

NOUVELLE GENERATION D'ACIER AUSTENITIQUE

DMV 310N: SOUDABILITE ET PROPRIETES A HAUTE TEMPERATURE

Actuellement, l'Institut Belge de la Soudure mène, avec Laborelec comme partenaire, un projet de recherche prénormatif consacré au DMV 310N. L'objectif est de reprendre ce matériau dans la norme européenne harmonisée EN 10216-5 sous la dénomination X6CrNiNbN25-20. Le DMV 310N est produit par Salzgitter Mannesmann Stainless Tubes et est la version européenne du HR3C, développé par Sumitomo, pour être appliqué dans des petits tuyaux de (re)surchauffeur dans des centrales au charbon (ultra)supercritiques.

Par ing. Johan Vekeman (IBS)
Traduction: M.C. Ritzen (IBS)

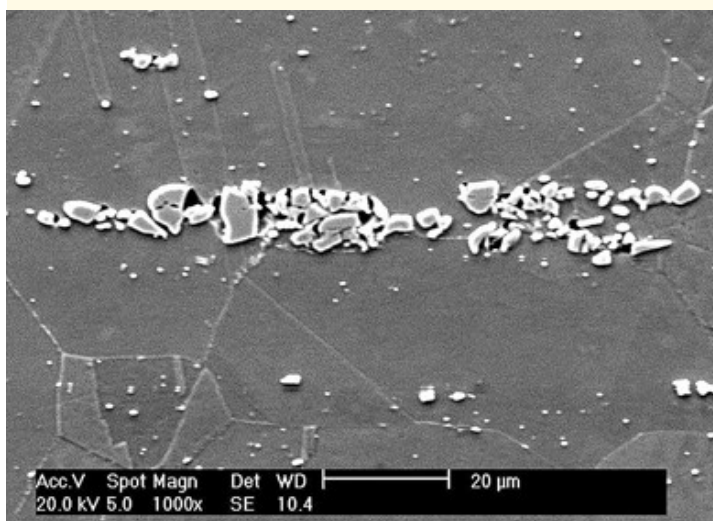


Figure 1: précipités contenant du niobium (vue par SEM: Scanning Electron Microscope)



Figure 2: phase à faible point de fusion (vue par microscope optique)

MATERIAU DE BASE

Le **tableau** en bas de la page donne la composition chimique du DMV310N.

Avant livraison, ce matériau a subi une déformation à froid pour obtenir les dimensions souhaitées des petits tubes (diamètre extérieur de 44,5 mm et épaisseur de paroi de 7,77 mm), suivie d'un recuit de mise en solution. Dans les grains, une microstructure complètement austénitique à gros grains (ASTM 4) avec des précipités contenant du niobium a été obtenue (**figure 1**).

Une étude de la soudabilité a été réalisée sur ce matériau afin d'examiner, entre autres, la tendance à la fissuration durant le soudage et le traitement thermique après soudage dans la zone affectée thermiquement (ZAT).

SENSIBILITE A LA FISSURATION A CHAUD

Après des simulations de soudage sur le DMV 310N et un examen métallographique, il est apparu que, suite à l'apport calorifique, des phases à faible point de fusion apparaissent (**figure 2**).

Ceci peut provoquer de la fissuration à chaud dans la ZAT ('liquation cracking'). Les fissures sont analogues à celles qui apparaissent dans le métal déposé ('solidification cracking') et sont la conséquence de l'humidification des joints de grains par des phases à faible point de fusion.

Juste en dessous de la température du solidus, certaines phases ou inclusions qui se trouvent sur un joint de grain, peuvent arriver à fusion plus tôt que les grains métalliques proprement dits. Elles s'écoulent comme des minces films qui, sous certaines conditions, peuvent humidifier plusieurs joints de grains. Par le retrait durant le refroidissement, les grains humidifiés peuvent glisser l'un

par rapport à l'autre ce qui provoque des fissures intergranulaires.

DES ESSAIS HOT DUCTILITY

La sensibilité à la fissuration à chaud dans la ZAT du DMV 310N a été déterminée par l'IBS à l'aide des essais 'hot ductility'.

Ces essais de traction à haute température permettent de déterminer la sensibilité à la fragilisation à haute température. La température est d'abord déterminée quand le matériau ne peut plus résister (Nil Strength Temperature - NST).

