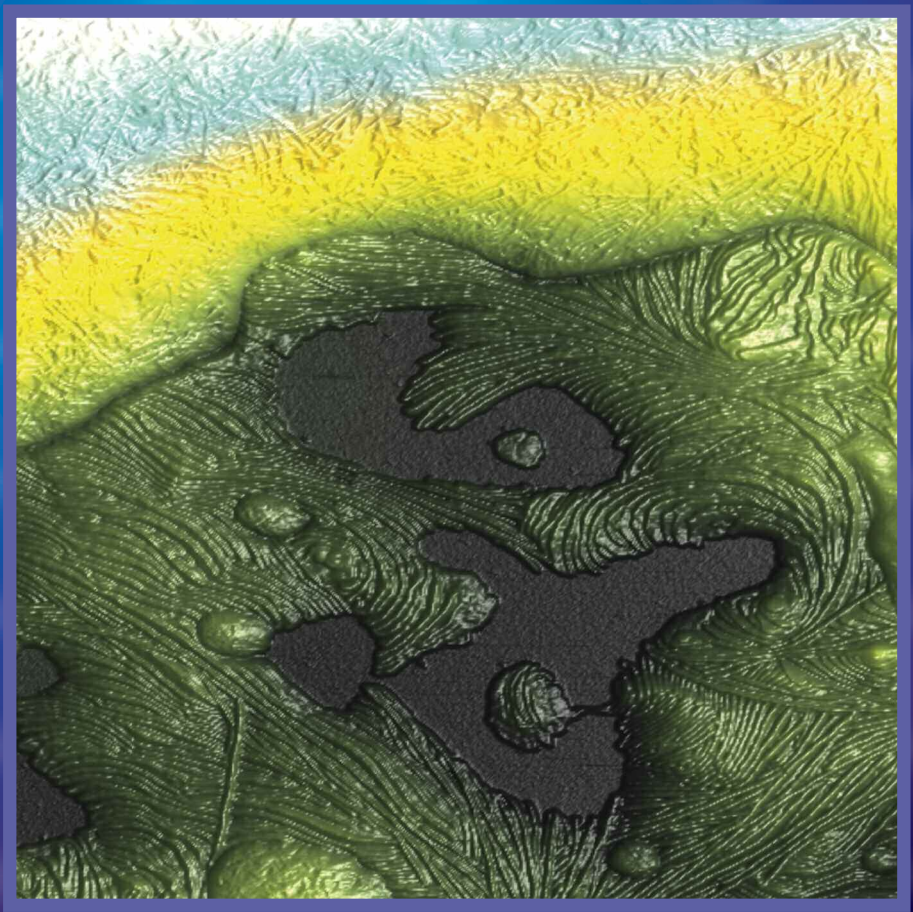
MATÉRIAUX & TECHNIQUES

ISSN 0032-6895

Volume 97 - n° 2 - 2009



EDP SCIENCES

MATÉRIAUX & TECHNIQUES

LA REVUE DES MATÉRIAUX INDUSTRIELS ET DE LEURS TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE

ACTUALITÉS TECHNIQUES ET INDUSTRIELLES

90 Actualités
98 Publications
99 Agenda : Congrès, salons, conférences, colloques

ÉTUDES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Nanomatériaux

La spectromicroscopie XPEEM avec le rayonnement synchrotron
N. BARRETT ET O. RENAULT 101-122

Assemblage

Le test couronne pour la mesure de l'adhérence substrat-adhésif
B. HASSOUNE-RHABBOUR, V. NASSIET ET Y. BAZIARD 123-132

Traitements thermiques

Optimisation du traitement thermique d'un phosphate application au phosphate du bassin Gantour au Maroc
M. EL OUARDI, I. MRANI, M. ANOUA ET H. CHEHOUANI 133-142

Modélisation et simulation

Prévention de l'usure ondulatoire en transport ferroviaire : revue de la littérature
C. COLLETTE 143-147

Métrologie et contrôle de qualité

Optimisation des paramètres du vecteur formé : application au diagnostic vibratoire automatisé des défauts d'une boite de vitesse d'un hélicoptère
S. FEDALA, A. FELKAOUI, R. ZEGADI ET R. ZIANI 149–155

