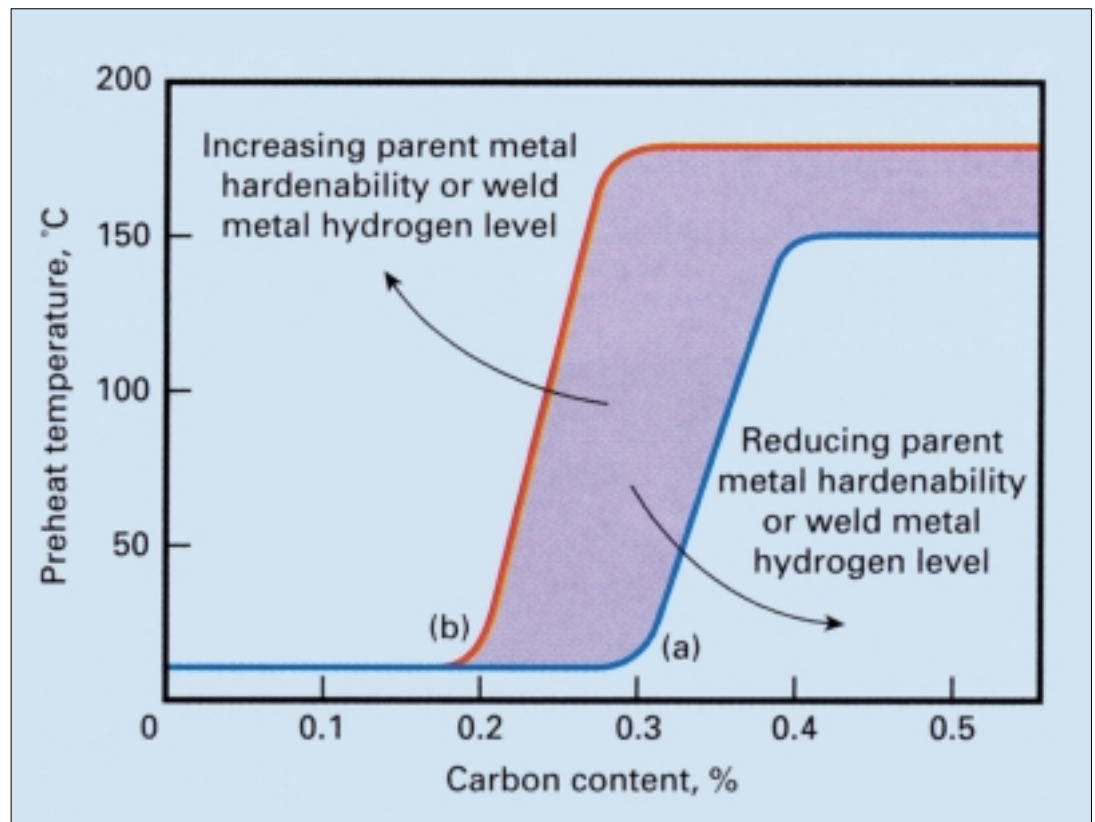


WATERSTOF-GEÏNITIEERDE SCHEURVORMING IN DE PRAKTIJK

LASKENNIS

Als vervolg op het artikel "waterstofscheuren in staal" geven we in deze bijdrage adviezen om de kans op het optreden van waterstofscheuren in lasverbindingen tot een minimum te beperken. We bespreken onder meer de invloed van het voorwarmen, de "interpass" en nawarmtemperatuur, algemene richtlijnen en acceptatiecriteria, alsook enkele tips in verband met de ideale omstandigheden voor het verkrijgen van een lasverbinding zonder waterstof-geïnitieerde scheurvorming.



Figuur 1: Hoog nikkel houdende elektroden zijn duurder, doch hebben een uitzettingscoëfficiënt die in de buurt komt van het koolstofstaal.

