



Introduction...

JUILLET 2014

Toujours dans l'optique de mieux comprendre les enjeux des métallurgistes pour différents secteurs d'activités, **Métallo Corner** aborde ce mois-ci le thème des aciers Hadfield qui semble peu étudié de nos jours en France mais qui réunira de nombreux industriels lors du 2^{ème} congrès international sur les aciers au Manganèse à Aix la Chapelle début septembre en Allemagne, en sachant que le premier avait eu lieu à Séoul en 2011. Bien entendu, ces congrès ne sont pas focalisés uniquement sur les aciers Hadfield mais également sur les aciers à bandes TRIP et TWIP, que nous aborderons un jour ou l'autre dans le cadre de nos newsletters compte tenu de l'importance de ces familles d'alliages.

Commençons par un peu d'histoire : en 1878, Robert Abott Hadfield élabore un acier tenace pour des taux de manganèse de l'ordre de 10% et un rapport Mn/C ~ 10. L'acier austénitique au manganèse, appelé encore acier Hadfield, est né. L'austénite instable de cet acier se durcit sous contraintes (choc, fatigue de contact, ...) de sorte que les pièces réalisées dans cette nuance acquièrent en surface des duretés élevées leur permettant de résister à l'usure abrasive, tandis qu'elles conservent intérieurement une haute ductilité et une ténacité importante.

Le phénomène entraînant ce durcissement est associé à la transformation de la matrice austénitique en martensite d'écrouissage (effet TRIP : Transformation Induced Plasticity). C'est principalement pour cette raison que l'on retrouve principalement ce type de nuance dans le monde du bâtiment et des travaux publics et dans le secteur de l'extraction du minerai pour des applications telles que :

- Marteaux de broyeurs fonctionnant par chocs, dents de godets de pelleuse, rebords d'écopes de broyeurs à boulets, lames de scrapers, des grilles de cribles ...
- Blindage de broyeurs à boulets et à barres, boulets de broyage pour broyage humide de minerais siliceux, boulets de broyage pour broyage humide de laitier, boulets de broyage pour le ciment calciné.

On utilise également ces nuances dans le ferroviaire, pour les déchiqueteurs à marteaux pour le recyclage des pièces d'automobiles ou pour la fabrication des patins de chenilles.

On peut également retrouver les aciers au manganèse pré-durcis pour des applications soumises à l'érosion telles que les tuyères de sablage, les revêtements intérieurs de projecteurs de sable, les ailettes de couronne mobile de pompes rotatives ou les appareils de pulvérisation du charbon pour le secteur de la production d'électricité.

Ces matériaux sont fragiles dans leur état brut de coulée, mais leur ténacité peut être grandement accrue en les soumettant à un traitement thermique d'hypertrempe.

Une propriété, beaucoup moins connue intéresse, également les métallurgistes : la superplasticité à haute température mise en évidence par des tests de traction à chaud. On peut obtenir des allongements 4 fois supérieurs à des aciers traditionnels vers 800°C (250 à 420%). L'obtention de cette aptitude nécessite une microstructure ultrafine équiaxe de la matrice austénitique, qui devra être la plus stable possible pendant les déformations.

De nombreux travaux ont également été menés sur la composition chimique de ces alliages associée à l'élaboration de gammes de traitement thermomécaniques appropriées afin de limiter la taille des



grains. L'utilisation d'éléments d'addition tels que le chrome, le nickel ou le molybdène permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques, d'augmenter la trempabilité et de réduire la proportion de phase fragilisante (carbures).

Axes de travail identifiés...

Après cette brève introduction concernant ce type de nuance et ses applications industrielles, focalisons nous sur les principales thématiques de réflexion qui concernent à la fois les mécaniciens et les métallurgistes.

La dualité : ségrégation mineure et taille de grain : A l'état brut de fonderie, nous sommes en présence d'une structure dendritique constituée d'austénite plus ou moins riche en manganèse et de carbures complexes de fer et de manganèse transgranulaire et intergranulaire qui tendent à fragilisent l'édifice cristallin.

Il est donc important d'effectuer une mise en solution de la structure décrite afin d'homogénéiser la composition chimique de la structure équiaxe. Ce traitement réalisé à plus de 1000°C permettra d'obtenir des caractéristiques mécaniques plus isotropes mais aura tendance à grossir les grains principalement si l'ensemble des carbures intergranulaires sont dissout.

Comme très souvent en métallurgie, il faudra faire des compromis entre l'atténuation des ségrégations mineures et la réduction de la taille de grain. Un choix souvent difficile devra être fait entre les responsables produits, les experts métallurgistes et les personnes en charge de la production.