Illustration de couverture : *Images de SPP-PEO : un mélange de polypropylène syndiotatactic et de polyethyleneoxide. (Ces images nous ont été fournies gracieusement par Veeco Instruments - voir M. Febvre et Bede. Pittinger, Hors Série 2008, p. 2)*

MATÉRIAUX & TECHNIQUES

Abonnements (Tarif 2009)

Abonnement	type A	type B
France	245,81 € TTC	302,79 € TTC
Europe	318,61 € TTC	357,65 € TTC
Reste du monde	302 € HT	339 € HT

L'abonnement annuel (type A) comporte environ 450 pages de textes rédactionnels réparties en 6 numéros. L'abonnement type B comprend, en sus de l'abonnement A, un ou deux numéros hors série, chacun sur un thème scientifique et technique. Abonnement à la version électronique seule : 204 € HT
Pour tous renseignements sur les abonnements :

subscribers@edpsciences.org

Prix de ce numéro : 50 € TTC
Consultez la revue en ligne :

www.mattech-journal.org

ISSN : 0032-6895
e-ISSN : 1778-3771

Revue éditée par EDP Sciences S.A.
17 av. du Hoggar, BP 112,
91944 Les Ulis Cedex A, France

EDP SCIENCES

Directeur de la publication : Jean-Marc Quilbé
Rédacteur en chef : René Gras
Secrétaire générale de rédaction : Agnès Henri
Secrétaire de rédaction : Florence Anglézio
Mise en page : Xavier de Araujo
Actualités : Ariana Fuga
ariana.fuga@edpsciences.org
Bureau éditorial : Véronique Condé

Publicités, publi-reportages, annonces
Aurélie Lefebvre
E-mail : aurelie.lefebvre@edpsciences.org
Tél. : 01 69 18 92 40 • **Fax :** 01 69 07 45 17

Imprimée en France par Barnéoud, BP 44,
53960 Bonchamp-Lès-Laval, France

Dépôt légal : août 2009

Article de synthèse

La mise en forme dans le domaine semi-solide : des avantages métallurgiques et économiques

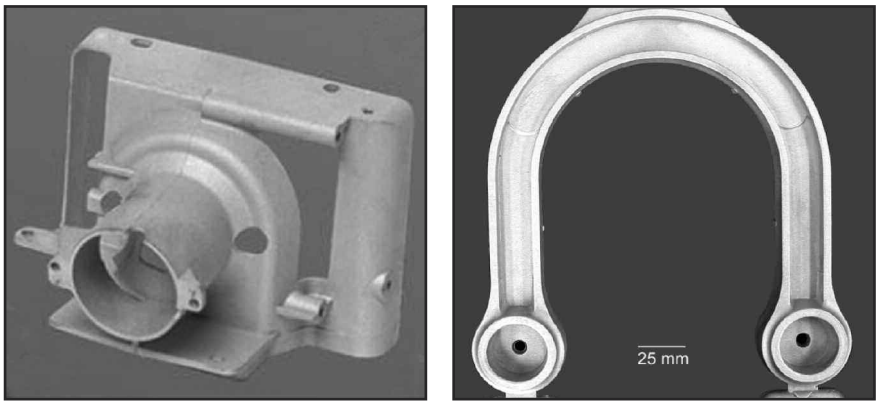
Par Myriam Brochu, Yves Verreman et Frank Ajersch

École Polytechnique de Montréal, C.P. 6079, Succ. Centre-Ville, Montréal, Qc, Canada, H3C 3A7 ;
Contact : *myriam.brochu@polymtl.ca*

Le rhéomoulage, le thixomoulage et le Thixomolding^{TD} appartiennent à une classe de procédés de fabrication où la matière première est mise en forme à l'état semi-solide. Les pièces produites par moulage semi-solide (M.S.S.) ont des caractéristiques microstructurales et mécaniques particulières. Elles sont caractérisées par une microstructure globulaire et une qualité métallurgique qui bonifient leur allongement à la rupture, leur résistance à la rupture et leur résistance en fatigue. Le moulage semi-solide possède aussi des avantages de production et économiques.

