



# Lasbaarheid van Materialen – Staal

## Oorzaak lasonvolkomenheden

Tijdens het lassen moet de lasser zien te voorkomen dat er onvolkomenheden ontstaan in de las, zeker als de las aan bepaalde mechanische eigenschappen moet voldoen. Onvolkomenheden ontstaan in principe door:

- Lasser zonder benodigde kennis en ervaring
- Onvoldoende kennis van het te lassen materiaal in combinatie met het lasproces
- Hoge spanningen in het te lassen onderdeel

Onvolkomenheden worden vooral veroorzaakt door een foutieve techniek, onvoldoende maatregelen die het materiaal of het toegepaste lasproces vereisen en door hoge spanningen in de te lassen onderdelen. Technieken om onvolkomenheden zoals plakfouten en slakinsluitingen te voorkomen die het gevolg zijn van een slechte methodiek, zijn tamelijk bekend. Echter, de lasser moet rekening houden met het feit dat het basismateriaal op zichzelf ook gevoelig kan zijn voor het optreden van onvolkomenheden als gevolg van het lasproces.

In de Materialen serie van laskennis opgefrist worden richtlijnen gegeven voor de lasbaarheid van verschillende materialen en welke voorzorgsmaatregelen genomen moeten worden.

## Materiaalsoorten

Ten aanzien van de lasbaarheid worden de materialen in de regel als volgt onderverdeeld:

- ongelegeerde en laaggelegeerde staalsoorten;
- roestvaste staalsoorten;
- aluminium en aluminiumlegeringen;
- koper en koperlegeringen;
- titanium en titaniumlegeringen;
- gietijzer.

Voor het verbinden van de meeste van deze materialen kunnen voor een breed diktebereik smeltlasprocessen worden toegepast. Als er onvolkomenheden optreden, zullen zij in het lasmetaal te vinden zijn, dan wel in het werkstukmateriaal

dat direct grenst aan de las, de zogenaamde warmtebeïnvloede zone. Dit wordt ook wel aangeduid als HAZ (Heat Affected Zone). Aangezien de chemische samenstelling van het lasmetaal voor een belangrijk deel het risico voor onvolkomenheden bepaalt, is de juiste keuze van het toevoegmateriaal cruciaal. Niet alleen voor het behalen van de vereiste mechanische eigenschappen, maar bijvoorbeeld ook voor de gewenste corrosiebestendigheid en een zo homogeen mogelijke lasverbinding. Onvolkomenheden in de warmtebeïnvloede zone worden veroorzaakt door de negatieve invloed van de bij het lassen optredende warmte en kunnen worden vermeden door het nauwkeurig opvolgen van de in de lasprocedure omschreven voorschriften.

In deze laskennis opgefrist wordt de lasbaarheid van on- en laaggelegeerd staal behandeld.

## Staal en lasonvolkomenheden

Ongelegeerde en laaggelegeerde staalsoorten zijn in het algemeen goed lasbaar. Ze kunnen echter wel gevoelig zijn voor de volgende onvolkomenheden:

- Poreusheid
- Stollingscheuren
- Waterstofscheuren
- Reheat cracking (scheurvorming bij hogere temperatuur)

Andere onvolkomenheden die bij het lassen kunnen optreden, zijn lamellar tearing en scheuren als gevolg van dubbelingen. Echter, bij het gebruik van modern geproduceerd kwaliteitsstaal en hoogwaardige toevoegmaterialen zullen deze zelden optreden. Bij de bespreking van de belangrijkste oorzaken van bovengenoemde lasonvolkomenheden worden richtlijnen gegeven voor de lasprocedure en technieken voor de lasser om de risico's voor het optreden van fouten zo klein mogelijk te houden.

