

MATÉRIAUX

2014

24-28 nov.

Montpellier



RECUEIL DES RÉSUMÉS
Colloques 19

Sommaire

- [19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF](#) (n=21)
- [Index des auteurs](#)

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

CM-19-153

Elaboration de composites bases magnésium par frittage SPS

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-153

M. Mondet ¹, E. Barraud ¹, S. Lemonnier ¹, N. Allain-Bonasso ², T. Grosdidier ².

¹Institut franco-allemand de Recherches de Saint-Louis (ISL) - Saint-Louis (France), ²Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) - Metz (France).

La diminution des réserves mondiales en énergies fossiles associée à une politique visant à réduire les gaz à effet de serre ont contribué à un élan des travaux de recherches sur la thématique de l'allègement de structure. Cette problématique concerne des secteurs majeurs tels que les transports et la défense, et passe notamment par le biais du développement de matériaux légers. Dans cette démarche, le magnésium s'avère être un candidat très prometteur. Sa densité est respectivement 30% et 75% plus faible que celles de l'aluminium et de l'acier, principaux métaux de structure employés actuellement. En outre sa densité, il réunit d'autres avantages telles que de bonnes résistance mécanique spécifique, stabilité thermique et capacité à amortir les vibrations [1]. Toutefois, son module de Young, sa ductilité et sa limite d'élasticité relativement faibles, combinés à une forte sensibilité à la corrosion limitent son application en tant que matériau de structure [1]. Pour ces raisons, le magnésium est rarement utilisé sous sa forme pure mais est généralement allié à d'autres éléments qui sont le plus souvent l'aluminium, les terres rares et le zirconium [2], et renforcé mécaniquement par l'introduction de renforts [2].

Dans cette étude, l'objectif est la mise en œuvre des techniques de la métallurgie des poudres et plus particulièrement du frittage SPS pour l'élaboration de composites d'alliages de magnésium-aluminium (AZ91) avec renforts particuliers céramiques. Contrairement aux procédés de production par fonderie, la métallurgie des poudres permet un meilleur contrôle de la microstructure au moyen des étapes de broyage et

de frittage. Dans un premier temps, le broyage permet de nano-structurer le matériau, puis le frittage SPS, par l'établissement de cycles thermiques courts, limite la croissance des grains, conservant cette nano-structuration.

Au cours de cette étude, une attention particulière est portée à l'influence du taux et de la taille des renforts ainsi que des conditions opératoires de broyage et de frittage sur la microstructure et les propriétés mécaniques des composites élaborés. La démarche entreprise s'appuie sur une caractérisation microstructurale et mécanique, tant en conditions quasi-statiques que dynamiques, des composites obtenus aux différentes conditions expérimentales étudiées.

1. Colombié, M., Matériaux Métalliques. Dunod ed. 2000.
2. Mordike, H.E.F.B.L., Magnesium Technology. Springer ed. 2006.

CM-19-394

Modélisation thermodynamique de type Calphad : applications pour procédés et matériaux innovants

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-394

M. Perrut.

Onera - Châtillon (France).

Après un bref rappel sur la méthode Calphad, nous donnerons des exemples d'implémentations dans des simulations numériques à visée applicative : modèles de précipitation, solidification, vieillissement, aide au développement de nouveaux alliages. Cette activité est en grande évolution ces dernières années dans tous les laboratoires de renommée internationale, dans l'objectif d'une intégration maximale des modélisations microstructurales dans les simulations du comportement mécanique de la pièce finale. Nous illustrerons en particulier le propos sur le cas de travaux menés à l'Onera sur la précipitation dans les superalliages base nickel pour disques de turbine.

CM-19-423

Comportement en oxydation à haute température de la phase MAX Ti_3AlC_2

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-423

E. Drouelle ¹, V. Gauthier-Brunet ², J. Cormier ², P. Villechaise ², S. Dubois ², P. Sallot ³.

¹Safran / Institut P' - Futuroscope Chasseneuil (France), ²Institut P' - Futuroscope Chasseneuil (France), ³Safran - Paris (France).

L'allègement des structures représente aujourd'hui un défi considérable pour les industries du transport. Au cœur de ce défi se pose la question de trouver des matériaux aux propriétés spécifiques au moins égales aux matériaux métalliques couramment utilisés dans le domaine aéronautique et ayant des propriétés de résistance à l'environnement (oxydation, corrosion ...) élevées. Dans ce cadre général, les phases MAX méritent d'être considérées. En effet, cette classe de matériaux présente généralement une faible densité (rapport deux entre la densité de la phase MAX Ti_3AlC_2 et celles des superalliages/aciers), possède une bonne usinabilité, résiste aux chocs thermiques, présente une tolérance mécanique relativement bonne aux défauts, et une bonne résistance à l'oxydation. L'ensemble de ces propriétés est lié à leur structure nanolamellaire très spécifique qui combine des liaisons métalliques et covalentes. Il est usuel de présenter ces phases comme associant les propriétés des métaux et des céramiques.