OORZAKEN

Er zijn drie factoren die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor het optreden van waterstofscheuren in lasverbindingen:

- waterstof afkomstig van het gekozen lasproces, de atmosfeer en de omstandigheden bij het lassen,
 - een voor de waterstofscheuren gevoelige, meestal harde en brosse structuur en
 - de aanwezigheid van spanningen in de lasverbinding.
- Voor een bepaalde toepassing in de praktijk zou men dit ook anders kunnen formuleren, zoals bijvoorbeeld de materiaaldikte, warmte-inbreng, chemische samenstelling van het uitgangsmateriaal, type lasnaad, het te kiezen lastoevoegmateriaal en de warmtehuishouding.

INVLOED VAN VOORWARMEN

Het effect van voorwarmen bij het lassen is groot. Een verhoogde temperatuur geeft immers de eventueel aanwezige waterstof de tijd uit de lasverbinding te diffunderen. Bovendien wordt de afkoelsnelheid van de lasverbinding

vertraagd, waardoor de kans op het ontstaan van een harde, brosse structuur wordt verkleind, zo niet uitgesloten.

INVLOED VAN "INTERPASS" EN NAWARM-TEMPERATUUR

In de praktijk is er meestal een te verwaarlozen verschil tussen de voorwarmtemperatuur en de interpass-temperatuur. Afhankelijk van de materiaaldikte, de warmte-inbreng en de chemische analyse zal deze temperatuur variëren tussen de 50 en 300 °C. De keuze van de juiste temperatuur is afhankelijk van onder andere het C-equivalent. Bij het C-equivalent speelt het koolstofgehalte in de uiteindelijk te verkrijgen hardheid een grote rol. Waterstof-geïnitieerde scheurvorming treedt zelden op bij een verhoogde temperatuur. Het is om deze reden dat men bij constructies waarvan men het vermoeden heeft dat ze eventueel waterstofscheuren kunnen genereren, de voorwarmtemperatuur na het lassen gedurende twee tot drie uur vasthoudt om de in de lasverbinding aanwezig waterstof te laten ontwijken. Het spreekt voor zich dat men een kritische

constructie in de praktijk niet tussentijds moet laten afkoelen. Kritische constructies moet men aflassen in één "heat". Het is dan noodzakelijk om de voorwarm-, in dit geval "interpass-temperatuur, gedurende de gehele lascyclus te handhaven. Soms moet er aansluitend bij het lassen een warmtebehandeling worden uitgevoerd. Koelt men tussentijds af, dan kan dit tot problemen leiden. Na het lassen kunnen lasverbindingen immers in bijna alle gevallen pas onderzocht worden op fouten nadat de las is afgekoeld. Wordt er na het lassen doorgewarmd of wordt de lasverbinding aansluitend bijvoorbeeld spanningsarm gegloeid, dan kan na deze behandeling eerst op fouten worden geïnspecteerd. Dit kan trouwens sterk kostenverhogend werken als dan fouten gevonden worden die leiden tot reparaties. Het is duidelijk dat men aan kritische lasverbindingen strengere eisen stelt om scheurvorming te voorkomen. Zo geeft BS 5135 appendix E volgende aanvullende condities waarop men moet letten om een goede constructie te krijgen:

- de grootte van de eigen (inwendige) spanning,

- de dikte van het te lassen staal,
- laag koolstofequivalent (C-Mn staal, met - "schoon" staal en staal met een laag zwavelgehalte [S - het gebruik van laag waterstofhoudende toevoegmaterialen.

AUSTENITISCHE EN HOOG NIKKEL HOUDENDE LASTOEVOEGMATERIALEN

Door het gebruik van austenitische en hoog nikkel houdende lastoevoegmaterialen kan scheurvorming worden tegengegaan. Austenitische en hoog nikkel houdende elektroden hebben een austeniet structuur. In deze structuur kan bij kamertemperatuur meer waterstof oplossen dan in het rooster van een ferritische structuur of een variant van deze. De waterstof wordt opgesloten in de austenitische structuur waardoor weinig tot geen waterstof kan diffunderen naar een eventuele brosse harde overgangszone. Het is om deze reden dat men in bepaalde gevallen, waarbij voorwarmen niet praktisch uitvoerbaar is, in de praktijk kiest voor austenitische elektroden of

voor elektroden met een hoog nikkelgehalte. De austenitische elektroden behoren dan te zijn van het type E 307, E 309 en/of E 312. Hoog nikkel houdende elektroden zijn duurder, doch hebben een uitzettingscoëfficiënt die in de buurt komt van het koolstofstaal. De krimpspanning in lasverbindingen zal dus lager zijn dan bij gebruik van een austenitische elektroden. Zie **figuur 1**.

