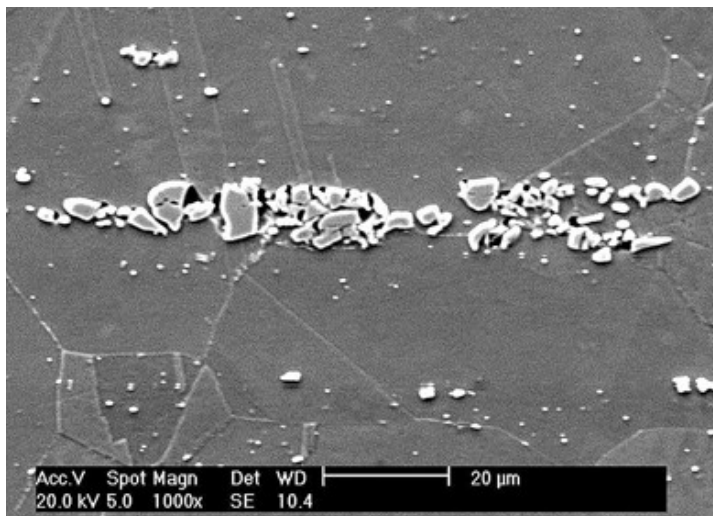


NIEUWE GENERATIE AUSTENITISCHE STALEN

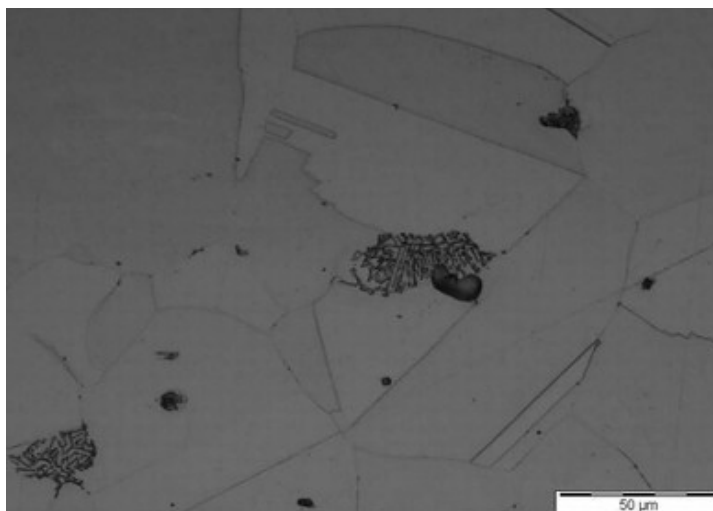
DMV 310N/LASBAARHEID EN HOOGTEMPERATUREIGENSCHAPPEN

Momenteel loopt bij het Belgisch Instituut voor Lastech-niek, met Laborelec als partner, een prenormatief onderzoeksproject rond DMV 310N. Het is de bedoeling om dit materiaal op te nemen in de Euro-pese, geharmoniseerde materiaalnorm EN 10216-5, onder de benaming X6CrNiNbN25-20. DMV 310N wordt geproduceerd door Salzgitter Mannesmann Stainless Tubes en is de Europese versie van HR3C, ontwikkeld door Sumitomo, voor de toepassing als (her)oververhitterbuisjes in (ultra)superkritische steenkoolcentrales.

Ing. Johan Vekeman (BIL)



Figuur 1: niobiumhoudende precipitaten (m.b.v. SEM: Scanning Electron Microscope)



Figuur 2: laagsmeltende fase (m.b.v. LOM - licht-optische microscoop)

BASISMATERIAAL

De chemische samenstelling van DMV 310N is terug te vinden in de **tabel** onderaan op deze pagina.

Dit materiaal werd geleverd na koudvervorming van de buisjes tot hun gewenste dimensies, zijnde een uitwendige diameter van 44,5 mm met een wanddikte van 7,77 mm, gevolgd door oplosgloeien. Een volaustenitische, grofkorrelige (ASTM 4) microstructuur met niobiumhoudende precipitaten in de korrels wordt op die wijze verkregen (**figuur 1**).

