

Soutenance de thèse de Quentin TONIZZO

Lien microstructure-comportement à rupture d'aciers de troisième génération à structure duplex pour application automobile

Date de soutenance : lundi 4 décembre 2017 à 10h00

Adresse de soutenance : MINES ParisTech 60, boulevard Saint Michel 75272 Paris cedex 06 – salle V 334

Directeurs de thèse : Anne-Françoise GOURGUES, Matthieu MAZIERE

devant le jury composé de :

Damien FABREGUE	Professeur	INSA Lyon	Rapporteur
Sébastien ALLAIN	Professeur	Ecole Nationale Supérieure des Mines de Nancy	Rapporteur
Véronique AUBIN	Professeur	Centrale Supélec	Examineur
Benoît TANGUY	Ingénieur de recherche HDR	CEA Saclay	Examineur
Anne-Françoise GOURGUES-LORENZON	Professeur	MINES ParisTech	Examineur
Matthieu MAZIERE	Professeur	MINES ParisTech	Examineur
Astrid PERLADE	Ingénieur de recherche	Arcelor Mittal Maizières	Examineur

Mots clés: Aciers pour l'automobile, Microstructure duplex, Effet TRIP, Comportement à rupture, Transition ductile/fragile

Résumé :

Pour répondre à la demande croissante d'allègement des véhicules automobiles, les aciéristes développent une nouvelle gamme d'aciers à Très Haute Résistance (THR), dite de troisième génération. Cette thèse, inscrite dans le projet ANR MATETPRO « MeMnAl Steels », s'intéresse plus particulièrement à deux nouvelles familles d'aciers THR Fe-C-Mn-Al, produites par ArcelorMittal et potentielles candidates pour la caisse en blanc des futurs véhicules. Elle vise à mieux cerner les paramètres microstructuraux permettant de contrôler et optimiser le comportement à rupture de ces aciers. Pour représenter les deux familles d'aciers, deux matériaux modèles ont été élaborés par laminage puis recuit intercritique, conduisant à une microstructure duplex : austénite retenue (γ_r , pouvant se transformer en martensite par effet TRIP) et ferrite. La microstructure du premier acier, dite UFG, est ultrafine (grains de taille inférieure au micromètre) tandis que celle du second est bimodale, mêlant gros grains de ferrite δ et régions à grains fins de ferrite α et d'austénite retenue γ_r . Les propriétés

mécaniques de la microstructure UFG dépendent fortement de la température de recuit, en raison des variations de stabilité de l'austénite retenue. A l'inverse, la microstructure bimodale est très robuste vis-à-vis de la température de recuit mais très sensible à la température d'essai. L'endommagement en traction et en résilience est très peu développé pour ces deux familles. Il est localisé aux interfaces ferrite-martensite (formée pendant l'essai). Le lien entre les modes de rupture et la microstructure bimodale, étudié à l'aide d'essais Charpy, a montré l'existence de deux transitions distinctes de mode de rupture : une transition entre rupture ductile à grandes cupules et clivage pour les gros grains de ferrite δ et une transition entre rupture interfaciale et rupture ductile à fines cupules pour les zones à grains fins $\{\alpha + \gamma_r\}$. La rupture de la microstructure UFG est ductile à température ambiante et interfaciale à plus basse température. Cette microstructure UFG peut être vue comme un matériau modèle représentant les régions à grains fins $\{\alpha + \gamma_r\}$ de la microstructure bimodale. Pour les deux familles d'aciers, le comportement élastoplastique comme le comportement à rupture semblent dominés par la stabilité de l'austénite retenue.

Key words: Automotive steels, Duplex microstructure, Damage, TRIP effect, Fracture behavior, Ductile/fragile transition

Abstract:

To fulfil the increasing demand on lightweighting automotive vehicles, steelmakers are developing a third generation of Advanced High Strength Steels (AHSS). This work, part of the ANR project MATETPRO “MeMnAl Steels”, addressed two new families of third generation AHSS produced by ArcelorMittal which may be used for the body in white of upcoming cars. It aimed at improving our current understanding of the microstructural features allowing controlling and optimizing the fracture behavior of this steel family. Two model materials were manufactured by hot and cold rolling followed by intercritical annealing. The resulting, so-called duplex microstructure is a mixture of ferrite and retained austenite (γ_r , which can transform into martensite by TRIP effect). The microstructure of the first steel was made of ultra-fine grains (UFG) of ferrite and retained austenite (grain size below one micrometer), while the second steel possessed a bimodal microstructure made of coarse δ -ferrite grains and fine-grained regions of α -ferrite and retained austenite γ_r . The mechanical properties of the UFG microstructure were strongly sensitive to the annealing temperature, due to variations in the stability of retained austenite. On the contrary, the bimodal microstructure was very robust regarding the annealing temperature but very sensitive to the test temperature. For these two families, damage development is scarce and mainly located at ferrite-martensite interfaces. Charpy impact tests on steels with the bimodal microstructure showed that each microstructural region presents its own fracture mechanisms and a specific ductile-to-brittle transition. A transition from brittle cleavage to large-dimpled, ductile fracture was observed for coarse δ -ferrite grains, while fine-grained regions presented a transition from interfacial fracture to fine-dimpled, ductile fracture. Fracture of the UFG microstructure was ductile at room temperature and interfacial at lower temperatures. This UFG microstructure can be interpreted as a model material embodying the behavior of the fine-grained $\{\alpha + \gamma_r\}$ regions in the bimodal microstructure. For both two steels, the constitutive and fracture behavior seem to be dominated by the stability of retained austenite.