### Poreusheid

Porositeiten ontstaan door blijvende insluiting van gasholtes in het stollende lasbad. Gasvorming kan worden veroorzaakt door onvoldoende bescherming tegen de lucht uit de omgeving van de boog, oppervlakteverontreinigingen zoals roest, verf of vet, of door onvoldoende aanwezigheid van desoxiderende bestanddelen in het moedermateriaal, in de elektrode of in de lasdraad. Bijzonder ernstig zijn wormvormige gaskanalen, die veroorzaakt worden door een verontreinigd oppervlak of door het lassen met vochtige elektroden.

Mangaan en silicium in het moedermateriaal, elektrode of lasdraad reageren als desoxidant. Zij reageren met de in het lasbad opgenomen zuurstof onder vorming van slak. Staalkwaliteiten met een hoog zuurstofgehalte kunnen alleen goed worden gelast met een toevoegmateriaal dat aluminium aan het smeltbad toevoegt.

Om porositeitvrije lassen te verkrijgen, moet de omgeving van de lasnaad vooraf goed worden gereinigd en ontvet. Primers moeten ook worden verwijderd, tenzij ze bewezen geschikt zijn voor het lassen met het toegepaste lasproces en volgens de

te volgen procedure. Bij het gasbooglassen worden hogere eisen gesteld aan het reinigen van het oppervlak, zoals ontvetten, slijpen of een machinale bewerking, waarna weer moet worden ontvet. De boog mag niet aan tocht worden blootgesteld. Ook moet er voor worden gewaakt dat de gasbescherming niet wordt verstoord, bijvoorbeeld door vervuiling of overmatige slijtage van het mondstuk, een te grote uitsteeklengte of een verkeerde stand van de toorts.

## **Stolscheuren**

Stolscheuren zijn een vorm van warmtscheuren en ontstaan in de lengterichting van de las. Ze ontstaan, omdat gedurende het lassen de gevormde verbinding nog onvoldoende sterk is om de door de krimp ontstane trekspanningen in het lasmetaal op te kunnen nemen. Zwavel, fosfor en opkoling vanuit het moeder materiaal verhogen het gevaar voor scheurvorming in de las. In het bijzonder bij dik materiaal en bij hoogbelaste lasnaden. Bij het lassen van staalsoorten met een hoog koolstofgehalte en ook bij staal met een hoger zwavelgehalte zijn dunne lagen gevoelig voor stolscheuren. Een las met een grote hoogte-/breedte-verhouding zal eveneens gevoeliger zijn. Hierbij bevat het midden van de las, dus het deel dat het laatst is gestold, de hoogste concentratie verontreinigingen, wat het risico voor scheurvorming vergroot.

Stolscheuren kunnen het beste worden voorkomen door een doordachte keuze van het toevoegmateriaal, een juiste instelling van de lasparameters en een goede lasmethode. Om het risico te verkleinen, geven we de voorkeur aan toevoegmaterialen met een laag koolstofgehalte, weinig verontreinigingen en een relatief hoog gehalte mangaan en silicium.

Bij processen met een hoge stroomdichtheid zoals het lassen onder poeder en MIG/MAG is de kans op stolscheuren groter. De lasparameters moeten dan ook bij stompe naden een correcte hoogte-/breedteverhouding of een juiste keelhoogte bij hoeklassen geven. Ook hoge lassnelheden verhogen het risico, omdat hierbij de hoeveelheid segregatie en de spanningen groter zijn. De lasser dient zorg te dragen voor een passende naadvorm om het overbruggen van te wijde vooropeningen te voorkomen. Verontreinigingen op het oppervlak, zoals verf, vet, en snijolie, moeten vóór het lassen worden verwijderd.

## **Waterstofscheuren**

Een bijzondere eigenschap van staalsoorten met een hoog koolstofgehalte en van laaggelegeerd staal is de vorming van een harde structuur in de warmtebeïnvloede zone. Met daaraan gekoppeld een verhoogd risico voor koudscheuren als gevolg van de opgenomen waterstof. Hoewel het risico vooral wordt bepaald door de hoeveelheid vanuit het lasproces afkomstige waterstof hangt de koudscheurgevoeligheid ook samen met meerdere factoren, te weten:

- de materiaalsamenstelling (koolstofequivalent);
- de materiaaldikte;
- de boogenergie (warmte-inbreng);
- het spanningsniveau.