De nombreuses études font état du comportement en oxydation isotherme et cyclique de la phase MAX Ti_3AlC_2 à haute température sous différentes atmosphères. Un des sujets principaux concerne la passivation des surfaces par une couche d'alumine. Cependant, la formation conjointe de TiO_2 a pu être mise en évidence et ce dès les premiers stades d'oxydation (études menées jusqu'à 100 h).

Les travaux proposés s'intéressent au comportement en oxydation isotherme de Ti_3AlC_2 jusqu'à 1000 h de traitement thermique à 800°C, 900°C et 1000°C sous diverses atmosphères. Ces matériaux sont synthétisés au laboratoire par métallurgie des poudres. Les grains se présentent sous la forme de plaquettes de quelques dizaines de micromètres de longueur et de quelques micromètres en épaisseur. Les prises de masses de chaque échantillon sont évaluées en fonction de la durée de traitement et les différentes couches d'oxydes formés sont analysées au moyen de la diffraction des rayons X et par microscopie électronique à balayage équipée d'un

spectromètre à dispersion d'énergie. L'objectif est de caractériser les cinétiques d'oxydation dans le domaine de températures 800 - 1000°C et de proposer un mécanisme associé ainsi que des solutions pour passiver sélectivement le matériau.

CM-19-783

Composites thermoplastiques PA6/FV : compréhension et maîtrise du procédé RTM réactif

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-783

F. Ruch.

Cetim-Cermat - Mulhouse (France).

Depuis une trentaine d'année, les matériaux composites ont commencé à remplacer le métal dans un certain nombre d'applications, et leur introduction dans les pièces techniques progresse régulièrement.

Jusqu'à ce jour, les composites à base polymères thermodurcissables (TD) étaient prédominants, mais sont confrontés à des règles environnementales de plus en plus exigeantes (COV, recyclabilité...). Par ailleurs, leurs temps de mise en œuvre relativement longs, les pénalisent pour des applications de masse.

Ces handicaps ont récemment favorisé l'émergence de composites élaborés à base de polymères thermoplastiques (TP). De nombreuses voies de développement sont actuellement explorées, l'objectif étant d'obtenir un couple matériau/procédé robuste, permettant de produire à un coût maîtrisé, des pièces structurelles ou semi-structurelles.

Dans ce contexte, le Cetim-Cermat, centre associé du Cetim (Centre Technique des Industries de la Mécanique), présente une partie des résultats liés au programme ECOTREC, portant sur l'élaboration de composites PA6/FV, obtenus à partir du procédé RTM réactif.

CM-19-825

Développement de trappes de visite de réservoirs aéronautiques en composites soumises à l'impact d'un éclat de pneu : Analyse croisée expérience/calcul

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-825

F. Plassard ¹, J. Mespoulet ¹, P.L. Hereil ¹, J.M. Madeddu ².

¹Thiot-Ingenierie - Puybrun (France), ²Aviacomp - Launaguet (France).

La course à l'allègement des structures aéronautiques amène les équipementiers à généraliser l'utilisation des matériaux composites dans le développement de leurs pièces. La société AVIACOMP, spécialisée dans le formage de matériaux composite développe des trappes d'accès aux réservoirs de kérosène. Les récentes évolutions de réglementation obligent à garantir l'étanchéité de ces trappes face à des impacts accidentels de débris résultant de l'éclatement d'un pneu.

Dans ce contexte AVIACOMP s'est rapproché de THIOT-INGENIERIE qui dispose d'un laboratoire d'essai en physique des chocs et de moyens de simulations numérique. De cette façon, AVIACOMP a développé des solutions techniques innovantes de mise en forme et d'assemblage de ses trappes. Elles ont été testées face à l'impact d'un fragment de pneu lancé à 360 km/h. Des moyens de métrologie dédiés à la dynamique rapide associés à des simulations numériques ont permis de comprendre finement le comportement des éléments de fixation. Ce travail a rendu possible l'utilisation d'éléments composites soumis à des chocs de forte énergie.

CM-19-899

Développement et certification d'un échappement de turboréacteur en CMC pour l'aviation civil

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-899

F. Bouillon, A. Candeau, F. Dupé, G. Mecuson, P. Metge, R. Etchart-Salas.

SAFRAN- Herakles - Le Haillan (France).

