

VERBETERD VERMOEIINGSGEDRAG VAN GELASTE STRUCTUREN IN HSS

LASNABEHANDELINGSTECHNIKEN BESTUDEERD IN FATWELDHSS PROJECT

Hoge Sterkte Stalen (HSS) beschikken over een aanzienlijk potentieel om gewicht te reduceren of de levensduur te verhogen in vele industriële toepassingen, zoals landbouwmachines of constructievoertuigen. Het gebruik van HSS voor gelaste structuren wordt vandaag evenwel beperkt, vanwege de lage vermoeiingsweerstand ter hoogte van de lasnaden, waarmee er rekening gehouden dient te worden volgens designcodes. Om hieraan tegemoet te komen, werd drie jaar geleden het FATWELDHSS project opgestart met steun van het Europese Research Fund for Coal and Steel (RFCS), waarbij OCAS en het Belgisch Instituut voor Lastechniek (BIL) deel uitmaakten van het consortium. Het doel van dit project was om verschillende lasnabehandelingstechnieken te bestuderen en meer bepaald hun effect op de vermoeiingslevensduur van halfautomaat-(MAG)-lasnaden. De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat het mogelijk is om de inherent betere vermoeiingseigenschappen van ongelaste HSS-basismaterialen gedeeltelijk te recupereren ter hoogte van de lasnaad, door gebruik te maken van een geschikte lasnabehandeling.

Door Sofie Vanrostenberghe, OCAS NV

DOELSTELLINGEN

Vermoeiingsscheuren in stalen structuren treden vaak op ter hoogte van de lasnaden door spanningsconcentraties als gevolg van de lasnaad geometrie – en dan vooral de overgang met het basismateriaal – en de aanwezigheid van restspanningen. Het is algemeen bekend dat nabehandelingstechnieken die steunen op het verbeteren van het restspanningsveld en/of de oppervlaktegeometrie van de lasnaad, een positief effect hebben op de vermoeiingslevensduur. De toepasbaarheid en het effect van deze technieken op gelaste structuren in HSS waren tot op vandaag echter onvoldoende onderzocht. Daarom werden in het kader van het FATWELDHSS project de volgende lasnabehandelingstechnieken bestudeerd:

- hersmelten van de lasten m.b.v. een diodelaser (in plaats van

zoals meer gebruikelijk met TIG- of plasmalassen) om een verbeterde overgang tussen het lasmetaal en het basismateriaal te creëren, met bijgevolg lagere spanningsconcentraties;

- Hoge Frequentie Mechanische Impact (HFMI)-behandeling, die het herhaaldelijk hameren met een hoge frequentie ter hoogte van de lasten behelst, om wederom een vloeiende overgang te genereren, maar ook om in belangrijke mate drukrestspanningen te introduceren in het materiaal. Er zijn verschillende varianten gangbaar, waaronder Ultrasonic Impact Treatment (UIT) en Pneumatic Impact Treatment (PIT);
- ook werden er binnen het project twee nieuwe Low Temperature Transformation (LTT)-lasdraden ontwikkeld, met als doel de trekrestspanningen ten gevolge van krimp na het lassen te verminderen of zelfs te elimineren. Dit wordt bekomen door aan de samenstelling van de lasdraad elementen als Mn, Ni en/of Cr toe te voegen. Die hebben de eigenschap de austeniet-fase te stabiliseren en de transformatie naar

martensiet te verschuiven naar lagere temperaturen in vergelijking met conventionele lasdraden. Strikt genomen betreft het hier dan ook geen nabehandelingstechniek.

Een belangrijke doelstelling van het project was ook om richtlijnen te ontwikkelen met het oog op het verbeteren van de vermoeiingslevensduur van gelaste structuren in HSS. Dit werk werd dan ook uitgevoerd in zeer nauwe samenwerking met het International Institute of Welding (IIW).

VERMOEIINGSTESTEN

Verscheidene staalsoorten, gaande van S690QL en S700MC tot S960MC en S960QL, werden geselecteerd in diktes van 5 tot 20 mm. Kruisvormige monsters, zoals getoond in **figuur 1**, werden gelast m.b.v. het MAG-proces. Een uitgebreid testprogramma werd

uitgewerkt voor vermoeiingstesten onder belasting met zowel een constante als een variabele amplitude. De resultaten van de constante amplitudevermoeiingstesten worden weergegeven in **figuur 2**.

De kleinste kwadratenanalyse bij lineaire regressie werd gebruikt om de S-N-curve te bepalen voor de resultaten in gelaste toestand, na een HFMI-behandeling en na het laserherschmelten. Op basis van deze resultaten, bekomen op bovenvermelde monstergeometrie, kon er besloten worden dat een HFMI-behandeling tot een verhoging van 47 tot 51% leidt wat de vermoeiingssterkte betreft. Voor het laserherschmelten werd er een verbetering van 34 tot 45% vastgesteld. De resultaten op met LTT-draad gelaste monsters tonen een toename van max. 20% op de vermoeiingssterkte. Op basis van de resultaten die tot op heden beschikbaar zijn, is het duidelijk dat het gebruik van HFMI als lasnabehandelingstechniek het grootste verbeteringspotentieel heeft wat vermoeiingsprestatie betreft.