De mate waarin waterstof tijdens het lassen in het smeltbad wordt opgenomen, wordt bepaald door het type elektrode en het lasproces. Basische elektroden

produceren minder waterstof dan rutielelektroden. De gasbooglasprocessen - MAG en TIG - leveren ook relatief weinig waterstof. De harding in de warmtebeïnvloede zone wordt bepaald door de samenstelling van het staal en de afkoelsnelheid. Hoe hoger het koolstofgehalte en het gehalte aan legeringselementen des te hoger de hardheid in de warmtebeïnvloede zone. De hardheid wordt mede bepaald door de dikte van het materiaal, die van invloed is op de afkoelsnelheid en de door de boog ingebrachte warmte.

### **Voorwarmen**

Voor een bepaalde situatie zal moeten worden voorverwarmd om koudscheuren te voorkomen. Dit is afhankelijk van:

- de materiaalsamenstelling;
- de materiaaldikte;
- de naadvorm;
- het type elektrode;
- de warmte-inbreng.

Door voor te warmen wordt de afkoelsnelheid verlaagd, het ontwijken van waterstof bevordert en zodoende wordt een scheurgevoelige harde structuur in de warmtebeïnvloede zone vermeden. De aanbevolen temperaturen voor het voorwarmen in bepaalde situaties worden opgegeven in diverse daartoe opgestelde richtlijnen en normen.

### **Europese norm**

De Europese norm NEN-EN 1011 is in delen opgesteld om voor verschillende materiaalsoorten aanbevelingen voor het lassen te geven. Deel 1 is de algemene leidraad voor juiste productiemethoden, het handhaven van de juiste lastechniek en beschrijft in detail de mogelijke optredende verstoringen. De norm bevat ook adviezen over de methoden om deze storingen te vermijden. Deel 2 is gericht op het booglassen van ferritische staalsoorten en bevat diverse bijlagen. Bijlage C geeft aanbevelingen voor het vermijden van waterstofscheuren. Een hierin opgenomen methode voor het bepalen van de voorwarmtemperatuur is afgeleid van de praktisch opgestelde en inmiddels vervallen BS 5135:1984.

Aangezien waterstofscheuren pas optreden bij temperaturen net boven de omgevingstemperatuur is het handhaven van de aanbevolen temperatuur in de omgeving van de lasverbinding van groot belang. Als het materiaal te snel afkoelt, kunnen ook nog enkele uren na het lassen scheuren optreden. Deze worden aangeduid als 'vertraagde waterstofscheuren'. Het verdient daarom de aanbeveling om de hogere temperatuur nog over een langere tijdsperiode - afhankelijk van de materiaaldikte - te handhaven om de waterstof te laten diffunderen uit het gebied van de lasverbinding. Deze tijdsperiode wordt ook wel aangeduid als 'hold-time'. Bij het lassen van ongelegeerde constructiestaalsoorten en ketelplaat zijn de maatregelen voor het vermijden van scheuren in de warmtebeïnvloede zone ook voldoende om waterstofscheuren in het lasmetaal te voorkomen. Echter, bij hoger gelegeerd lasmetaal zoals bij het lassen van gelegeerde staalsoorten of hoge sterktestalen kunnen strengere voorzorgsmaatregelen noodzakelijk zijn.

Het risico voor scheuren in de warmtebeïnvloede zone wordt ingeperkt door toepassing van een lasproces met een laag waterstofgehalte, het lassen met basische elektroden met een hoge boogenergie en door het niveau van de spanningen laag te houden.

