

LA NOUVELLE GÉNÉRATION D'ACIERS 2^{1/4}Cr MODIFIÉS

T23/P23 ET T24/P24: SOUDABILITÉ ET PROPRIÉTÉS À HAUTE TEMPÉRATURE

L'objectif premier de ce projet de norme est de rassembler des données pour la nouvelle norme européenne relative aux matériaux à haute température et leurs applications. On examinera plus spécifiquement si, lors du soudage de la nouvelle génération d'aciers 2^{1/4}Cr, le préchauffage et/ou le traitement thermique après soudage (PWHT) sont nécessaires. De plus, tous les matériaux seront testés quant à leur sensibilité au reheat cracking. Le comportement au fluage des tubes soudés sera également étudié. À partir des résultats, on établira des recommandations pratiques.

Par Ing. J. Vekeman, Centre de Recherche de l'IBS

(Traduction: M.C. Ritzen, IBS)

RÉSUMÉ

La recherche est axée sur les aciers 2^{1/4}Cr modifiés T24/P24 et T23/P23, où des additions de V, Ti, B et/ou W, Nb et une teneur en carbone limitée (0,05-0,10%) assurent une résistance au fluage élevée combinée à une hausse limitée de la dureté après soudage. Ceci offre de nombreuses perspectives d'applications intéressantes dans l'industrie de l'énergie et l'industrie (pétro)chimique.

Le manque de norme européenne (aucun de ces deux matériaux n'est mentionné dans les normes EN) et internationale est un obstacle sérieux pour l'application de ces nouveaux matériaux. C'est pourquoi tous les résultats de la recherche seront introduits dans le projet COST 522 international,

réalisé actuellement à plus grande échelle. Les données sont ainsi confiées à des organisations qui

LE MANQUE DE NORME EUROPÉENNE ET INTERNATIONALE EST UN OBSTACLE SÉRIEUR POUR L'APPLICATION DE CES NOUVEAUX MATÉRIAUX

s'occupent intensivement de la normalisation des matériaux. Il est important de noter que depuis 2002, la nouvelle PED (Pressure Equipment Directive - 97/23/EC) est d'application. Cette directive définit les exigences essentielles de sécurité auxquelles doivent

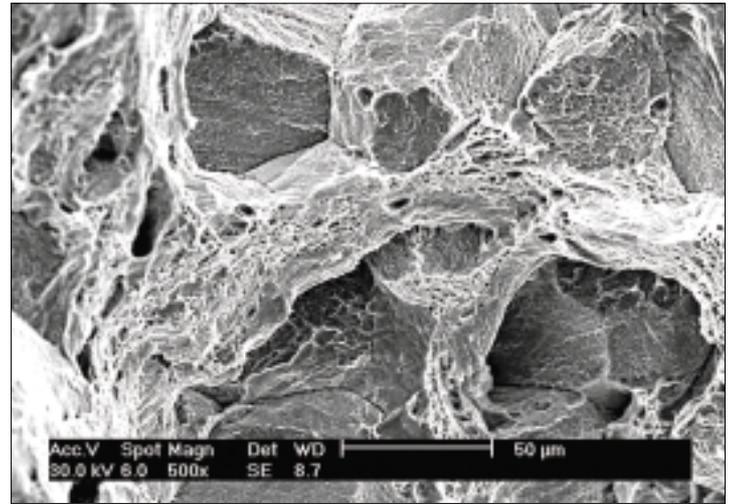


Photo SEM d'éprouvettes de traction de simulation de soudage à 700 °C. Pour P24 l'aspect de la cassure est mixte ductile-intergranulaire avec propriétés ductiles sur les joints de grains.

satisfaire les nouveaux appareils ou les nouvelles installations. Dans cette directive, trois méthodes sont possibles pour pouvoir utiliser un matériau. La voie la plus indiquée est la référence à une "Norme européenne harmonisée de produits et matériaux". Les résultats obtenus au cours de ce projet contribueront certainement à l'enregistrement de ces nouveaux matériaux dans une norme harmonisée de produits ou de matériaux. L'IBS veut ainsi apporter une large contribution à la normalisation européenne et internationale des nouveaux aciers 2^{1/4}Cr modifiés.