PRAKTISCHE ADVIEZEN

De meest verstandige methode om waterstof geïnitieerde scheurvorming te voorkomen, is om uit te gaan van laag waterstofhoudende lasprocessen of van lastoevoegmaterialen met een laag tot extreem laag diffundeerbare hoeveelheid waterstof. De lasprocessen kunnen worden onderverdeeld in een aantal groepen:

- zeer laag (< laag (5-10 ml/100 g neergesmolten lasmetaal),
- gemiddeld (10-15 ml/100 g neergesmolten lasmetaal) en
- hoog (> 15 ml/100 g neergesmolten lasmetaal).

Zie **figuur 2**.

Er zijn op de markt zelfs laselektroden verkrijgbaar met waterstofgehalten van

ALGEMENE RICHTLIJNEN

EN 1011, de "opvolger" van de BS 5135, geeft richtlijnen voor het veilig lassen van bepaalde typen staal. Voor een gedetailleerd

overzicht zal men zich in deze norm moeten verdiepen. Globaal kunnen we het volgende stellen:

- "Mild steel" (Ceq < 0,4) Goed lasbaar, voorwarmen meestal niet noodzakelijk bij gebruik van laag waterstofhoudende lasprocessen. Bij het lassen van grotere dikten, een aanwezige hoge inwendige spanning of een lasproces met een hoger waterstofgehalte, is voorwarmen echter wel weer noodzakelijk.
- "C-Mn staal" (gemiddeld koolstofgehalte, laaggelegeerd staal, Ceq 0,4-0,5) Dunne secties kunnen gelast worden zonder voorwarmen. Dikkere behoeven voorwarmen en laag waterstofhoudende lastoevoegmaterialen.
- "Hoog koolstofhoudende gelegeerde staalsoorten" (Ceq > 0,5) Voorwarmen, toepassing van laag waterstofhoudende lastoevoegmaterialen, veelal is een langzame afkoeling noodzaak, evenals een aanvullende warmtebehandeling.

DE IDEALE OMSTANDIGHEDEN

Tips in verband met de ideale omstandigheden voor het verkrijgen van een lasverbinding zonder waterstof-geïnitieerde scheurvorming:

- Draag zorg voor schone naden, vrij van roest, verf, olie en vet.
- Pas een laag waterstofhoudend lasproces toe.
- Droog de elektroden en/of het

laspoeder volgens de voorschriften van de leverancier.

- Verlaag de spanning in de lasverbinding door een uitgekende lasnaadvorm, lasvolgorde en lasnaadvulling.
- Als voorwarmen wordt voorgeschreven is dit ook

Ze kunnen nog optreden geruime tijd nadat de las is gelegd en afgekoeld. Om deze redenen moet men een lasverbinding eerst na een bepaalde tijd onderzoeken op eventuele waterstof-geïnitieerde scheurvorming. Indien de scheuren doorlopen tot aan het oppervlak



Tip voor het verkrijgen van een lasverbinding zonder waterstof-geïnitieerde scheurvorming: pas een laag waterstofhoudend proces toe.