Une fois la NST déterminée, les éprouvettes sont soumises à un cycle thermique de soudage avec une température de pointe NST et ensuite à une force de traction durant le refroidissement. Pour les matériaux sensibles à la fissuration à chaud, une chute sensible de la température

apparaît avant que la ductilité du matériau ne soit restaurée (Ductility Recovery Temperature - DRT). Si l'intervalle de température (NST-DRT) est faible, alors la plage de températures dans laquelle des phases à faible point de fusion peuvent causer de la fissuration, est inexistante (0-50 °C) ou limitée (50-100 °C). Pour une différence de température supérieure à 100 °C, le matériau est sensible à la fissuration à chaud.

Les résultats (**figure 3**) montrent que le DMV 310N, coulée FO4154, contrairement à d'autres aciers austénitiques alliés au niobium de la série 300 tels que 347H et DMV 304HCu [1], n'est pas sensible à la 'liquation cracking' (NST-DRT = 1.340 °C - 1.295 °C = 45 °C). Une explication possible est la quantité d'azote. La recherche menée sur l'acier 347 [2], allié ou non à l'azote, fait apparaître que les phases à faible point de fusion formées sont constituées de Nb, C et N. L'azote semble avoir la propriété d'augmenter le point de fusion de l'eutectique. Dans le DMV310N (N: 0,14-0,36), il y a plus d'azote que dans le DMV304HCu (N: 0,04-0,13).

DMV 310N, COULEE FO4154, N'EST PAS SENSIBLE A LIQUATION CRACKING DANS LA ZAT APRES DES ESSAIS HOT DUCTILITY

COMPOSITION CHIMIQUE DU METAL DE BASE

MATERIAU	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	N
DMV 310 N COULEE FO4154	0,05	0,35	1,21	0,014	0,005	24,3	20,7	0,46	0,22

L'azote n'est pas ajouté intentionnellement au 347H.

SENSIBILITE A LA FISSURATION PAR RELAXATION DES CONTRAINTES

Les fissures qui apparaissent durant le traitement thermique après soudage dans la ZAT s'appellent fissures de relaxation des contraintes ou 'reheat cracks'. Les fissures de relaxation des contraintes peuvent également se former à des températures de service. Ce dernier point ne sera pas traité dans cet article.

En général, les aciers austénitiques résistants au fluage sont sensibles aux fissures de relaxation des contraintes. Les aciers austénitiques stabilisés au niobium (347H) ou au titane (321H) peuvent être très sensibles. Les fissures apparaissent dans la ZAT à gros grains, juste près de la ligne de fusion; elles sont intergranulaires et suivent les joints des grains austénitiques.

Le mécanisme peut être résumé comme suit: durant le soudage, la ZAT près de la ligne de fusion est réchauffée à très hautes températures, les carbures entrent en solution et un grossissement de grains peut apparaître. Durant le traitement thermique qui suit, une déformation va apparaître en raison de la relaxation des contraintes résiduelles. Durant le traitement thermique, de fins précipités intergranulaires se forment, ce qui donne une meilleure résistance aux grains qu'aux joints de grains. Dès lors, toute la déformation va se concentrer le long des joints des grains. Cette déformation par fluage locale élevée peut alors donner lieu à des fissures (triple point).

DES ESSAIS REHEAT CRACKING

La sensibilité du DMV 310N, coulée F04154, à la fissuration par relaxation des contraintes a été déterminée à l'aide d'essais de traction à chaud. Une zone à gros grains a d'abord été simulée dans des éprouvettes de traction qu'on a réchauffées jusque 1.350 °C et ensuite refroidies en un temps de refroidissement t8/5 de 15 secondes. Les éprouvettes ont ensuite été soumises à la traction jusqu'à la rupture à des températures situées entre 600 et 800 °C. Après rupture, la striction a été mesurée. La striction est une mesure de la sensibilité à la fissuration due au réchauffage. Sur base

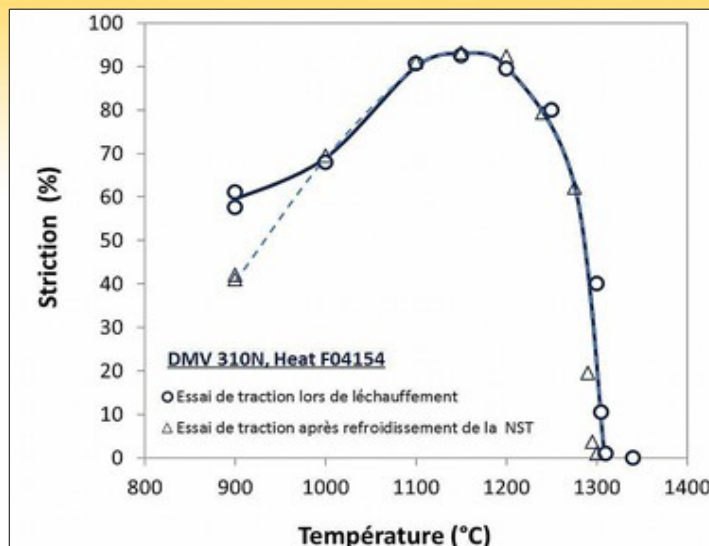


Figure 3: résultats des essais 'hot ductility'