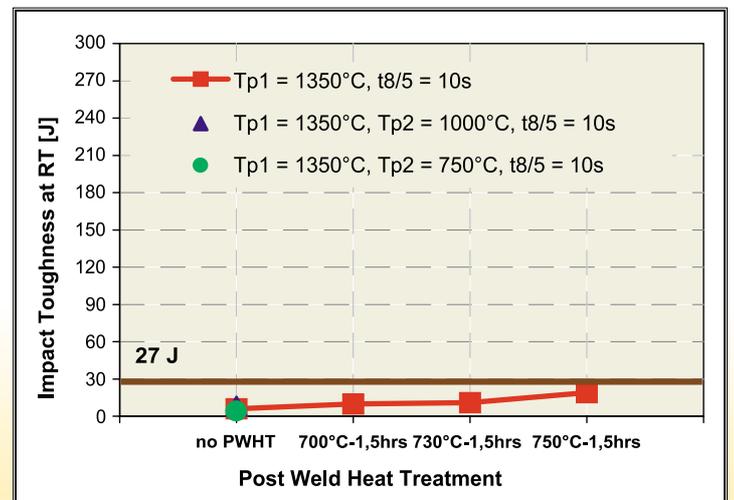
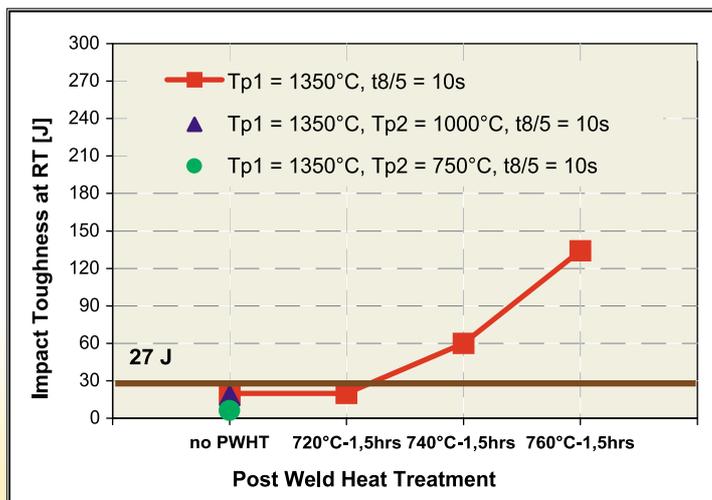
Après une caractérisation du métal de base (tube and pipe), on a principalement axé la recherche, durant la première année, sur la soudabilité de ces matériaux. Des éprouvettes de résilience et de

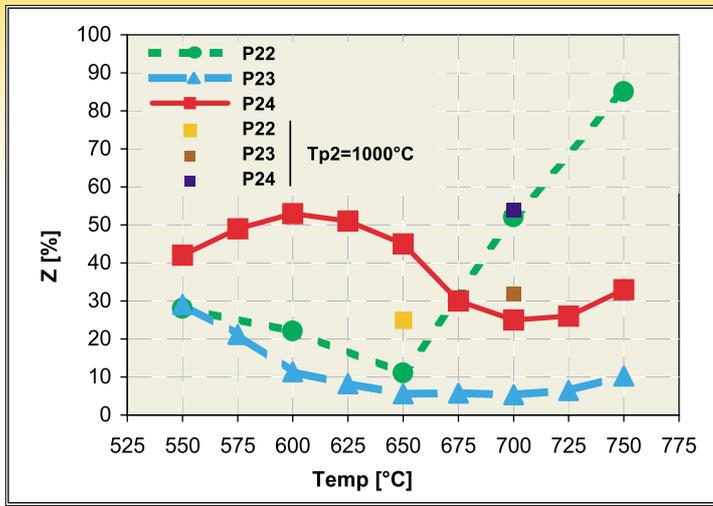
traction ont été soumises à un cycle thermique simple ou double, correspondant à une soudure réelle. Les principaux résultats sont résumés ci-après.

ESSAIS DE SIMULATION DE SOUDAGE

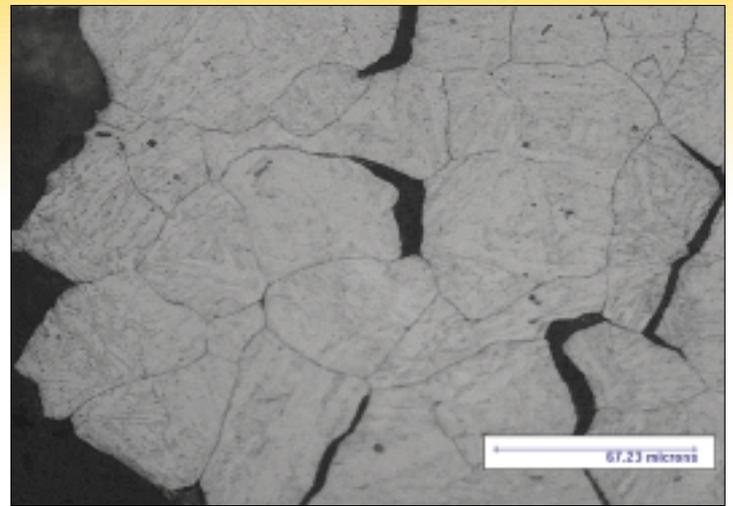
Lors des simulations de soudage sur les éprouvettes de résilience, on a examiné l'influence de la température de pointe et le temps de refroidissement sur la dureté, la ductilité et la microstructure. Afin de déterminer si un traitement thermique après soudage est nécessaire, on a utilisé les critères suivants: dureté maximale de 350HV10 et résilience minimale à température ambiante de 27 J (34 J/cm² pour les tubes) - Pour le T23, les duretés se

Influence d'un deuxième cycle thermique avec une température de pointe Tp2 et un traitement thermique après soudage (PWHT) sur la résilience à température ambiante d'éprouvettes de résilience en simulation de soudage.