Nés des travaux de Spencer et Flemings [1], le rhéomoulage et le thixomoulage sont des procédés de mise en forme des métaux, à mi-chemin entre le moulage liquide et le forgeage solide. La matière première utilisée est une « gelée » semi-solide dont la fraction volumique de solide peut varier de 30 % à 70 % selon la technologie employée. La mise en forme des gelées est en général plus facile si la phase solide est sous forme de petites particules sphériques (de 30 à 200 µm de diamètre) dispersées uniformément au sein du métal liquide. Dans ces conditions, la gelée peut être déformée de façon homogène avec des efforts relativement faibles. Les presses de thixomoulage ont une capacité qui varie typiquement entre 75 et 1600 tonnes [2].

Figure 1 : Exemples de pièces mises en forme par moulage semi-solide.



(a) Boîtier d'appareil photo en magnésium obtenu par Thixomolding™ (source Husky)

(b) Prototype de pièce de suspension en aluminium rhéomoulé par le procédé SEED (source RioTintoAlcan)

Le moulage semi-solide (M.S.S.) est utilisé pour produire des éléments non structuraux, comme un boîtier d'appareil photo (Fig. 1a), mais aussi pour produire des pièces de sécurité comme des pièces de châssis et de suspension d'automobile (Fig. 1b). Le potentiel du M.S.S. est surtout exploité pour les alliages légers à bas point de fusion tels que l'aluminium et le magnésium. Cette propriété a facilité le développement technologique du procédé. Néanmoins, des travaux sur la mise en forme par voie semi-solide des fontes et des aciers devraient aboutir prochainement à des applications industrielles [3].

Les procédés de moulage semi-solide (M.S.S.)

Actuellement, il existe trois principales catégories de procédés de M.S.S. : le rhéomoulage, le thixomoulage et le Thixomolding™. Ces procédés se distinguent par leur méthode de préparation de la gelée semi-solide avant la mise en forme (Fig. 2).

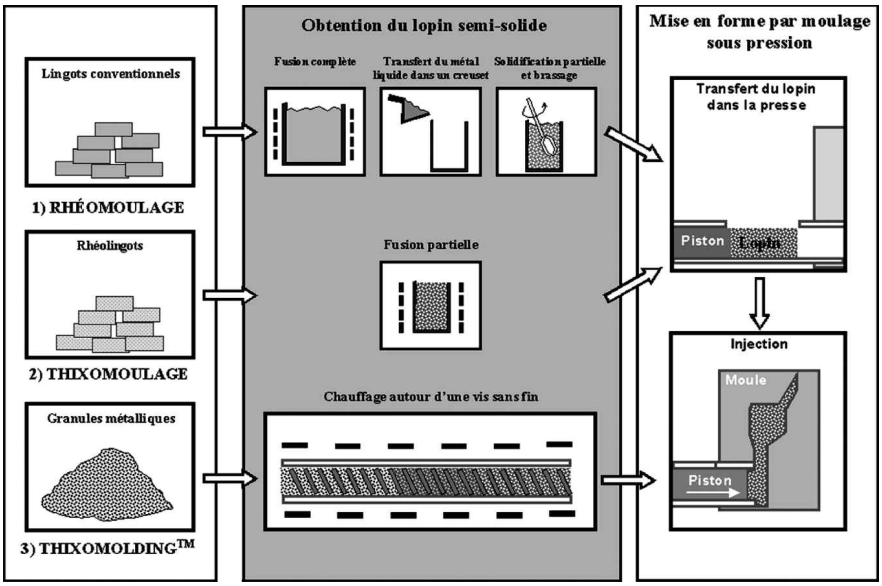


Figure 2 : Les trois principaux procédés de moulage semi-solide.

▸ Rhéomoulage

C'est le procédé le plus ancien. Il consiste à solidifier partiellement un métal liquide dans un creuset tout en agitant le mélange pour produire une gelée dont la phase solide aura une microstructure fine et globulaire. La gelée semi-solide est ensuite directement transférée dans une presse où elle est mise en forme. Le rhéomoulage est un procédé dit juste-à-temps, puisque la matière première est produite quelques secondes avant l'injection. Dans cette première catégorie, d'autres méthodes de fabrication de la gelée semi-solide ont été développées au fil des ans. Par exemple, le procédé NRC (New Rheo Casting, de la compagnie UBE) repose sur un contrôle thermique de la germination et de la croissance du solide [4]. Par contre, la gelée semi-solide produite par le procédé SEED de Alcan (Swirled Enthalpy Equilibration Device) est obtenue en contrôlant la germination par des moyens thermiques et mécaniques [5].