L'aéronautique civile fait face à des enjeux de réduction de la consommation, du bruit et des émissions CO₂. Dans ce cadre, l'introduction de nouvelles technologies semble indispensable. L'utilisation des CMC (composites à matrices céramiques) dans les turboréacteurs est une alternative prometteuse aux solutions actuelles qui utilisent des matériaux métalliques.

Le groupe Safran et sa filiale Herakles ont développé une solution technique pour les échappements de turboréacteurs civils. Cette technologie innovante basée sur un matériau CMC de type SiC/SiC auto-cicatrisant, apporte des gains de masse et de performances importants. Néanmoins, l'introduction d'une nouvelle technologie, nécessite la mise au point d'une chaîne de justification complète et robuste afin d'assurer le niveau de sécurité lié à l'aéronautique civile. La justification de cette pièce a été réalisé dans le cadre de la réglementation CS-25 de l'EASA (Agence Européenne de la Sécurité Aérienne), afin d'aboutir à une mise en service en compagnie aérienne.

Dans le cadre de ces travaux, l'ensemble des aspects nécessaires à la certification d'une pièce est traité. L'introduction des CMCs pose des problématiques spécifiques très variés tel que la durée de vie, la détermination des conditions critiques et la tolérance aux dommages et nécessite de « réinterpréter » les réglementations afin d'assurer un niveau de sécurité équivalents.

Dans cette présentation, une revue partant du matériau vers la pièce, et traitant des aspects essais et modélisation sera présenté. Les aspects spécifiques de l'introduction d'une nouvelle technologie dans l'aéronautique seront explicités. Enfin, les perspectives de ce travail seront introduites.

CM-19-915

Influence de la structure chimique et des propriétés physiques d'un système époxyde sur la formation et la morphologie de structures poreuses

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-915

S. El Gazzani ¹, V. Nassiet ², J.P. Habas ³.

¹L.G.P, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, B.P1629, 65016 Tarbes, France / ROXEL, RN 151 18570 Le Subdray, France, ²L.G.P, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, B.P1629, 65016 Tarbes, France, ³Institut Charles Gerhardt UMR 5253, IAM, 34095 Montpellier, France.

Les travaux de recherche proposés ci-dessous portent sur la mise en œuvre de matériaux composites expansés, à matrice organique, composés d'un feutre de basalte, de haute tenue thermique pour applications sur structures légères dans l'aéronautique. Les propriétés finales (légèreté, isolation thermique et résilience) du composite doivent répondre à un cahier des charges basé sur un matériau préexistant dont la matrice est de la résine phénolique classée CMR (Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique) et dont l'imprégnation se fait par aspersion et calandrage [1]. Notre « pré-choix » de résine de substitution en accord avec la réglementation REACH est une résine thermodurcissable de type époxy novolaque/amine, candidate idéale pour répondre à une haute tenue en température (environ 300°C) ainsi qu'un niveau de viscosité qui permet l'imprégnation du feutre. Notre étude porte alors sur l'expansion. Les deux procédés d'expansion sont l'un par ajout de billes expansibles sous l'effet de la température et l'autre par dégagement gazeux issu d'une réaction de déshydrogénation [2]. Les billes sont des copolymères triblocs thermoplastiques à température de transition vitreuse décroissante de l'écorce jusqu'au cœur pour permettre l'expansion sous sollicitation thermique avec formation de pores fermés de tailles contrôlées. La réaction de déshydrogénation est réalisée entre des oligomères de polydiméthylsiloxane et une amine cycloaliphatique. Cette méthode d'expansion permet d'obtenir un réseau sans interface puisque le PDMS est inclus dans la structure tridimensionnelle.

La viscosité étant un paramètre clé pour le contrôle de l'expansion ainsi que pour l'imprégnation, l'ajout de diluants réactifs (époxydes de basse viscosité) et non réactifs

a été étudié afin de la modifier. Les variations de viscosité, de température et de tension de surface influent sur la morphologie de la mousse (dimension, distribution des pores). Cette corrélation sera discutée par une approche en termes de structure/propriétés, supportée par une caractérisation multi-physique (thermogravimétrie, calorimétrie différentielle, analyse thermomécanique,...).

[1] N. Rumeau, A. Buisson, P. Trouillot, « Novel composite materials and methods for manufacturing same », WO 2011101343 A1.

[2] P. M. Stefani, A. T. Barchi, J. Sabugal, et A. Vazquez, « Characterization of epoxy foams », J. Appl. Polym. Sci., vol. 90, no 11, p. 2992–2996, 2003.

CM-19-1141

Caractérisations microstructurales et mécaniques d'alliages base niobium dopés au silicium

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1141

Z. Huvelin, A. Denquin, A. Bachelier-Locq, S. Drawin.

ONERA - Châtillon (France).

