

# **Effet de certaines opérations de fabrication sur les propriétés des matériaux**

François ROCH  
PEEMM-F

Materials, Chemistry & Technology Department  
Engineering & Projects  
AREVA

1, place Jean Millier 92084 Paris La Défense Cedex

Les propriétés des matériaux métalliques dépendent des nombreuses opérations de fabrication dont ils sont issus, depuis les étapes d'élaboration du métal liquide jusqu'au traitement thermique final. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les pièces forgées constitutives des composants lourds des centrales nucléaires, fabriquées à partir de lingots de très grandes dimensions.

Ainsi, une pièce forgée massive en acier bainitique voit ses propriétés dépendre par exemple des conditions locales de solidification du lingot dont elle est issue, de la vitesse de refroidissement locale lors du traitement thermique de qualité et plus généralement de l'ensemble des traitements thermomécaniques mis en œuvre. Suivant la forme de ces pièces, les procédés de fabrication ont été adaptés afin d'obtenir le meilleur compromis coût de fabrication – propriétés finales.

Cette dépendance des propriétés vis-à-vis des procédés de fabrication est également observée pour des pièces plus minces telles que les pièces en alliage de nickel : c'est surtout leurs traitements thermomécaniques qui conditionnent la résistance à la corrosion de ces pièces. L'objet de cet exposé est de mettre en évidence l'importance de la connaissance et de la maîtrise de certaines opérations de fabrication qui s'avèrent suivant les cas déterminantes vis-à-vis du cahier des charges que doit remplir la pièce finale.

# Détermination expérimentale et modélisation de la croissance du grain austénitique dans un acier 2.25Cr-1Mo sans vanadium

S. Dépinoy<sup>1,2</sup>, C. Toffolon-Masclot<sup>1</sup>, A-F. Gourgues-Lorenzon<sup>2</sup>, E. Kozeschnik<sup>3</sup>, B. Marini et F. Roch

<sup>1</sup>CEA-DEN/DANS/DMN/SRMA, 91191 Gif sur Yvette cedex, France.

<sup>2</sup>MINES ParisTech - Centre des Matériaux, UMR CNRS 7633, BP 87, 91003 Evry cedex, France.

<sup>3</sup>Institute of Materials Science and Technology, Vienna University of Technology, Austria.

Les aciers bainitiques 2.25Cr-1Mo sont connus pour posséder de bonnes propriétés mécaniques en traction ainsi qu'une bonne résistance à la propagation de fissures. Toutefois, lors de la trempe de pièces épaisses, le gradient de vitesse de refroidissement qui existe dans l'épaisseur est susceptible de favoriser la formation de ferrite au coeur de la pièce, cette ferrite dégradant les propriétés mécaniques de l'acier.

L'apparition de la ferrite peut être retardée vers des vitesses de refroidissement lentes en augmentant la taille du grain austénitique. Cependant, la croissance du grain austénitique doit être contrôlée : un grain trop gros peut en effet fragiliser le matériau en augmentant la température de transition ductile-fragile.

Le but de cette étude est de modéliser la cinétique de croissance du grain austénitique dans un acier 2.25Cr-1Mo sans vanadium. Les paramètres de l'équation analytique classique, dite « Equation de Beck », ont été déterminés à l'aide des mesures expérimentales de taille moyenne de grain austénitique. En parallèle, la croissance des grains a été simulée numériquement avec le logiciel Matcalc. Dans ce modèle, la croissance du grain austénitique dépend de la mobilité des joints de grains et des forces motrices, mais également des précipités qui épinglent les joints de grains et limitent donc la croissance. Dans notre approche, la nature et la distribution en nombre de ces précipités sont déterminées à l'aide de la composition chimique de l'acier ainsi qu'en simulant leurs cinétiques de précipitation lors des traitements thermiques. Les résultats expérimentaux et de modélisation sont comparés, mettant en évidence un bon accord.

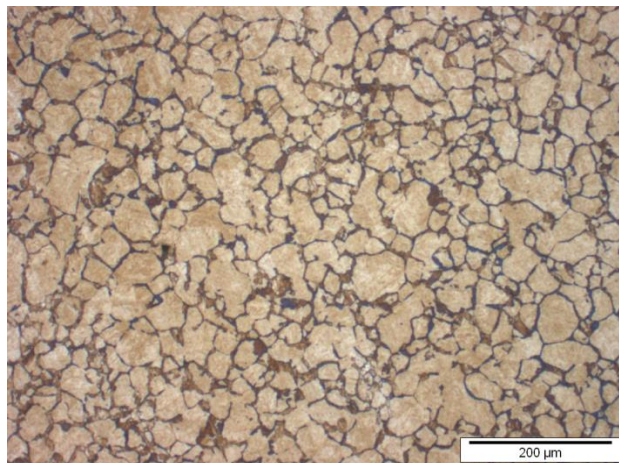


Figure 1: Observation des ex-grains austénitiques d'un acier 2.25Cr – 1Mo.

# Microstructural parameters that control impact toughness of an air-cooled bainitic steels

Victor Bordereau

*MINES ParisTech - Centre des Matériaux,  
UMR CNRS 7633, BP 87, 91003 Evry cedex, France.*

In order to rationalize further development of air-cooled bainitic steels, which often present a multi-phase and multi-scale microstructure, links between microstructure and impact toughness have been identified using several quantitative microstructural characterization methods and qualitative fractography and damage studies. The obtained mix of cementite-free upper and granular bainite microstructures exhibit ductile-to-brittle transition fracture surfaces following impact toughness tests at 20°C. Impact toughness was found to be governed by, in decreasing order of influence:

- The amount of harmful inclusions acting as cleavage initiation sites. The later brittle fracture initiates, the better the impact toughness.
- The capacity of ductile cracking to absorb energy before cleavage initiation which is mainly controlled by the amount of retained austenite.
- The capacity of brittle fracture to absorb energy:
  - The more frequently the crack is deflected by high-misorientation boundaries, the higher the absorbed energy.
  - Secondary phases also absorb energy by creating local crack deviation.