▸ Thixomoulage

Cette catégorie de procédés (Fig. 2) été particulièrement étudiée entre 1980 et 2000. Ce procédé possède les mêmes caractéristiques que le rhéomoulage à une différence près. Suite à la solidification partielle du métal liquide, la gelée semi-solide est rapidement solidifiée par trempe en « rhéolingots ». Ces rhéolingots qui possèdent une microstructure globulaire peuvent être entreposés puis réchauffés dans le domaine semi-solide au moment de la mise en forme (Fig. 2). Ce procédé a été utilisé pour produire des pièces d'automobile [6]. Pour certaines entreprises, le thixomoulage a des avantages économiques et pratiques, car en se procurant des rhéolingots d'un fournisseur, l'étape de fusion complète de l'alliage n'est plus nécessaire.

▸ Thixomolding™

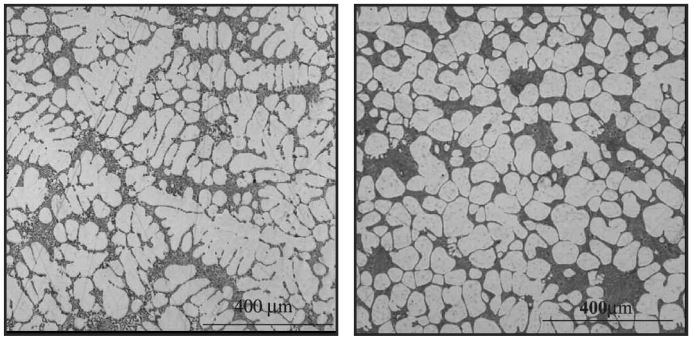
La gelée semi-solide est produite dans ce cas, à partir de granules solides qui sont chauffées (par le frottement de la vis d'extrusion et un système de chauffage complémentaire), puis partiellement liquéfiées au sein même de la presse d'injection, juste avant la mise en forme des pièces (Fig. 2). Le chemin d'alimentation du moule est conçu de façon à ce que la gelée semi-solide soit cisaillée par une vis sans fin pour créer un mélange homogène de liquide et de solide fin et globulaire. Cette technique est utilisée, par exemple, par la compagnie Thixomat [7] pour produire des pièces d'équipement sportif en magnésium.

Que la gelée semi-solide soit produite par rhéomoulage, thixomoulage ou Thixomolding™, elle peut être formée par moulage sous pression, forgeage ou extrusion. Le moulage est la méthode de mise en forme la plus utilisée. Dans ce cas, la gelée parcourt des canaux d'alimentation pour se rendre au moule et des masselottes sont utilisées pour éviter les retassures causées par le retrait de solidification. L'un des principaux éléments qui permet d'obtenir des pièces d'une grande qualité est la viscosité élevée de la gelée qui, lors du remplissage du moule, produit un écoulement laminaire avec un front de métal uniforme. La viscosité des gelées semi-solides est influencée, entre autres, par la vitesse de déformation, la fraction volumique et la structure d'agglomération du solide [8].

Caractéristiques microstructurales

La caractéristique première qui donne aux gelées semi- solides une bonne formabilité est la morphologie globulaire de la phase solide. Cette morphologie est conservée après la mise en forme du métal. La figure 3 compare la microstructure d'un alliage 357 (Al-Si-Mg) moulé en coquille avec celle du même alliage rhéomoulé. ▸

Figure 3 : Caractéristiques microstructurales d'un alliage d'aluminium 357.



(a) Alliage moulé en coquille. (b) Alliage rhéomoulé

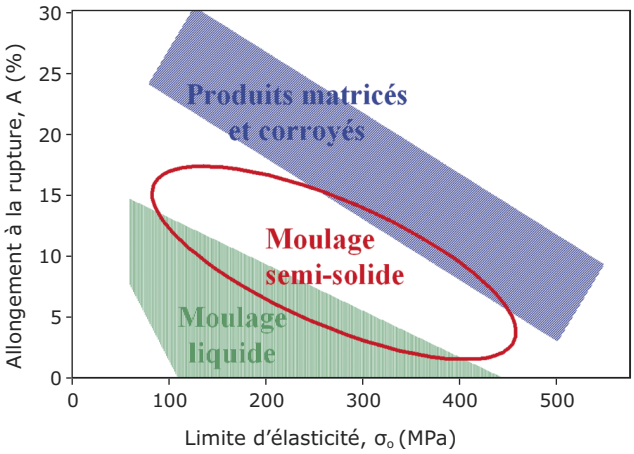


Figure 4 : Comparaison des propriétés en traction des alliages d'aluminium mis en forme par divers procédés.