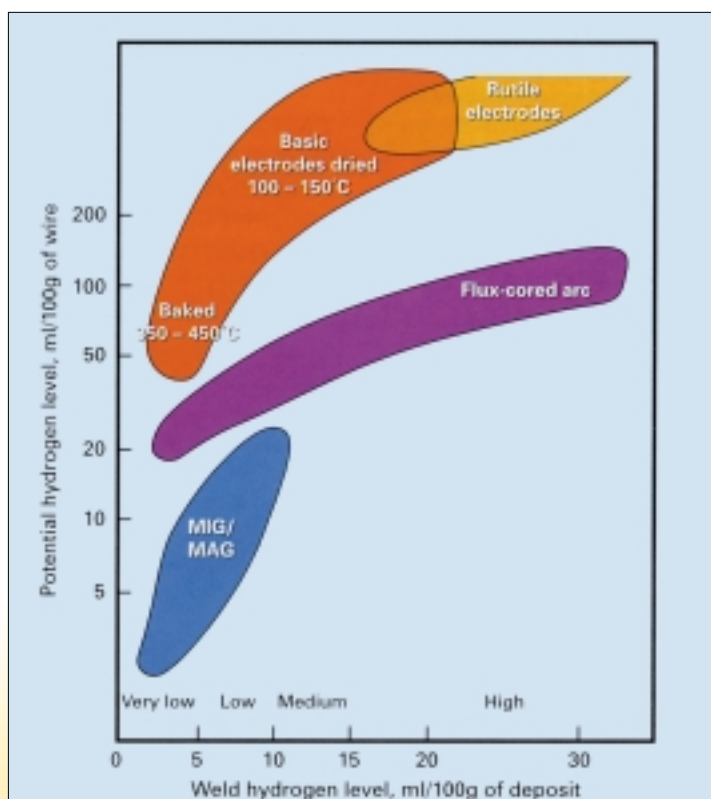
noodzakelijk bij het hechten en gutsen van de naden.

- Voorwarmen dient te gebeuren over een breedte van minstens 75 mm vanaf het midden van de naad. Dit om zekerheid te verkrijgen in een uniforme verdeling van de warmte over de dikte en breedte van de naad.
- Controleer de voorwarmtemperatuur aan de andere zijde van de te lassen naad. Als dit onpraktisch is, neem dan de nodige tijd zodat de warmte kan doordringen in de constructie.
- Volg stipt de warmte-inbrenggegevens vermeld op uw procedure.
- Hou de constructie warm op de voorwarmtemperatuur gedurende twee tot vier uur om de waterstof de kans te geven te verdwijnen.
- In situaties waar een adequate voorwarming niet uitvoerbaar is kunnen austenitische lastoevoegmaterialen worden ingezet.

kunnen ze eenvoudig visueel worden vastgesteld of met behulp van penetrant-onderzoek, respectievelijk magnetische methoden, zichtbaar worden gemaakt. Scheuren onder het oppervlak kunnen worden vastgesteld met behulp van röntgen-onderzoek of ultrasoon-onderzoek. Het ultrasoon-onderzoek heeft hierbij de voorkeur. De meeste codes schrijven voor dat een waterstofscheur moet worden verwijderd en wel 5 mm dieper en breder dan daar waar de scheur is vastgesteld. Het spreekt voor zich dat bij reparatie het gebruik van zeer laag waterstofhoudende lastoevoegmaterialen c.q. lasprocessen moeten worden ingezet. □

Deze tekst is een bewerking van "Job Knowledge for welders" uit TWI Connect door Karel Bekkers.

Figuur 2: De lasprocessen kunnen worden onderverdeeld in vier groepen: zeer laag, laag, gemiddeld en hoog.



ACCEPTATIECRITERIA, VASTSTELLEN EN REMEDIE

Waterstofscheuren zijn lineaire onvolkomenheden die scherpe hoeken vertonen. In lasverbindingen zijn deze scheuren onacceptabel indien de lasverbindingen moeten voldoen aan de eisen neergelegd in EN 25817, klasse B, C en D. Gezien het feit dat waterstofscheuren zeer klein kunnen zijn en ook onder het oppervlak kunnen voorkomen is het vaststellen van deze scheuren niet eenvoudig.

COLOFON BIL-KATERN

Alfred Dhooge
 Diamant Building
 Reyerslaan 80
 B-1030 Brussel
 Tel: +32/270.681.50 en 53
 Fax: +32/270.681.55
 E-mail: alfred.dhooge@rug.ac.be
 Redactie:
 Tilly Baekelandt
 Torhoutsesteenweg 226, bus 2
 8210 Zedelgem
 Tel: 050/24.04.04
 Fax: 050/24.04.45