Les alliages de niobium sont considérés comme des candidats potentiels pour des applications hautes températures dans les turbomachines aéronautiques, de part leur caractère réfractaire ($T_f, Nb = 2468^\circ C$) et leur densité raisonnable (densité du Nb pur : $8,6 \text{ g/cm}^3$). Ces alliages présentent une bonne ductilité mais une faible résistance aux basses et moyennes températures ($25^\circ C - 900^\circ C$) ainsi qu'une faible résistance à l'oxydation qui limitent leur application. Le but des présents travaux est le développement d'alliages base niobium ayant un niveau de résistance mécanique suffisamment élevé pour la gamme de température comprise entre $800^\circ C$ et $1000^\circ C$. Cette étude porte sur l'influence d'une faible teneur en silicium (1-3%at.) sur le renforcement du matériau. En particulier, nous avons évalué l'influence de l'ajout du silicium sur l'évolution microstructurale de deux systèmes d'alliages à base de niobium :

- un système modèle de composition Nb-34Ti-15Al -XSi ($0 < X < 2 \text{ %at.}$)

- un système complexe de composition de base Nb-26Ti-15Al-8Hf-2Cr-XSi ($0 < X < 3 \text{ %at.}$)

L'étude microstructurale (MEB, MET, DRX,..) des alliages après différents états thermiques (homogénéisation, trempe, vieillissement) a permis de mettre en évidence :

- une augmentation de la température du transus $\beta Nb/Nb_3Al$ dès l'ajout de 1% de silicium dans le système ternaire NbTiAl ;

- différents types de siliciures (M_5Si_3, M_3Si avec $M = Nb, Ti, Hf$) en fonction de la composition et du chemin de transformation;

- la précipitation de la phase orthorhombique de type (Ti_2AlNb) lors de vieillissements à $800^{\circ}C$.

L'influence des additions de Hf et de Cr sur les chemins de transformation et la stabilité des phases.

L'effet de l'ajout du silicium sur les propriétés mécaniques des différents alliages a été étudié au travers des essais de compression à température ambiante et à hautes températures. (800 et $900^{\circ}C$). Les résultats montrent une augmentation significative de la $R_{p0,2}$ du matériau en fonction de la teneur en silicium et avec l'ajout des éléments Hf et Cr.

CM-19-1212

Vers l'optimisation en fatigue de la microstructure d'un superalliage pour application disque de turbine

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1212

F. Gallerneau ¹, G. Boittin ¹, P. Kanouté ¹, D. Locq ¹, G. Cailletaud ².

¹Onera - Châtillon (France), ²Mines - Paristech - Evry (France).

This paper presents a global calculation loop built to optimize the thermal treatments applied to the material to improve the fatigue life of the turbine disc in service. For that we developed a physically based fatigue behaviour model of N18, a nickel-based powder metallurgy superalloy. This model takes into account some microstructural parameters such as size and volume fraction of the different populations of precipitates. As presented in the figure 1, the thermal field in the preform of the component is calculated, it is used as an input to evaluate the microstructural parameters. These parameters are introduced in a phenomenological model to evaluate the mechanical behaviour in each Gauss point of the component. A new mesh is necessary, to take into account the machining of the component from the preform. A mechanical finite element analysis and a post processing calculation give the fatigue life prediction. They take as input the calculated, microstructure-dependent, mechanical behaviour.

The challenge of this study was to build the model linking the microstructural parameters to the mechanical behaviour and the fatigue life, based on experimental data obtained on several distinct microstructures. A multiscale analysis with a three scale homogenization model was then developed to account for the effect of each microstructural parameter, before building the phenomenological model. The whole numerical procedure has been implemented in the framework of ZSeT/ZeBuLoN, so that the computation of the thermal evolution inside the part during the heat treatment, the resulting microstructure and the response of the material during the mechanical tests are obtained in the same software. The complete calculation loop is described and applied, from the thermal treatment applied to the preform of the

component to the structure calculation, with the optimization of the microstructure of the material in term of fatigue life duration of the turbine disc (as shown in figure 2).

CM-19-1228

Développement des alliages de titane pour matériaux hautes performances

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1228

Y. Millet.

TIMET Savoie - Ugine (France).

L'utilisation et le développement des alliages de titane a démarré dans les années 50 poussé principalement par les applications aéronautiques. La métallurgie du titane est donc assez jeune. Après une période où de nombreux alliages ont été mis au point, le développement s'est fortement ralenti fin des années 90. Depuis la fin des années 2000, le marché aéronautique est à nouveau demandeur de solutions innovantes et donc de nouveaux alliages ou nouveaux procédés.