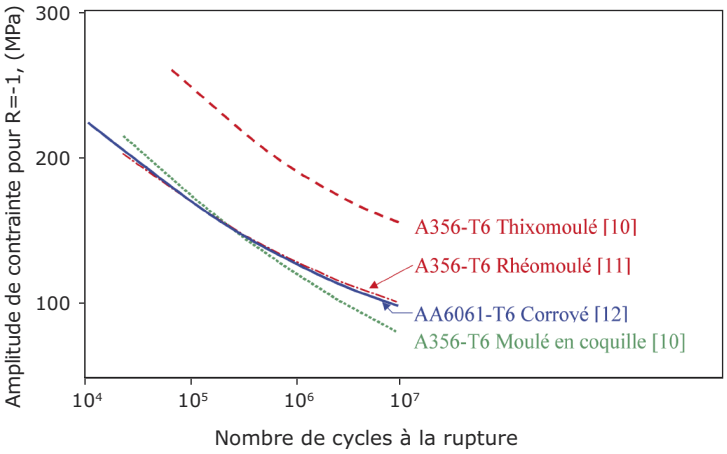


Figure 5 : Courbes d'endurance d'alliages d'aluminium mis en forme par divers procédés (R=–1).

Dans le cas du moulage en coquille (Fig. 3a), la phase alpha primaire (α) riche en aluminium a une morphologie dendritique. Cette phase apparaît naturellement lors de la solidification dans le moule métallique après la coulée du métal liquide. Pour le rhéomoulage (Fig. 3b), la phase primaire a une morphologie globulaire. Celle-ci résulte du brassage du métal durant la solidification partielle qui a lieu avant le moulage. Pour les deux microstructures de la figure 3, la partie grise de l'image est le constituant eutectique composé de phase alpha et de particules de silicium finement dispersées.

D'autres caractéristiques microstructurales ont aussi été attribuées aux produits mis en forme dans le domaine semi-solide. Ils contiennent moins de microporosités et de retassures que les pièces moulées en coquille par gravité ou sous pression. Ceci leur permet d'être classés dans la catégorie « *High Integrity Process* » par l'Association Nord-Américaine de fonderie sous pression (NADCA) [2]. D'autre part, les particules de silicium dans l'eutectique des alliages d'aluminium-silicium sont souvent plus fines lorsque l'alliage est rhéomoulé ou thixomoulé que lorsqu'il est moulé en coquille. Le refroidissement plus rapide des pièces explique cette différence.

Les différences microstructurales ci-dessus expliquent le fait que certains alliages de fonderie, lorsque mis en forme par voie semi-solide, ont de meilleures propriétés mécaniques que quand ils sont mis en forme par un procédé de fonderie ou de moulage conventionnel.

Propriétés mécaniques conventionnelles

Pour un alliage donné, le M.S.S. permet d'augmenter fortement l'allongement à la rupture par rapport au moulage liquide. De façon globale, les procédés de mise en forme semi-solide comblent le vide qui existait entre les propriétés des produits moulés à l'état liquide et celles des produits matricés et corroyés (Fig. 4). L'augmentation importante de l'allongement à la rupture permet d'envisager l'utilisation de certaines nuances d'aluminium pour fabriquer des éléments de structure. En effet, l'augmentation de la ductilité va généralement de pair avec l'augmentation de la ténacité, ce qui permet de diminuer les risques de propagation brutale de fissures préexistantes. Le gain de ductilité se traduit aussi par une augmentation de la résistance à la traction (R_m) étant donné que l'alliage se consolide à mesure qu'il se déforme.