Op dit materiaal werd een lasbaarheidstudie uitgevoerd om onder andere de neiging tot scheurvorming in de warmtebeïnvloede zone (WBZ) tijdens het lassen en bij een warmtebehandeling na het lassen te onderzoeken.

GEVOELIGHEID VOOR WARMSCHEUREN

Na lassimulaties op DMV 310N en metallografisch onderzoek bleek dat ten gevolge van de warmte-inbreng laagsmeltende fasen worden gevormd (**figuur 2**).

Dit kan warscheuren veroorzaken in de warmtebeïnvloede zone ('liquation cracking'). De scheuren zijn analoog aan deze die in het lasmetaal voorkomen ('solidification cracking') en ze zijn het gevolg van het bevochtigen van de korrelgrenzen door de laagsmeltende fasen. Net onder de solidustemperatuur kunnen immers bepaalde fasen of insluitsels, die zich op een korrelgrens bevinden, vroeger tot smelten komen dan de eigenlijke metaalkorrels.

Zij vloeien dan uit als dunne films die onder bepaalde omstandigheden meerdere korrelgrenzen kunnen bevochtigen.

Door de krimp tijdens het koelen

kunnen de bevochtigde korrels uit elkaar gaan glijden, resulterend in intergranulaire scheuren.

HOT DUCTILITY PROEVEN

De gevoeligheid voor warscheuren in de WBZ van DMV 310N werd door het BIL bepaald aan de hand van 'hot ductility' proeven.

Deze trekproeven bij hoge temperatuur laten toe om de gevoeligheid voor hoogtemperatuurverbrossing te bepalen. Eerst wordt de temperatuur bepaald waarbij het materiaal geen kracht meer kan opnemen (Nil Strength Temperature - NST). Zodra NST bepaald

is, worden de proefstaafjes onderworpen aan een lasthermische cyclus met piektemperatuur NST en ze worden vervolgens aan een trekkracht onderworpen tijdens het afkoelen.

Voor materialen die gevoelig zijn voor warscheuren treedt een gevoelige temperatuuurdaling op alvorens de ductiliteit van het materiaal hersteld is (Ductility Recovery Temperature - DRT). Is dat temperatuuriinterval (NST-DRT) klein, dan is het temperatuurgebied waarin laagsmeltende fasen scheurvorming kunnen veroorzaken onbestaande (0-50 °C) of beperkt (50-100 °C). Bij een temperatuurverschil boven de 100 °C is het materiaal gevoelig voor warscheuren. Uit de resultaten (**figuur 3**) blijkt dat DMV 310N, heat F04154, in tegenstelling tot andere niobiumgelegerde austenieten uit de 300-reeks, zoals 347H en DMV 304HCu [1], niet gevoelig is voor 'liquation cracking' (NST-DRT=1.340 °C-1.295 °C = 45 °C).

Een mogelijke verklaring is de hoeveelheid stikstof. Uit onderzoek [2] op gewijzigd 347 staal, al dan niet gelegerd met stikstof, bleek dat de laagsmeltende fasen die gevormd worden, bestaan uit Nb, C en N, indien aanwezig. Stikstof bleek de eigenschap te hebben het smeltpunt van de eutectica te verhogen. In DMV310N (N: 0,14-0,36) zit meer stikstof dan in

DMV310N, HEAT F04154, IS NIET GEVOELIG VOOR LIQUATION CRACKING IN DE WBZ NA HOT DUCTILITY PROEVEN

CHEMISCHE SAMENSTELLING BASISMETAAL

MATERIAAL	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	N
DMV 310 N HEAT F04154	0,05	0,35	1,21	0,014	0,005	24,3	20,7	0,46	0,22

DMV304HCu (N: 0,04-0,13). Stikstof wordt niet intentioneel toegevoegd aan 347H.