Onder de in de praktijk toe te passen voorzorgsmaatregelen behoren het gebruik van uitsluitend droge elektroden en het grondig reinigen van de naadflanken. Bij het lassen onder beschermgas kan een aanzienlijke hoeveelheid waterstof worden ontwikkeld vanuit een vervuild oppervlak van de draad en de te lassen delen, zodat de maatregelen in de vorm van voorwarmen en warmte-inbreng ook zullen gelden voor het hechtlassen.

## Reheat cracking

Reheat cracking is een scheurvorming die kan optreden in de warmtebeïnvloede zone van gelaste onderdelen met een grotere dikte, gewoonlijk meer dan 50 mm. Reheat cracks komen vooral voor bij ferritisch kruipvast staal. De oorzaak van de scheuren is meestal een gevolg van verbrossing in de warmtebeïnvloede zone bij temperaturen tussen 500 en 700 °C. Dit temperatuurgebied wordt aangehouden bij een warmtebehandeling na het lassen voor het verlagen van de inwendige spanningen, maar kan ook tijdens gebruik van de constructie voorkomen.

Aangezien een grove korrelstructuur in de warmtebeïnvloede zone scheurgevoeliger is, kan het lassen met een lage boogenergie het gevaar doen verminderen. Hoewel reheat cracking voor kan komen in daarvoor gevoelige laaggelegeerde staalsoorten - die met name chroom, molybdeen en vanadium bevatten - kan het risico worden verminderd door het vermijden van hoge spanningen tijdens het lassen. Ook kan het risico worden verminderd door het reduceren van plaatselijke hoge spanningsconcentraties, bijvoorbeeld door dressing, het maken van een gelijkmatige gladde aanvloeiing van de overgang van de las met het werkstuk.

## Lasbaarheid diverse staalsoorten

In de voor lasmethode en lasserskwalificaties volgens ISO en EN opgestelde en in 2000 gepubliceerde richtlijn ISO/TR 15608 zijn een aantal staalsoorten met min of meer gelijke metallurgische lasbaarheid en laseigenschappen gegroepeerd. De belangrijkste risico's bij het lassen van deze materialen kunnen als volgt worden gekarakteriseerd:

### **Groep 1: Laag koolstofhoudende ongelegeerde staalsoorten die geen speciale behandeling vereisen met een minimum gespecificeerde reksterkte ReH van 460 N/mm<sup>2</sup>**

In niet te grote diktes zijn deze ongelegeerde materialen goed lasbaar. Echter, bij het lassen van grotere diktes met beklede elektroden, gevulde draad of onderpoeder bestaat er gevaar voor koudscheuren. Dan is voorwarmen vereist of een lasproces met laag waterstof ter vermindering van scheuren in de warmtebeïnvloede zone.

## **Groep 2: Thermomechanisch behandelde fijnkorrelige staalsoorten en gietstaal met een gespecificeerde minimale reksterkte van $ReH > 360 \text{ N/mm}^2$ .**

Bij een gegeven sterkte zal een thermomechanisch behandelde (TMCP) staalsoort een lager koolstofgehalte hebben dan een genormaliseerd staal. Daardoor zal deze staalsoort dus een betere lasbaarheid hebben met betrekking tot koudscheuren en het binnen de perken houden van hoge hardheden. Er treedt echter altijd een bepaalde mate van sterkteverlies op in de warmtebeïnvloede zone na het lassen van TMCP-staalsoorten. De warmte-inbreng dient daarom te worden beperkt om de vereiste eigenschappen van de lasverbinding te kunnen waarborgen (bijvoorbeeld maximaal 2,5 kJ/mm bij een plaatdikte van 15 mm).