Reheat cracking dans la zone influencée thermiquement en simulation de soudage (Tp1 = 1.350 °C, t8/5 = 20 s)



Reheat cracking dans P23

situait en-dessous de 350HV10 et la résilience moyenne était toujours plus élevée que 34 J/cm² après simulation de soudage simple. Un deuxième cycle de soudage avec une température de pointe de 750 °C et un temps de refroidissement t_{7/4} entre 700 °C et 400 °C de 15 s a une influence néfaste sur la résilience (10 J/cm²) et la dureté (367HV10).

- Pour le P23, un traitement thermique après soudage est nécessaire afin de diminuer la dureté pour un temps de refroidissement t_{8/5} entre 800 °C et 500 °C de 10 s à partir de 1.350 °C et afin d'augmenter la résilience à température ambiante dans la zone influencée thermiquement à gros grains. Lors d'un PWHT, la température de maintien doit être au moins de 740 °C avec un temps de maintien de 1,5 heure afin d'augmenter la résilience.

- Pour le T24, la résilience était inférieure à 34 J/cm² uniquement dans la zone à gros grains avec le temps de refroidissement le plus rapide (10 s). La dureté maximale (352HV10) a été trouvée à

1.200 °C, temps de refroidissement 10 s. Un PWHT de 735 °C durant 30 minutes donne des valeurs acceptables pour la dureté et la résilience.

- Pour le P24, un traitement thermique après soudage est nécessaire afin d'augmenter la résilience à température ambiante dans la zone influencée thermiquement à gros grains. Un PWHT à 700, 730 ou 750°C avec un temps de maintien de 1,5 heure n'a eu aucune influence marquante sur la résilience.

ESSAIS DE REHEAT CRACKING

Lors des essais de reheat cracking, on a examiné la sensibilité aux fissures intergranulaires du matériau à température de service ou après un traitement thermique (550 °C à 750 °C). De plus, un essai de traction isotherme sur des éprouvettes de traction de simulation de soudage (Tp1 = 1.350 °C, t8/5 = 20 s) a été réalisé. Une striction inférieure à 20 % est une indication que le

matériau est sensible au reheat cracking.

- Le T23 allié à du V, Ti, B, Nb, W à grains fins (ASTM 7) est légèrement sensible au reheat cracking quand un traitement thermique après soudage (PWHT) entre 700 °C et 760 °C est appliqué. À température de

LORS DES ESSAIS DE REHEAT CRACKING, ON A EXAMINÉ LA SENSIBILITÉ AUX FISSURES INTERGRANULAIRES DU MATÉRIAU À TEMPÉRATURE DE SERVICE OU APRÈS UN TRAITEMENT THERMIQUE (550°C À 750°C)

service (maximum 585 °C) et sans PWHT, le matériau n'est pas sensible au reheat cracking.

- Après un PWHT, le P23 à gros grains (ASTM 5) est très sensible au reheat cracking lors de la simulation d'une seule passe de soudure.

Pour une double passe de soudure en simulation avec une deuxième température de pointe de 1.000 °C, la striction atteint plus de 20 %, ce qui montre qu'une multipasse en simulation élimine le reheat cracking.

- Les T24/P24 alliés à du V, Ti, B à grains fins (ASTM 8 et ASTM 9 respectivement) ne sont pas sensibles au reheat cracking. De grandes strictions ont été mesurées lors des essais de traction isotherme sur des éprouvettes de simulation de soudage.

Les résultats ont été présentés lors de la réunion COST à Freiburg (D). De plus, l'IBS travaille en collaboration avec le TNO (Pays-Bas) qui réalise un projet complémentaire. Les données des essais sont échangées, ce qui donne une plus-value à ces deux projets.

POURSUITE DE LA RECHERCHE

Une recherche sur soudures circulaires réelles permettra d'estimer la soudabilité de ces matériaux. Toutes les entreprises ont démarré le soudage. Les deux aciers 21/4Cr ont été soudés avec le procédé TIG (Gas Tungsten Arc Welding ou GTAW), le procédé avec électrodes (Shielded Metal Arc Welding ou SMAW) et le procédé sous flux (Submerged Arc Welding ou SAW) pour former des assemblages homogènes ou hétérogènes. Au cours de l'année 2003, ces soudures circulaires feront l'objet d'examens destructifs et non destructifs et les résultats seront comparés aux résultats déjà obtenus. Enfin, des

recommandations seront établies pour la mise en oeuvre en toute sécurité de ces nouveaux matériaux. Les entreprises suivantes collaborent à cette recherche: Vallourec & Mannesmann, Böhrer-Thyssen, Air Liquide/Saf-Oerlikon, Fabricom, CMI: Cockerill Mechanical Industries, CIP: Carnoy Industrial Piping, Stork-Mec, Laborelec, Aib-Vincotte, CRIF, VCL: Vervolmakingscentrum voor Lassers. □

Ing. Johan Vekeman

Photo SEM d'éprouvettes de traction de simulation de soudage à 700°C. L'aspect de la cassure P23 est clairement intergranulaire