ONTWIKKELING RICHTLIJNEN

Een van de belangrijkste doelstellingen van dit project was om richtlijnen te ontwikkelen voor de lasnabehandeling van HSS, met als doel de optimale condities te bepalen voor het gebruik van HSS. Bij het opstellen van de richtlijnen werd er gesteund op de resultaten van de experimentele testen, alsook op data die al beschikbaar waren in de literatuur. Veruit de meest betrouwbare verbeteringstechniek bleek dus de HFMI-behandeling. Daarom werd er in eerste instantie

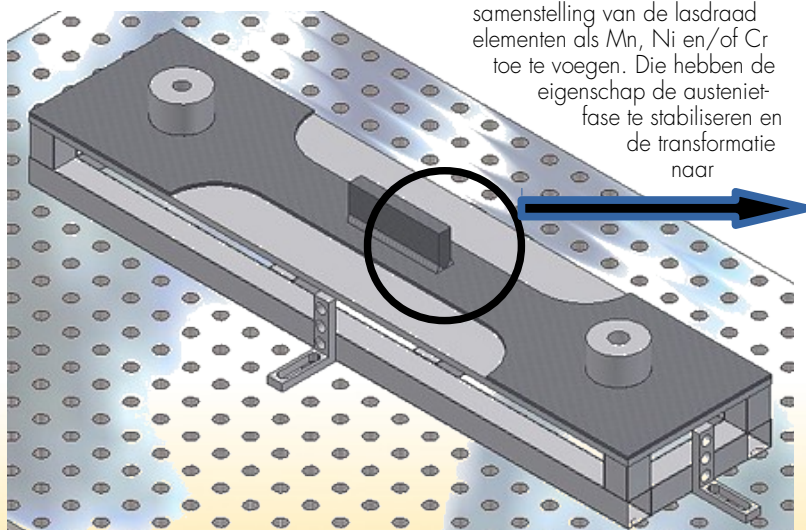


Fig. 1: monster voor vermoeiingstest; in het centrale gedeelte is er aan beide zijden een 'vin' gelast. Detail: met HFMI behandelde lassteen

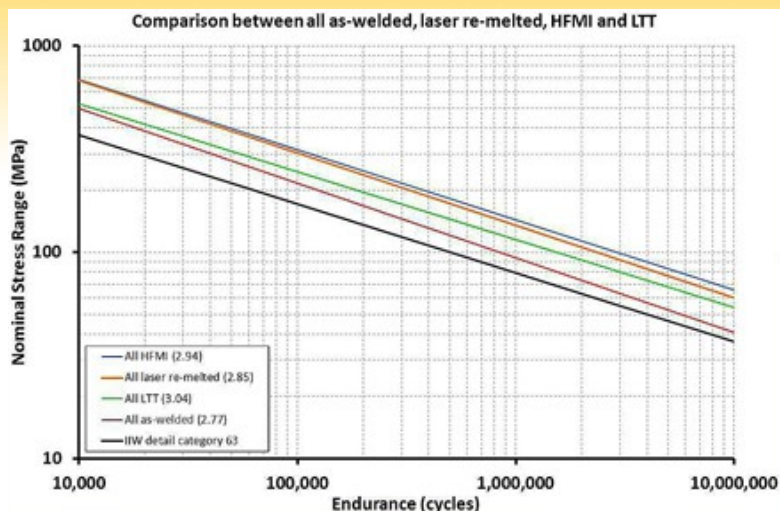


Fig. 2: resultaten van vermoeïngstesten in gelaste toestand, na laserhersmelten, na HFMI-behandeling en voor met LTT-draad gelaste monsters onder constanteamplitudebelasting

een ontwerp voor een regelgevend document 'Verbeteren van vermoeïngslevensduur van HSS-gelaste structuren a.d.h.v. lasnabehandeling (HFMI)' opgesteld binnen dit project.

Dit document omvat richtlijnen die de volgende aspecten behandelen:

- correcte uitvoering van HFMI-behandeling;
- richtlijnen voor evaluatie van het vermoeïngsgedrag;
- criteria voor kwaliteitsborging;
- beperkingen van de gebruikte methode;

Het ontwerpdocument is van toepassing voor staalplaat in diktes van 5 tot 50 mm met een vloeigrens in het bereik van 235 tot 960 MPa. Verder beschrijft de ontwerpaanbeveling één toename in vermoeïngsklasse voor elke 200 MPa toename in de vloeigrens van het gebruikte basismateriaal (zie ook **figuur 3**). De ontwerpregelgeving die ontwikkeld is binnen dit project, zal het gebruik van HSS stimuleren, zelfs in componenten die onderhevig zijn aan vermoeïngsbelasting. Hierbij zal het mogelijk zijn een langere levensduur van gelaste structuren te bekomen.