de l'expérience acquise auparavant, une classification a été établie pour les aciers austénitiques pour lesquels une striction de moins de 20% indique que le matériau est sensible à la fissuration par relaxation des contraintes. D'après les résultats (figure 4), il apparaît que cette coulée présente une plus faible tendance à la fissuration par relaxation des contraintes que les autres aciers austénitiques résistants au fluage stabilisés (DMV304HCu [3], 347H). De plus, il faut noter que la striction en fonction de la température donne une courbe similaire avec une ductilité minimale à 750 °C, mais avec des strictions de plus de 20%. Les faibles différences en composition chimique qui assurent le renforcement du grain et des

limites de grains ou affaiblissent les limites de grains, en sont certainement les causes, mais ceci demande une recherche plus approfondie. Sur base de la striction mesurée,

le DMV 310N ne serait pas sensible mais l'examen métallographique montre que l'aspect de la cassure est bien intergranulaire à 750 °C avec, il est vrai, des aspects de cassure plus ductiles à la limite des grains; il faut donc être vigilant.

CONCLUSIONS

D'après l'étude de la soudabilité, la zone affectée thermiquement du DMV 310N, coulée F04154, ne présente pas de tendance à la fissuration à chaud durant le soudage ou à

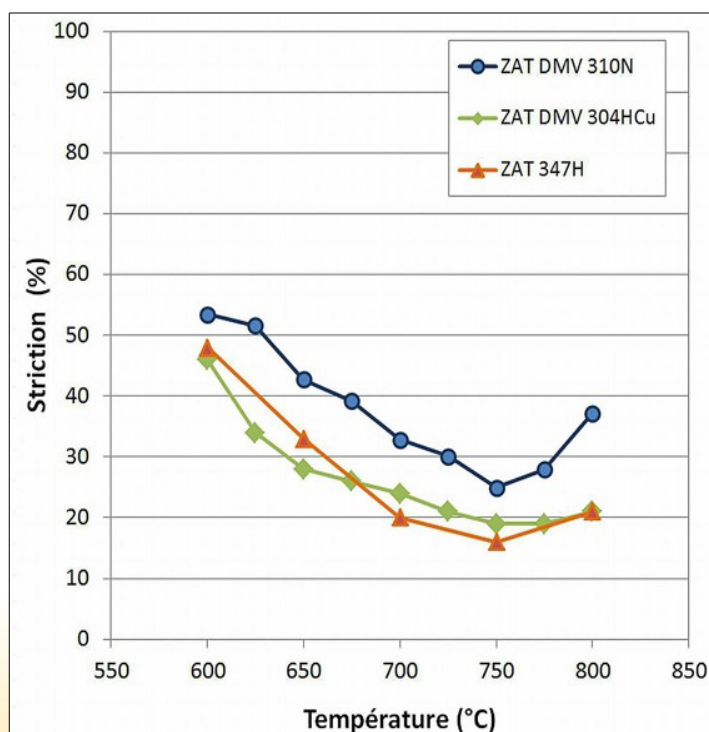


Figure 4: résultats des essais 'reheat cracking'

la fissuration par relaxation des contraintes lors d'un traitement thermique après soudage. Dans la suite de ce projet, des essais de soudures devront confirmer cette position.

REMERCIEMENT

Ce projet de recherche prénormatif a été subsidié par SPF Economie. Les sociétés suivantes ont contribué activement à cette recherche:

- 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
- CPS
- Vinçotte

Références

- [1] Metallurie, avril 2011: Nouvelle génération d'acier austénitique, DMV 304HCu - J. Vekeman
- [2] Weldability of nuclear grade stainless steels - Lundin & Qiao, The University of Tennessee
- [3] Metallurie, avril 2012: Nouvelle génération d'acier austénitique, DMV 304HCu - J. Vekeman

PLUS D'INFOS?

Institut Belge de la Soudure ASBL

Technologiepark 935
B-9052 Zwijnaarde

Tél.: +32 (0)9/292.14.00
Fax: +32 (0)9/292.14.01

www.bil-ibs.be
info@bil-ibs.be