## **Groep 3: Gehard en ontlaten staalsoorten en precipitatiegeharde staalsoorten (uitgezonderd roestvaststaal), $ReH > 360 \text{ N/mm}^2$ .**

Deze zijn wel lasbaar, maar gewaarschuwd moet worden voor andere materialen gangbare lasprocedures, daar deze staalsoorten vaak een hoog koolstofgehalte hebben. Er is dan een risico voor hoge hardheden in de warmtebeïnvloede zone en scheurvorming. Evenals bij TCMP-stalen kan er een beperking gelden voor de warmte-inbreng of voorwarmen om achteruitgang van de mechanische eigenschappen te voorkomen.

## **Groep 4, 5 en 6: Chroom-molybdeen (CrMo) en chroom-molybdeenvanadium (CrMoV) kruipbestendige staalsoorten.**

Deze zijn gevoelig voor waterstofscheuren, maar met de juiste wijze van voorwarmen en gebruik van toevoegmateriaal met een laag waterstofgehalte en met toepassing van temperbead technieken om het gevaar voor scheuren te verminderen, is toepassing in de warmtebeïnvloede zone en het lasmetaal te vermijden.

Een gloeibehandeling na het lassen wordt toegepast om de taaiheid in de warmtebeïnvloede zone te verbeteren.

## **Groep 7: Ferritische, martensitische of precipitatiehardende roestvaststaalsoorten.**

Bij het gebruik van een toevoegmateriaal met een sterkte die overeenkomt met die van het moedermateriaal is voorwarmen noodzakelijk om scheurvorming in de warmtebeïnvloede zone te vermijden. Een warmtebehandeling na het lassen is noodzakelijk om de taaiheid in de warmtebeïnvloede zone te verbeteren. Als voorwarmen en een warmtebehandeling na het lassen niet kunnen worden uitgevoerd, kan een austenitisch roestvast staal toevoegmateriaal worden toegepast.

## **Groep 8: Austenitisch roestvast staal.**

Voorwarmen is bij deze materialen niet gebruikelijk. Om problemen met warmtscheuren te voorkomen, moeten de toevoegmaterialen zo worden geselecteerd dat ze een zuiver lasmetaal leveren en indien van toepassing een bepaald ferrietgehalte.

## **Groep 9: Nikkelgelegerde staalsoorten.**

Ni <10 %. Deze hebben een lasbaarheid die kan worden vergeleken met de groepen 4, 5 en 6.

### **Groep 10: Austenitisch-ferritisch roestvaststaal (duplex).**

Bij het lassen van deze staalsoorten is het om de juiste verhouding in de structuur te verkrijgen nodig om de toevoegmaterialen met zorg te kiezen, af te zien van voorwarmen en de maximale interpass temperatuur goed te controleren. Ook moet de minimale warmteïnbreng worden aangehouden, omdat een langzame afkoeling de austenietvorming in de warmtebeïnvloede zone bevordert.

### **Groep 11: Staalsoorten met een hoog koolstofgehalte.**

Deze staalsoorten zijn minder goed lasbaar door de ten opzichte van de in groep 1 vallende stalen. De toevoegmaterialen dienen met de nodige zorg te worden gekozen en hoge voorwarmtemperaturen kunnen hier zijn vereist. Het is van belang om advies in te winnen alvorens een staalsoort te gaan lassen waarin nog geen ervaring is opgedaan.

---

*Deze aflevering in de rubriek 'Laskennis opgefrist' is een bewerking van 'Job Knowledge for welders Part 19' uit TWI Connect door Maurice Mol, geactualiseerd eind 2008.*

### **Inlichtingen**

Nederlands Instituut voor Lastechniek  
Boerhaavelaan 40  
2713 HX Zoetermeer  
Website: [www.nil.nl](http://www.nil.nl)  
e-mail: [info@nil.nl](mailto:info@nil.nl)

Informatie en advies van het NIL wordt verstrekt in goed vertrouwen en is gebaseerd op de huidige stand der technische kennis. Er kan geen garantie verleend worden aan de resultaten of effecten door toepassing van de informatie van deze website. Ook kan er geen verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid geaccepteerd worden voor iedere vorm van verlies of schade.