Dans cette présentation nous faisons le point sur les alliages et procédés utilisés, ceux en développement en regard des nouveaux besoins pour chaque type d'application : moteurs et structure aéronautique, poudres , blindages, procédés de soudage et mise en forme.

KN-19-1322

Les composites dans l'automobile, un changement de dimension

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#KN-19-1322

J.M. Beurrier.

Cetim - Nantes (France).

Confronté à de nouvelles normes réglementaires européennes, l'allègement des véhicules est aujourd'hui une priorité dans l'industrie automobile. L'intégration des composites dans les pièces semi-structurelles et structurelles est une réponse à ce défi d'allègement. Il faut nécessairement fabriquer des produits avec ces matériaux à des cadences élevées et à des coûts compatibles avec les exigences de ce marché. Pour ce faire, il faut revoir la chaîne complète de la conception jusqu'à l'industrialisation de produits en composite. Les besoins en Recherche et Développement sont très importants pour arriver à tenir les objectifs de performance, coût et cadence. Quelques thématiques de R&D seront abordées. Une nouvelle approche de conception avec intégration du process industriel sera présentée ainsi que quelques exemples de pièces composites.

CM-19-1353

Présentation du projet COMPTINN (COMPosites Tièdes et INNovants)

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1353

I. Ammar-Khodja ¹, M. Lafarie ², J. Lamon ³.

¹Aircelle, groupe Safran - Gonfreville L'orcher (France), ²Institut Pprime - Futuroscope Chasseneuil (France), ³LMT Cachan - Cachan (France).

Le projet COMPTINN (COMPosites Tièdes et INNovants) a pour objectif d'obtenir des matériaux composites pour des applications structurales, à des températures de 150°C-400°C, sur des durées compatibles des exigences de l'aéronautique civile. L'étude concerne les composites à matrice organique et les matériaux thermostructuraux, sans restriction sur les chimies considérées. Les travaux portent à la fois sur les matériaux existants et sur le développement de nouveaux matériaux. Ils ont consisté à :

- Identifier, sélectionner, mettre en œuvre et démontrer la durée de vie des composites existants ;
- Proposer des améliorations de formulation des matériaux existants afin d'étendre leur domaine d'application.

Les pièces et structures visées par le projet COMPTINN sont situées dans la zone moteur, où les températures sont élevées. Des matériaux composites pouvant être employés sur de longues durées à des températures de 150°C-400°C pourraient être utilisés pour des pièces de mât moteur, d'inverseur de poussée ou de moteur.

COMPTINN est un projet collaboratif financé par le FUI, la région Aquitaine et la région Picardie et se terminant mi-2014. Il a été labellisé par les Pôles de compétitivité ASTech et Aerospace Valley. Le projet implique 17 partenaires : grands industriels (Aircelle, Snecma, Herakles, Airbus, Arkema et Airbus Innovation Group), PME (Matrasur Composites, JTT Composite et Pyromeral) et Universitaires (PIMM ENSAM Paris, Institut Pprime ENSMA, LMT Cachan, MATEIS INSA Lyon, IPREM Pau, ICA Albi, LCPO (Bordeaux) et LCTS (Bordeaux)).

Cette conférence sera l'occasion de présenter COMPTINN dans sa globalité et de détailler certains des résultats obtenus dans le cadre du projet.

CM-19-1645

Evolution des structures aeronautiques et spatiales: specificités des composites

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1645

D. Lang.

Airbus Group Innovations - Suresnes (France).

Cette presentation reprends les critères principaux du choix des matériaux et des structures aeronautiques ainsi que leur evolution en fonction des produits. Pour les composites, les critères techniques sont examinés, ainsi que la nouvelle donne liée aux nouvelles contraintes dues a la complexité des produits et à l'evolution de la supply chain.

CM-19-1653

Revue Générale de l'allègement des structures dans les conduites flexibles utilisées en milieu sous-marin

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1653

C. Gabet, C. Taravel-Condat.

Technip - Le Trait (France).

Les conduites flexibles sont utilisées depuis plus de 40 ans pour le transport de produits pétroliers en milieu sous-marin. Ces flexibles sont composés de différentes couches d'acier et de polymère assurant chacune un rôle bien déterminé. Les produits transportés sont du pétrole brut, des gaz ou de l'eau ou une combinaison de ces composants. Souvent, on a présence de gaz acides tels que CO₂ et H₂S qui en contact avec l'eau, génèrent des environnements acides potentiellement corrosifs pour les aciers. En outre, la présence d'H₂S amène des risques de fragilisation par l'hydrogène des aciers au carbone.

