

ML340, UN NOUVEL ACIER POUR ARBRES DE TURBINES AÉRONAUTIQUES

Matériaux Innovants SF2M Info, Novembre 2014

Aubert & Duval et SNECMA ont développé conjointement un nouvel acier au niveau de résistance de 2200 MPa, qui vient d'être retenu pour les arbres de turbines des deux nouveaux moteurs de SNECMA, le LEAP pour l'A320 XLR et le B737 Max, et le SILVERCREST pour les avions d'affaire. Les équipes de ce projet ont reçu en Mai dernier le Grand Prix de l'Innovation SAFRAN 2014 (<http://www.safraan-group.com/site-safraan/innovation/innovation-awards/>)



Il s'agit de la dernière évolution d'une nouvelle famille d'aciers, qu'on pourrait appeler « maraging avec carbone », à partir de recherches qui ont commencées il y a plusieurs décennies aux USA. Il y a une vingtaine d'années, Carpenter USA a breveté l'acier AerMet 100, $R_m=2000$ MPa, qui était le résultat d'un « concours de R&D » financé par l'US Airforce pour améliorer la sécurité des trains d'atterrissages des avions embarqués sur porte-avions. C'était une métallurgie innovante, rendue possible grâce à la découverte d'un nouveau mécanisme de précipitation durcissante, un carbure nanométrique du type Mo₂C, qui ne fonctionne bien que dans des compositions chimiques particulières et avec des traitements thermiques originaux. Cet acier a été utilisé pour le train d'atterrissage du F18A Super-Hornet des porte-avions US. Plus récemment, General-Electric USA a repris ces études, et a eu l'idée d'ajouter dans cette famille d'acier une deuxième précipitation du type NiAl, en ajoutant de l'aluminium dans l'alliage. Cela a donné le GE1014, acier à durcissement duplex contenant 14% Ni, 10% Co, 2.5 Cr, 1.4% Mo et durci par 0.21% C et 1.4% Al.

A&D a suivi régulièrement ces innovations par des exercices de conception dans cette famille de compositions chimiques. Au moment où GE a décidé de généraliser l'utilisation du GE1014 pour ses arbres de turbines, Snecma s'est tournée vers A&D pour connaître les fondements métallurgiques de cet acier, et voir s'il était possible de trouver une alternative si possible encore meilleure. La faisabilité d'une nouvelle composition a été démontrée dans un temps très court, en exploitant des idées disponibles issues de l'expérience des Maraging sans cobalt : réduire la teneur en Cobalt, augmenter la teneur en Aluminium, explorer l'intérêt d'un ajout de Vanadium, et ré-équilibrer la composition de la matrice pour que la précipitation duale des phases intéressantes fonctionne bien. Cela a donné le ML340 :

- Composition % : C=0,23 Ni=13,0 Co=6,0 Cr=3,25 Mo=1,5 Al=1,5 V=0,25
 - Elaboration VIM+VAR : four à induction sous vide et refusions sous vide par électrode consommable.
 - Caractéristiques mécaniques : $R_m=2200$ MPa et $R_{p0.2}=1900$ MPa après traitement de « vieillissement » (durcissement par précipitation) de 10 heures à 500°C
- (http://www.aubertduval.fr/uploads/tx_obladygestionproduit/ML340_FR.pdf)

Les équipes de métallurgistes de SNECMA et d'A&D ont ensuite collaboré intensivement pour réussir l'industrialisation de l'élaboration et de la transformation de cet acier, pour le caractériser minutieusement et le mener au bon niveau de maturité industrielle.

Dans les nouveaux moteurs, le ML340 remplace l'acier Maraging 250 classique, $R_m=1800$ MPa, utilisé dans la famille des moteurs CFM56 de Snecma-GE. Il permet soit de passer un couple plus important à même géométrie, soit de diminuer le diamètre de l'arbre et ainsi de diminuer la masse et de permettre une optimisation de l'aérodynamique interne du moteur, facteurs décisifs vis-à-vis du rendement et de la diminution de la consommation de carburant.

La métallurgie de cette famille d'alliage a été étudiée en détail dans le cadre du projet ANR «AMARAGE» lancé en 2005 et réunissant 9 partenaires français, avec la mise en œuvre des techniques d'étude microstructurales les plus fines : MET Haute-Résolution, DRX Synchrotron, Microscopie Ionique par Sonde Atomique et DNPA, dont le bilan a été fait le 15/10/2013 à Nantes :

http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/documents/2013/matetpro2013/pres/21_AMARAGE.pdf

Hubert Schaff Jean-Yves Guédou