CASESTUDY'S

Om de bevindingen tijdens de laboratoriumexperimenten te staven, werden er twee bestaande componenten geselecteerd als demonstratiestukken.

Meer bepaald werden de arm van een hydraulische graafmachine en een chassisonderdeel van een constructievoertuig onderzocht, beide getoond in de foto's hieronder.

In eerste instantie werden beide componenten herontworpen, gebruikmakend van HSS. Voor de graafarm werd er een gewichtsreductie van 18% bekomen door het inzetten van S700MC-materiaal in zones van hoge belasting. Op het chassisonderdeel werd er een gewichtsreductie van 24% gerealiseerd.

Om dit te bereiken, werd er gebruikgemaakt van HSS (S700MC en S690QL), zodat er geringere materiaaldiktes gebruikt konden worden. In plaats van gietstukken werden er gelaste onderdelen gebruikt, waarbij scherpe overgangen vermeden werden. Het herontwerp werd na een grondige analyse zo uitgevoerd

dat de kritische punten verschoven werden naar de lasteën. Daardoor was het mogelijk om via een lasnabehandeling met HFMI ter hoogte van de lasteën de levensduur maximaal te verlengen. Verschillende prototypes van de graafarm en het chassisonderdeel werden gemaakt in HSS, waarbij enkel de kritische lasnaden behandeld werden met HFMI. De parameters voor de behandeling werden gekozen op basis van de aanbevelingen van de leverancier en de kennis die opgedaan werd binnen het project.

Een vereenvoudigde vermoeïngstest werd uitgevoerd op de graafarm. Hierbij werd aangetoond dat de doelstelling m.b.t. de vermoeïngslevensduur gehaald werd zonder falen van de component. De gebruikte belasting voor de vermoeïngstest was gebaseerd op meetdata van een graafarm in reële omstandigheden, om aldus een zo betrouwbaar mogelijk resultaat te bekomen.

Prototypes van het chassisonderdeel werden eveneens onderworpen aan een vermoeïngstest en vergeleken met het huidige ontwerp: de

herwerkte versie van het chassisonderdeel toonde een drie keer hogere vermoeïngslevensduur.

BESLUIT

Op basis van de resultaten van vermoeïngstesten op deze reële componenten was het mogelijk om aan te tonen dat de herontworpen structuren een veel langere vermoeïngslevensduur hebben dan de huidige ontwerpen. Verder was het duidelijk dat een HFMI-behandeling een veelbelovende methode is om een gewichtsreductie te realiseren of de vermoeïngsperformantie te verbeteren. Tot slot is ook gebleken dat het voor de bestudeerde componenten mogelijk is om een kostenreductie te realiseren, zowel op de directe productiekosten als op de exploitatiekosten van de machines.

Dit onderzoek werd uitgevoerd met steun van het Europese RFCS onder grant agreement n° RFSR-CT-2010-00032. Belgische projectpartners in dit Europees consortium zijn OCAS (www.ocas.be) en BIL (www.bil-ibs.be)

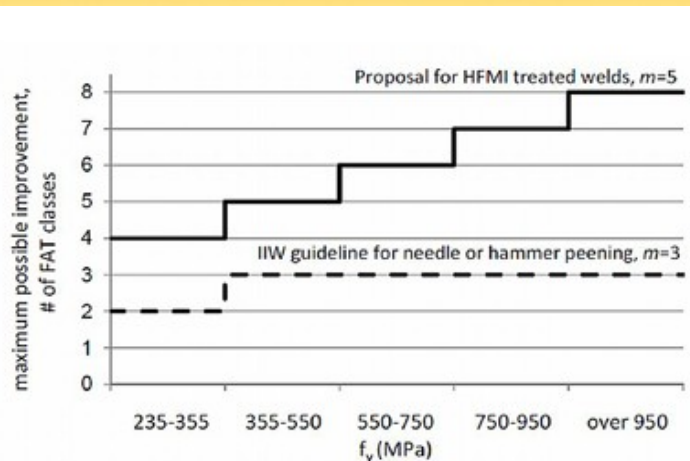


Fig. 3: bestaande IIV-richtlijn inzake verbetering voor gehamerde lasnaden (stippellijn) en voorgestelde verbetering voor met HFMI behandelde lasnaden (volle lijn)



Geselecteerde demostukken voor de casestudy's: links chassisonderdeel – boven graafarm

MEER INFO?

Belgisch Instituut voor Lastechniek vzw

Technologiepark 935
B-9052 Zwijnaarde
Tel.: +32 (0)9/292.14.00
Fax: +32 (0)9/292.14.01
www.bil-ibs.be
info@bil-ibs.be



Joining your future.
Belgisch Instituut voor Lastechniek vzw