Depuis quelques années, le développement de champs pétroliers de plus en plus profonds (de 2500 à plus de 3000 m de profondeur d'eau) impose le développement de solutions innovantes permettant d'alléger les structures en acier.

Cette présentation résume les différents recours possibles pour alléger les conduites flexibles : utilisation de matériaux plus légers, développement d'aciers de plus en plus résistants mécaniquement ou/et à tenue à la fatigue améliorée, désévérisation du milieu corrosif dans lequel ils évoluent ce qui permet d'utiliser des matériaux moins sensibles à la fragilisation par l'hydrogène et donc à plus hautes caractéristiques mécaniques. Pour chacune des voies possibles, des données chiffrées sur les allègements possibles seront fournies sur des cas concrets.

L'intérêt technico-économique de l'allègement de ces conduites flexibles sera par ailleurs clairement démontré.

CM-19-1675

Un principe de développement conjoint avec les avionneurs pour une réponse composite optimisée aux objectifs d'allègement des structures.

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1675

J.F. Veauville.

HEXCEL- bureau matériaux 3AF - Lyon.

Un principe de développement conjoint avec les avionneurs pour une réponse composite optimisée aux objectifs d'allègement des structures.

1. Après quelques mots d'introduction du Groupe HEXCEL: Avec 1,7 milliard de dollars de chiffre d'affaires (2013) et plus de 5000 collaborateurs répartis sur 18 sites de production en Europe, aux États-Unis et en Asie, Hexcel est un des leaders mondiaux des matériaux composites pour l'industrie, notamment pour l'aéronautique. Véritable précurseur dans le domaine technologique, Hexcel met au point, fabrique et commercialise le plus large éventail de solutions et procédés haute performance du marché : fibres de carbone, renforts textiles, résines, adhésifs structuraux, nids d'abeille, préimprégnés, ébauches en nid d'abeilles...

Du fait de notre intégration verticale sur toute la chaîne du composite, nous disposons de paramètres nombreux sur lesquels nous pouvons jouer afin d'apporter cette réponse optimisée aux objectifs d'allègement des structures.

Les constituants des matériaux composites :

Matrices et fibres , Nid d'abeilles ...(fibres de carbone à module intermédiaire, types de résine ...)

Gestion des interfaces (rendement fibres, collage...)

Les architectures d'un composite :

Optimisation des renforts textiles (performances mécaniques, aspect de surface, masse surfacique...)

Tissus multidirectionnels

Préformes

les préimpregnés unidirectionnels et tissés

Fonctionnalisation (tolérance aux dommages, résistance au feu, conductivité électrique et thermique, traitement acoustique, aspect de surface ...)

Les modes d'élaboration :

Automatisation (moyens de découpe et de dépose, ATL, AFP)

Procédés Directs (RTM, Hi-Tape® ...)

Réduction des temps de cycle (Matrice à polymérisation rapide)

Polymérisation hors autoclave

Exemples de développement avec les clients

(Airbus A350 XWB, Airbus Helicopters, Moteurs et nacelles, Nouvelles générations de lanceurs...)

Les matériaux composites sont des matériaux encore jeunes (moins de quarante ans) et même si le succès de l'A350

XWB (qui intègre 53 % de matériaux composites dans sa structure) démontre leur maturité, ce domaine offre de grandes perspectives et autant de défis à relever pour les ingénieurs.

Dans les composites, nous avons donc vu qu'un dialogue permanent avec les utilisateurs finaux était indispensable afin de bien comprendre leurs besoins et construire « composer » la réponse optimisée.

CM-19-1701

Nouvelles solutions aluminium pour l'allègement des structures

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1701

B. Chenal.

Constellium - Voreppe (France).

L'allègement des structures en aéronautique et dans l'automobile répond aux objectifs de réduction des émissions gazeuses. Les nouvelles solutions proposées par Constellium intègrent les avancées en R&D dans la conception métallurgique d'alliages d'aluminium à hautes performances, leurs procédés de transformation, les technologies de mise en œuvre des produits (assemblage, formage, conception, etc.) et le cycle de vie / recyclage. Dans l'aéronautique, les alliages à basse densité de la technologie Airware® (famille Al-Cu-Li) offrent des compromis de propriétés inégalés en résistance mécanique et tolérance au dommage avec une résistance à la corrosion améliorée. Le soudage par friction-malaxage et l'optimisation des géométries permettent de combiner l'amélioration de la performance avec une fabrication en grande série et éco-efficace (avec le recyclage des copeaux d'usinage). Ces solutions sont compétitives par rapport aux composites notamment pour les fuselages et les pièces épaisses de structures. Dans l'automobile, les solutions aluminium en substitution à l'acier sont en fort développement en Europe et aux Etats-Unis. Les tôles en nouvelles nuances d'alliages d'aluminium de Constellium présentent des combinaisons de propriétés améliorées en formabilité/résistance mécanique (Formalex®, Surfalex®), à haute qualité d'aspect de surface pour la carrosserie ou en résistance mécanique et comportement au crash (Securalex®). Les technologies d'assemblage multi-matériaux (hybrides) et de formage en température (pour des alliages de structure plus durs) prennent une importance grandissante.