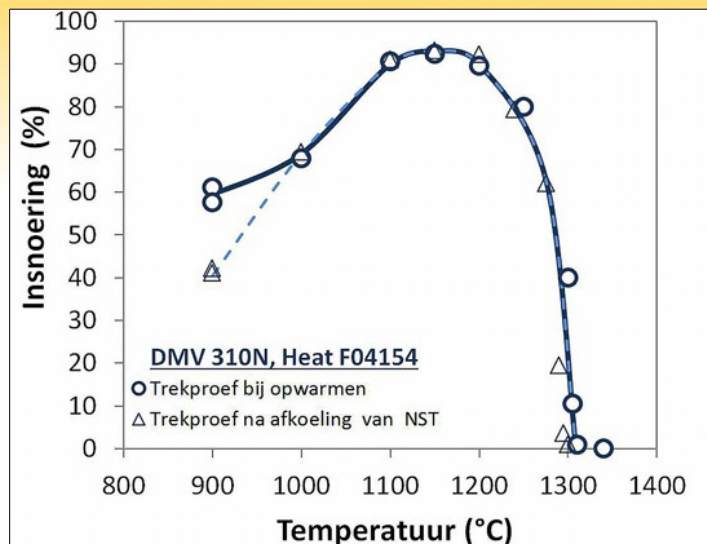
GEVOELIGHEID VOOR SPANNINGS-RELAXATIESCHEUREN

Scheuren die optreden tijdens een warmtebehandeling na het lassen in de WBZ noemt men spanningsrelaxatiescheuren of 'reheat cracks'. Spanningsrelaxatiescheuren kunnen zich ook vormen bij bedrijfstemperaturen. Dit valt buiten de scope van dit artikel.

Over het algemeen zijn austenitische kruipvaste staalsoorten gevoelig voor spanningsrelaxatiescheuren. Austenitische staalsoorten gestabiliseerd met niobium (347H) of titanium (321H) kunnen zeer gevoelig zijn. De scheuren treden op in de grofkorrelige WBZ, dicht bij de fusieline, zijn intergranulair en volgen de austeniet-korrelgrenzen. Het mechanisme kan als volgt worden samengevat: gedurende het lassen wordt de WBZ naast de fusieline opgewarmd tot zeer hoge temperaturen. Bij deze temperaturen gaan de carbides in oplossing en kan korrelgroei optreden. Gedurende de daaropvolgende warmtebehandeling zal vervorming optreden door het relaxeren van de eigenspanningen. Tijdens de warmtebehandeling vormen zich fijne, intragranulaire precipitaten die de korrels veel sterker maken dan de korrelgrenzen, waardoor alle vervorming zich gaat concentreren langs de korrelgrenzen. Deze hoge lokale kruipvervorming kan dan aanleiding geven tot scheuren (triple points).

REHEAT CRACKING PROEVEN

De gevoeligheid van DMV 310N, heat F04154, voor spanningsrelaxatiescheuren werd bepaald aan de hand van een aantal warme trekproeven. Hiertoe werd eerst een grofkorrelige zone gesimuleerd in trekproefstaafjes door deze op te warmen tot 1.350 °C en vervolgens af te koelen met een afkoeltijd t8/5 van 15 seconden. Nadien werden de trekproefstaafjes getrokken tot breuk bij temperaturen tussen 600 en 800 °C. Na breuk werd de insnoering opgemeten. De insnoering is een maat voor de reheatcracking-



Figuur 3: resultaten 'hot ductility' proeven

gevoeligheid. Op grond van vroegere uitgebreide ervaringen werd een classificatie opgesteld voor austenitische stalen, waarbij een insnoering van minder dan 20% aanduidt dat het materiaal gevoelig is voor het vormen van spanningsrelaxatiescheuren.

Uit de resultaten (figuur 4) bleek deze heat minder gevoelig te zijn voor het vormen van relaxatiescheuren in vergelijking tot andere austenitische, kruipvaste, gestabiliseerde legeringen (DMV304HCu [3], 347H).