La forte tendance à la décarburation : Les traitements thermiques sous air à haute température entraînent une décarburation qui sera d'autant plus importante que l'acier contient du carbone en solution solide dans la matrice. Pour les aciers au manganèse, ce phénomène peut affecter la matrice sur plusieurs dixièmes de millimètres.

Il sera important de se positionner sur l'impact de cette évolution de la composition chimique sur l'utilisation de ces alliages pour les parties non usinées. En revanche, si l'on prévoit une surépaisseur qui sera ôtée par enlèvement de matière, ce problème disparaîtra mais d'autres pourront voir le jour (voir chapitre suivant).

L'usinage : L'aptitude au durcissement de ces alliages présente certains inconvénients notamment lors de l'usinage et plus particulièrement lors des opérations de perçage. En effet, lors de cette opération, il va se produire une transformation de phase (maclage et formations de bandes de glissement) qui limitera la pénétration du foret dont la dégradation sera accélérée. Il est donc indispensable d'adapter l'outil, les conditions de coupes et la fréquence d'affûtage ou de changement d'outil à l'alliage utilisé.

Le durcissement par explosion : Utilisé dans le monde ferroviaire, le durcissement par explosion de certains éléments fortement sollicités permet d'augmenter la tenue en fatigue de contact par une



augmentation de la dureté et la mise en précontrainte de la surface est également un sujet où il y a fort affaire pour les métallurgistes.

Le soudage : La soudabilité des aciers austénitiques au manganèse est limitée par sa tendance à la fragilisation pendant le chauffage et le refroidissement. En règle générale la température entre passes ne doit en aucun cas dépasser 200°C. Pour cela, le contrôle de la température pendant le soudage est indispensable. Ces aciers doivent être soudés selon les recommandations suivantes :

- Apport d'énergie le plus faible possible par un courant de soudage faible,
- Passes étroites au lieu de passes balayées,
- La pièce peut être plongée dans l'eau pour le refroidissement.

On évitera donc de préchauffer et de post-chauffer après soudure. Le choix du métal d'apport, des conditions de soudage et des techniques de validation de l'assemblage sont autant de thèmes qui préoccupent les métallurgistes et les mécaniciens.

Au passage, l'impact de la microstructure sur la propagation des ondes ultrasonores dans le cadre du contrôle des assemblages soudés pose encore beaucoup de problème....

Le rechargement : La réparation des fissures ou la reconstitution du métal sont normalement effectuées par rechargement des matériaux usés, suivi d'un rechargement dur afin d'augmenter la durée de vie des pièces. Avant le rechargement des pièces très usées en acier Hadfield, il est recommandé de beurrer la pièce avec des métaux d'apport austénitiques. Ensuite on peut effectuer le rechargement avec un type à 13% manganèse.

Pour augmenter la dureté initiale du métal déposé brut de soudage et pour améliorer la résistance initiale contre l'usure, on peut effectuer un rechargement dur avec des métaux d'apport alliés au chrome. C'est aussi possible avec de nouvelles pièces dans le but d'une protection préventive.

La mesure de dureté : Il est assez difficile de déterminer la dureté de cet acier à l'état austénitique. Comme nous l'avons vu, il s'agit d'un alliage ductile qui s'écrouit facilement. La capacité d'écrouissage de ce métal dépend de la sollicitation qui provoque la déformation. La valeur de la dureté mesurée dépendra donc des conditions d'essais : de la charge appliquée.

La variation de la valeur de dureté suivant la charge suit une loi anormale, ce qui explique la nécessité d'effectuer plusieurs mesures (environ une quinzaine) afin de donner une valeur moyenne pour la zone caractérisée.

Epilogue ...

Encore une fois, on sent bien qu'un dialogue doit systématiquement s'établir entre le mécanicien et le métallurgiste lorsque l'on s'intéresse aux aciers Hadfield. Après une rapide analyse de la situation, on se rend compte qu'il existe de nombreux sujets d'étude concernant l'utilisation de ce type d'alliage, alors que peu de questions sont soulevées actuellement sur le sujet. Si vous aussi ou votre entourage comme **Métallo Corner**, vous vous intéressez par l'ensemble de ces points qui permettront d'améliorer la fabrication et la durée des produits soumis à la fatigue de contact à l'abrasion, alors n'hésitez pas à nous contacter, nous avons probablement un petit bout de chemin à faire ensemble... Bonne saison estivale, on se retrouve en septembre pour aborder le sujet des aciers utilisés dans le domaine pétrolier.