CM-19-1707

Développement des alliages d'aluminium de titane TiAl pour alléger les turboréacteurs aéronautiques

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1707

G. Martin.

Snecma - Colombes.

Snecma étudie depuis plus de 20 ans les alliages intermétalliques comme les alliages d'aluminium de titane pour des applications aéronautiques. L'un des principaux intérêts de ces alliages est qu'ils conservent une résistance spécifique élevée jusqu'à des températures élevées (700-800°C). Ils sont donc des candidats intéressants pour les aubes de turbine basse pression de turboréacteurs. En remplaçant des alliages comme les bases nickel, ils permettent des allègements significatifs de l'ensemble propulsif.

Dans ce contexte, Snecma vient d'introduire le TiAl-48-2-2 pour la production d'aubes de turbine basse pression du nouveau moteur LEAP commercialisé par la joint-venture CFM (Snecma/GE). Certains alliages d'aluminium de titane de troisième génération sont également évalués dans le cadre du projet européen E-BREAK pour de futures applications du groupe Safran.

CM-19-1711

Nouveaux Aciers et Superalliages pour l'Aéronautique

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1711

H. Schaff.

Aubert & Duval, Directeur Partenariats & Innovation - Paris (France).

Le potentiel d'innovation dans les matériaux métalliques pour l'aéronautique est toujours grand, et des progrès considérables sont encore possibles dans les prochaines années. La compétition avec les producteurs et les constructeurs non-européens est très forte dans le domaine des nouveaux matériaux métalliques, et ceux qui sauront en tirer le meilleur parti prendront de l'avance.

Plusieurs nouvelles nuances d'Aciers et de Superalliages sont aujourd'hui disponibles, dans différentes familles:

- Aciers ultra-performants pour arbres de turbine et applications fatigue, résistance en traction au voisinage de 2200 MPa

- Aciers inoxydables de structure, à durcissement par précipitation, dans le domaine 1500-2000 MPa

- Superalliages pour moteurs aéronautiques et service longue durée au voisinage de 700 °C

- Aciers de Cémentation et de Nitruration, et aciers pour roulements, inoxydables ou non, pour l'allègement et la diminution des coûts dans les ensembles mécaniques très fortement chargés.

Des exemples de ces matériaux seront présentés, ainsi que quelques applications récentes ou en cours de développement, pour amorcer un dialogue sur les thématiques de R&D utiles pour compléter les connaissances et aboutir rapidement à des réalisations innovantes.

KN-19-1717

Industrialisation of 3rd generation advanced high strength steels : a first step

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#KN-19-1717

A. Moulin.

ARCELORMITTAL - Maizières Lès Metz (France).

The use of Advanced High Strength Steels in Automotive Body in White Applications has dramatically increased during past year under the pressure of the tightening of CO2 emission regulations. If the use of classical Advanced High Strength Steels (Dual Phase, Complex Phase, TRIP grades) has allowed significant progress in both passive safety and lightweightening in the last ten years, their properties –if they remain extremely useful- are however not sufficient to tackle the new challenges induced by the environmental context. Therefore, ArcelorMittal has developed a new generation of Advanced High Strength Steels aiming at substituting well implemented Dual Phase Steels with further 10% weight reduction. These so-called 3rd Generation grades offer the same level of formability than reference Dual Phase steels with significantly higher Yield Stress and Tensile Strength properties. In the present communication, highlight is put on the manufacturability of the first industrial grade of this new generation, now commercially available for substitution of DP780.

CM-19-1721

Fluotournage du titane TA6V à froid

19 - Allègement de structure - Inclut le Colloque 3AF

#CM-19-1721

L. Bonhomme, A. Lang.

ROXEL - Le Subdray (France).

Fluotournage du Titane TA6V à froid

Ce projet est traité dans le cadre de FLUOTI (projet ANR 2010 avec Timet, Cemef, Transvalor et Roxel en tant qu'industriel et pilote du projet. L'objectif principal du projet FLUOTI est la simulation de l'opération de fluotournage à température ambiante du TA6V pour produire par écrouissages successifs, un tube long et fin avec de grandes précisions géométriques à partir d'un cylindre épais. Ces tubes sont principalement destinés à l'aéronautique civile. Le comportement de la structure $\alpha+\beta$ du TA6V sous grande déformation à froid représente la plus grosse difficulté. Le procédé de fluotournage pourrait permettre, par déformations incrémentales successives, de repousser les limites de formabilité du matériau. En effet, au cours d'essais préliminaires chez ROXEL, un taux de rétreint de 30% a déjà été obtenu mais l'intérêt industriel se situe au delà de 70%.