Hiernaast valt op te merken dat de insnoering in functie van de temperatuur een gelijkaardige curve vertoont met een ductiliteitsdip bij 750 °C, maar met insnoeringen boven 20%.

De kleine verschillen in

chemische samenstelling die zorgen voor het verstevigen van de korrel en de korrelgrenzen of juist verzwakken van de korrelgrenzen liggen hier aan de basis, maar dit vraagt verder onderzoek op verschillende heats.

Op basis van de gemeten insnoering zou DMV 310N niet gevoelig zijn, maar metallografisch onderzoek toont dat het breukaspect wel degelijk intergranulair is bij 750 °C, met weliswaar taaiere breukaspecten op de korrelgrenzen, zodat enige waakzaamheid is geboden.

CONCLUSIES

De warmtebeïnvloede zone van DMV 310N, heat F04154, vertoont op basis van een lasbaarheidstudie geen neiging

tot het vormen van warmtscheuren tijdens het lassen of spanningsrelaxatiescheuren bij een warmtebehandeling na het lassen.

Lasproeven in het verdere verloop van dit project moeten deze stelling staven.

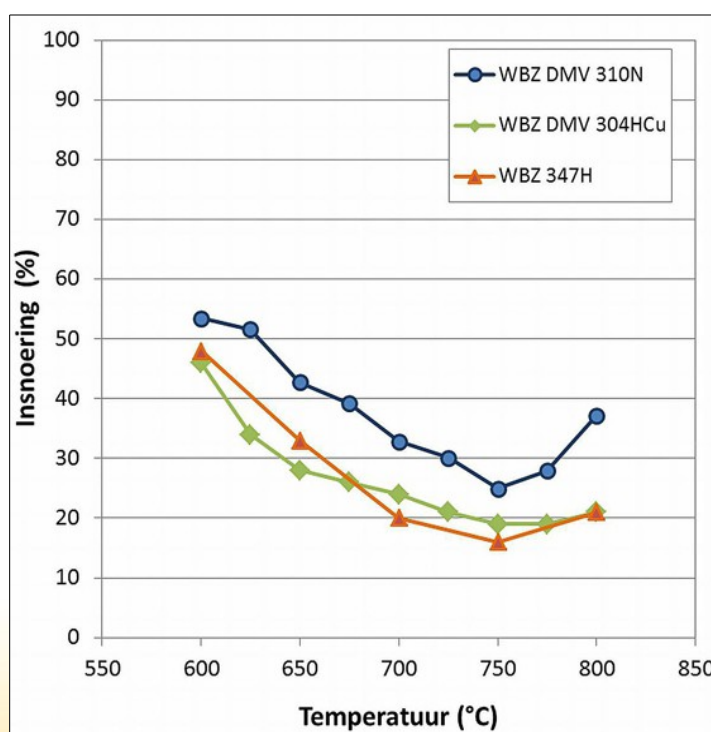
SLOTWOORD

Dit prenominatieve onderzoeksproject wordt gesubsidieerd door de FOD Economie. Aan dit onderzoek leveren volgende bedrijven een actieve bijdrage:

- CMI
- Cofely Fabricom
- Laborelec Gdf Suez
- Lincoln (Metrode)
- Salzgitter Mannesmann Stainless Tubes
- Sirris
- Soudokay (Böhler Welding)
- Stork Technical Services
- Nippon Steel & Sumitomo Metal
- Vallourec & Mannesmann Tubes
- VCL
- Vinçotte

Referenties

- [1] Metallerie, april 2011: Nieuwe generatie austenitische stalen, DMV 304HCu - J. Vekeman
- [2] Weldability of nuclear grade stainless steels - Lundin & Qiao, The University of Tennessee
- [3] Metallerie, april 2012: Nieuwe generatie austenitische stalen, DMV 304HCu - J. Vekeman



Figuur 4: resultaten proeven 'reheat cracking'

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