



Séminaire du 22 mars 2019



La rupture ductile :
Le cas des aciers et des alliages de titane

Intérêt d'un modèle de prévision de l'énergie à rupture pour l'optimisation des cycles de trempe-revenu.

André GALTIER^a

^a ASCOMETAL France Holding, Centre de Recherche CREAS, BP 70045 avenue de France, 57301 Hagondange, France.

La société Ascometal (filiale du groupe Schmolz et Bickenbach) fabrique des produits longs d'aciers spéciaux en particulier pour les marchés Automobile/Forge, Roulement, Pétrole/gaz et Industries Mécaniques.

La filière de production est basée sur le recyclage de ferrailles, sur une coulée en lingots ou en continu suivie d'une phase de laminage pour produire des barres.

Pour une partie de la production, l'acier subi un traitement thermique afin de lui donner ses propriétés finales. Nous nous concentrerons sur les trempes + revenus. Après avoir détaillé la chaîne de production, nous verrons les difficultés liées au choix du cycle de traitement thermique pour obtenir les barres satisfaisant les cahiers des charges de nos clients.

Depuis plus de 30 ans, Ascometal utilise, pour le réglage des températures et temps de traitement, un modèle de prévision des phases métallurgiques et des propriétés simples comme la dureté et la résistance en traction : Le modèle AscoJominy.

La réussite sur les valeurs de flexion par choc, n'est alors que constatée par essais à la fin de la production ce qui peut alors nécessiter un « remaniement » coûteux.

Nous terminerons par exprimer le rêve que l'on souhaite réaliser sur ce sujet à l'ère de l'industrie 4.0.

Lien entre microstructure et endommagement ductile des aciers à haute résistance

Frank TIOGUEM^{ab}, Matthieu MAZIERE^b, André GALTIER^a, Anne-Françoise GOURGUES LORENZON^b

^a ASCOMETAL France Holding, Centre de Recherche CREAS, BP 70045 avenue de France, 57301 Hagondange, France.

^b MINES ParisTech – PSL Research University - Centre des Matériaux, UMR CNRS 7633, BP87 – Evry cedex, France.

Les aciers à haute résistance de type 40CrMo4 sont des nuances trempées et revenues destinées au domaine pétrolier pour la fabrication des pièces de forage off-shore. Ces pièces, soumises à des sollicitations diverses en service, ne doivent pas rompre de manière catastrophique. Une bonne résilience est donc recommandée et l'essai de flexion par choc, Charpy, est l'essai de référence matière des cahiers de charges clients pour garantir ses propriétés à rupture.

Dans cette étude, nous avons établi un lien quantitatif entre microstructure et endommagement ductile en deux étapes. Dans un premier temps, une barre Ø180 mm a subi une austénitisation à 875°C-25min suivi d'une trempe à l'eau. Elle a ensuite été revenue à 600°C pendant 3h. Des prélèvements ont été réalisés à 25 mm puis 55 mm de la peau de la barre afin d'obtenir, respectivement, les échantillons P et M. Les deux échantillons de ce niveau de traitement correspondent à la configuration 130 ksi. Les microstructures des échantillons P et M sont respectivement de type martensite + 6% bainite inférieure, puis martensite + 15% bainite (supérieure et inférieure). Par la suite, sur les échantillons P et M de la configuration 130 ksi, des revenus additionnels ont été réalisés autour de 690°C -1h et 720°C-4h afin d'obtenir, les configurations 110 ksi et 90 ksi. Dans un second temps, les échantillons de chacune des configurations ont été caractérisés aux moyens d'analyses microstructurales et mécaniques. Les premières analyses portaient sur la quantification des entités microstructurales connues pour leur influence sur la rupture ductile. Une méthode d'estimation de la distance intercarbure a été développée pour des mesures plus réalistes. Les analyses mécaniques ont porté sur des essais de traction à l'ambiante, afin d'évaluer le comportement élastoplastique des microstructures étudiées, puis des essais Charpy dans la gamme de température correspondant au plateau ductile, afin d'évaluer leur comportement à rupture dans le domaine ductile.

