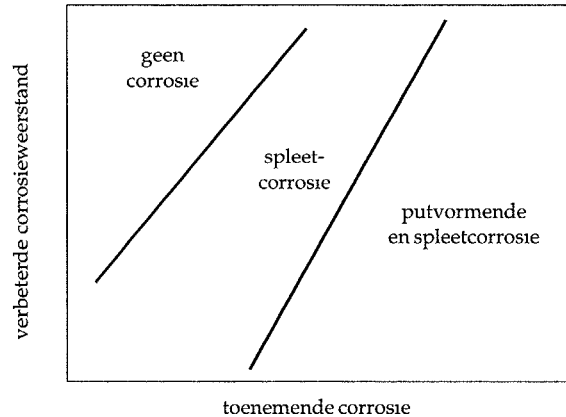
Koolstof is een ongewenst legeringselement, behalve in de martensitische roestvaste stalen (figuur 4), waarin het nodig is voor martensietvorming. Het heeft als zeer nadelig effect de vorming van chroomcarbiden, waardoor het effectieve chroomgehalte en daarmee de corrosievastheid verlaagd wordt. Daarnaast kan door carbide-uitscheiding gevoeligheid voor interkristallijne corrosie ontstaan. Verder heeft koolstof een nadelige invloed op de taaiheid van met name de ferritische roestvaste stalen.

Bij alle roestvaste staalsoorten, met uit-

zondering van de martensitische, is dus een zo laag mogelijk koolstofgehalte gewenst.

Nikkel heeft een gunstig effect op de vormingssnelheid van de passieve oxidehuid en verhoogt de weerstand tegen zuurcorrosie. Bij voldoende hoge concentratie wordt tevens de austenietstructuur gestabiliseerd. Austeniet is taaiër dan ferriet en heeft een hogere oplosbaarheid voor koolstof dan ferriet, waardoor hogere koolstofgehalten toelaatbaar zijn zonder dat chroomcarbiden uitgescheiden worden.

Molybdeen maakt de passieve huid sterker, met name bij hoge chroomgehalten. Molybdeentoevoeging voor het verhogen van de corrosievastheid is aanzienlijk minder nadelig voor de mechanische eigenschappen van ferritisch roestvast staal, dan dat de chroomtoevoeging zou zijn die nodig is om dezelfde stijging van de corrosieweerstand te verkrijgen. Daarnaast geldt dat de verhoging van de corrosievastheid door een Mo-toe-



Figuur 6 De invloed van verbetering van de corrosieweerstand of toenemende agressiviteit van het medium op de ontstane corrosie in roestvast staal.

ging aanzienlijk toeneemt als de chroomgehalten hoger worden dan 18%. Ondanks het feit dat chroom goedkoper is dan molybdeen, kan door Mo-legeren voor dezelfde prijs een hogere corrosieweerstand verkregen worden.

Stikstof wordt, soms in combinatie met mangaan, toegevoegd om de austeniet te stabiliseren, waarbij het niet alleen een deel van het dure nikkel vervangt, maar tevens dient om de pitting-potentiaal te verhogen. Daarnaast geeft het een verhoging van de vloeigrens ter grootte van circa 7 N/mm² per 0,01% N, wat bij de gebruikte gehalten van 0,15-0,25% een wezenlijke toename is. Tenslotte wordt het toegevoegd omdat het de vorming van intermetallische fasen vertraagt.

Chroom, nikkel, molybdeen en stikstof zijn de belangrijkste elementen in roestvast staal. Daarnaast kunnen nog toegevoegd worden: koper (om de weerstand in zwavelzuurhoudende milieus te verhogen), titaan en niobium (om koolstof te binden in chroomstalen), zwavel, lood en seleen (om de bewerkbaarheid te verhogen) en aluminium en silicium (om de hoge temperatuurbestandheid te vergroten). Tenslotte kunnen om produktietechnische redenen vanadium, zirconium en borium toegevoegd worden.

Referenties

- [1] Lezing gehouden op de Maritieme Materialendag van de Stichting Materiaalonderzoek in de Zee te Delft op 15 maart 1989 door ir. A. Punter.
- [2] I.C.M. Farrar; Developments in materials and consumables for welding, Seminar Proceedings, Part B. The Welding Institute, Birmingham, sept. '87.