Si l'on combine, au coût élevé du matériau, les multiples réglages des conditions de fluotournage et les nombreuses possibilités des traitements thermiques, on s'aperçoit très vite que, le nombre d'essais erreur serait rédhibitoire. C'est pourquoi la simulation numérique du procédé est utilisée pour essayer de minimiser le nombre d'essais sur site industriel en déterminant et en optimisant les conditions opératoires et l'état du tube après les opérations. La simulation devra également intégrer l'évolution du comportement du matériau de la fourniture à la pièce finale.

De nombreux paramètres entrent alors en jeu lorsqu'il s'agit d'évaluer la formabilité du tube au cours du fluotournage à froid. Il y a bien sûr l'influence des conditions opératoires (cinématiques et géométries des outils) et des géométries (initiale, intermédiaire et finales) du tube sur l'écoulement et le comportement du matériau. Il y a également l'influence des étapes de traitements thermiques entre deux passes de fluotournage qui vont permettre de pousser le matériau à ses limites de déformation. Améliorer la formabilité à froid du TA6V passe par une étape d'analyse et de caractérisation de l'influence des trajets de déformation sur l'évolution de ses caractéristiques mécaniques et microstructurales.

L'objet de la conférence est de présenter le processus de fluotournage ainsi que les résultats obtenus sur le TA6V

MATÉRIAUX

2014

24-28 nov.

Montpellier

Index des auteurs

Index des auteurs :

A

Allain-Bonasso N. [00153](#) | CM-19-153
Ammar-Khodja I. [01353](#) | CM-19-1353

B

Bachelier-Locq A. [01141](#) | CM-19-1141
Barraud E. [00153](#) | CM-19-153
Beurrier J.M. [01322](#) | KN-19-1322
Boittin G. [01212](#) | CM-19-1212
Bonhomme L. [01721](#) | CM-19-1721
Bouillon F. [00899](#) | CM-19-899

C

Cailletaud G. [01212](#) | CM-19-1212
Candeau A. [00899](#) | CM-19-899
Chenal B. [01701](#) | CM-19-1701
Cormier J. [00423](#) | CM-19-423

D

Denquin A. [01141](#) | CM-19-1141
Drawin S. [01141](#) | CM-19-1141
Drouelle E. [00423](#) | CM-19-423
Dubois S. [00423](#) | CM-19-423
Dupé F. [00899](#) | CM-19-899

E

El Gazzani S. [00915](#) | CM-19-915
Etchart-Salas R. [00899](#) | CM-19-899

G

Gabet C. [01653](#) | CM-19-1653
Gallerneau F. [01212](#) | CM-19-1212
Gauthier-Brunet V. [00423](#) | CM-19-423
Grosdidier T. [00153](#) | CM-19-153

H

Habas J.P. [00915](#) | CM-19-915
Hereil P.L. [00825](#) | CM-19-825
Huvelin Z. [01141](#) | CM-19-1141

K

Kanouté P. [01212](#) | CM-19-1212

L

Lafarie M. [01353](#) | CM-19-1353
Lamon J. [01353](#) | CM-19-1353
Lang D. [01645](#) | CM-19-1645
Lang A. [01721](#) | CM-19-1721
Lemonnier S. [00153](#) | CM-19-153
Locq D. [01212](#) | CM-19-1212

M

Madeddu J.M. [00825](#) | CM-19-825
Martin G. [01707](#) | CM-19-1707
Mecuson G. [00899](#) | CM-19-899
Mespoulet J. [00825](#) | CM-19-825
Metge P. [00899](#) | CM-19-899
Millet Y. [01228](#) | CM-19-1228
Mondet M. [00153](#) | CM-19-153
Moulin A. [01717](#) | KN-19-1717

N

Nassiet V. [00915](#) | CM-19-915

P

Perrut M. [00394](#) | CM-19-394
Plassard F. [00825](#) | CM-19-825

R

Ruch F. [00783](#) | CM-19-783

S

Sallot P. [00423](#) | CM-19-423
Schaff H. [01711](#) | CM-19-1711

T

Taravel-Condât C. [01653](#) | CM-19-1653

V

Veauville J.F. [01675](#) | CM-19-1675
Villechaise P. [00423](#) | CM-19-423