Les résultats montrent que les microstructures P sont plus résistantes que les M, du fait de la présence de bainite supérieure contenue dans les microstructures M. Cependant, il est envisageable que la bainite confère aux microstructures M une meilleure capacité d'absorption de l'énergie à rupture sur le plateau ductile. En effet, la diminution du niveau de résistance des microstructures M est accompagnée d'une augmentation de leur énergie au plateau ductile. Les inclusions sont d'avantages présentes dans les échantillons issus de la position M sur la barre. Les premières cavités ductiles semblent se former au voisinage des inclusions, mais ce sont les carbures qui pilotent l'endommagement, puis le mécanisme de rupture ductile de ces aciers, car ils couvrent plus de 90% des faciès de rupture. Un lien quantitatif a été établi entre énergie au plateau ductile et microstructure ; il suggère que l'amélioration des performances à rupture ductile de ces aciers passe par l'augmentation de la distance intercarbure.

Nouveaux alliages de titanes transformables par déformation : en quoi sont-ils si particuliers ?

Chloé VARENNE^{a, b}, Frédéric PRIMA^b, Cédrik BROZEK^b, Julie BOURGON^c,
Jacques BESSON^a, Anne-Françoise GOURGUES-LORENZON^a

^a MINES ParisTech, PSL Research University, Centre des Matériaux, UMR CNRS 7633, BP 87, 91003 Evry cedex, France

^b Chimie ParisTech, PSL Research University, Institut de Recherche de Chimie Paris, IRCP, Equipe de Métallurgie Structurale, UMR CNRS 8247, 11 rue Curie, 75005 Paris, France

^c UPE Université Paris Est, ICMPE (UMR 7182) CNRS-UPEC, 94320, Thiais, France

Les alliages de titane conventionnels possèdent généralement une ductilité et un écrouissage modérés (respectivement 15 % et 80 MPa), qui limitent leurs utilisations dans un domaine plus large qu'actuellement (biomédical, automobile, aéronautique). Cependant, une amélioration des propriétés de ces alliages est nécessaire, au vu de leur faible densité, intéressante dans des perspectives d'allègement de structure.

Portés par cette demande croissante de développement, les alliages de titane β -métastables transformables par déformation ont été conçus afin d'élargir la gamme d'applications des alliages de titane. En effet, contrairement aux alliages de titane conventionnels, cette famille d'alliages récente présente une combinaison de propriétés sous sollicitation quasi-statique nettement améliorée : une résistance mécanique moyenne de 1000 MPa, un allongement homogène pouvant aller jusqu'à 35 % couplé à un fort écrouissage (environ 500 MPa).

Les mécanismes de déformation de ces récents alliages sont maintenant bien connus : ce sont les effets Transformation Induced Plasticity (TRIP) et Twinning Induced Plasticity (TWIP). Néanmoins peu d'études s'attardent sur le comportement et les mécanismes de rupture des alliages TRIP/TWIP. De plus, des questions subsistent sur les propriétés mécaniques de ces alliages sous sollicitations dynamiques, notamment quant à la conservation de la transformabilité de la phase β à vitesse de déformation élevée.

Cet exposé propose donc une comparaison des propriétés quasi-statiques et dynamiques des alliages de titane TRIP/TWIP avec celles du TA6V mais aussi des aciers TRIP/TWIP, qui présentent les mêmes mécanismes de déformation. On s'attachera à pointer les particularités de la rupture des alliages de titane TRIP/TWIP qui permettront ensuite de corréliser mécanismes de rupture et de déformation.



Vous pouvez nous contacter :

- Par courrier postal :

Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt
Mines ParisTech
CNRS UMR 7633, BP 87 91003 Evry, France

- Par téléphone : +33 (0)1 60 76 30 00
- Par fax : +33 (0)1 60 76 31 50
- Par courrier électronique : semteam@mat.mines-paristech.fr
- Site web : <http://www.mat.mines-paristech.fr>

Equipe séminaire :

Hugo LAUNAY
Cléa PLOUZE
Mélanie THEVENEAU