Résistance en fatigue à grand nombre de cycles

La résistance en fatigue à grand nombre de cycles est une propriété importante pour les éléments de structure importants comme les jantes de roue, les bras de suspension et les porte-fusées. Selon des chercheurs du centre de technologie Michelin, une jante de roue d'automobile doit typiquement résister à 5×10^7 cycles de sollicitation avant sa rupture [9]. Plusieurs auteurs ont récemment étudié le comportement en fatigue des alliages mis en forme dans le domaine semi-solide [10,11]. Les travaux, surtout publiés à partir de l'an 2000, mettent en évidence que les alliages d'aluminium rhéomoulés et thixomoulés ont une résistance en fatigue plus élevée que lorsqu'ils sont moulés en coquille (Fig. 5).

Par exemple, un alliage A356 moulé en coquille à l'état T6 a une résistance en fatigue à 10^7 cycles de 90 MPa à R = -1 [10], tandis que le même alliage rhéomoulé à l'état T6 a une résistance de l'ordre de 110 MPa [11] ce qui est comparable à celle de l'alliage corroyé 6061T6 [12]. Certains alliages thixomoulés qui ont des globules de très petite taille (de l'ordre de 35 microns) ont une résistance en fatigue à 10^7 cycles qui peut même atteindre 150 MPa [10]. De façon plus générale, la mise en forme dans le domaine semi-solide génère une plus faible quantité de défauts que la coulée en coquille ce qui se traduit par une durée de vie d'amorçage plus longue pour les fissures de fatigue. La morphologie de la phase primaire ainsi que

celle des particules de silicium contenues dans l'eutectique pourraient aussi influencer les mécanismes d'amorçage et de propagation des fissures de fatigue. Des recherches sont en cours sur ce sujet [13].

Les avantages de production et la position économique du M.S.S. de l'aluminium

Étant donné que la mise en forme des gelées semi-solides est effectuée sous pression, les investissements initiaux en équipement et en outillage sont significativement plus élevés que ceux nécessaires pour mouler en sable ou en coquille par gravité [2]. Toutefois, le gain de productivité et la diminution des rebuts et des opérations de finition permettraient à certains fondeurs semi-solides de rentabiliser leurs investissements rapidement. D'après [6], le thixomoulage d'alliages d'aluminium permet de produire, à prix compétitif, des pièces de géométrie complexe ayant un fini de surface et des propriétés mécaniques supérieures à ceux des produits moulés de façon conventionnelle.

Chaque catégorie de procédés de mise en forme semi-solide a ses propres avantages. En rhéomoulage, l'étape de fusion complète de la matière première permet de conserver certaines fonctionnalités du moulage conventionnel. D'une part, la composition chimique de l'alliage peut être ajustée dans le four de fusion juste avant le moulage, ce qui donne plus de flexibilité au procédé. D'autre part, les fondeurs peuvent facilement recycler leurs rebuts, ce qui diminue la consommation de matière première. Par contre, certains trouvent avantage à utiliser les procédés de thixomoulage et de Thixomolding car, la manipulation du métal en fusion étant évitée, l'automatisation se voit facilitée [14]. Et bien que les rhéolingots soient une matière première plus coûteuse que les lingots conventionnels, leur refusion partielle consomme moins d'énergie.

Actuellement, les procédés de rhéomoulage dit juste-à-temps comme les procédés SEED et NRC apparaissent économiquement plus avantageux que les autres [15]. Ceux-ci combinent l'obtention des billettes semi-solide et leur mise en forme, permettant d'atteindre des vitesses de production comparables à celles du moulage sous pression [16].

Conclusion

Les efforts de développement entrepris dans les deux dernières décennies permettent actuellement à des entreprises de fabriquer des produits mis en forme dans le domaine semi-solide qui sont avantageux à la fois sur le plan économique et sur le plan technique. La caractérisation microstructurale et mécanique de pièces en aluminium rhéomoulées et thixomoulées permet actuellement d'affirmer que ces produits ont une meilleure intégrité métallurgique, une plus grande ductilité et une meilleure résistance en fatigue que les produits moulés de façon conventionnelle. Si leur performance mécanique reste normalement inférieure à celle des produits corroyés, le rhéomoulage et le thixomoulage sont maintenant des procédés jugés assez fiables pour que l'industrie automobile envisage de les utiliser pour fabriquer des pièces de sécurité.

Remerciements :
La source principale de financement de ces travaux de recherche est le Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada.

Références :

[1] D.B. Spencer, R. Mehrabian et M.C. Flemings, *Met. Trans. A* 3 (1972) 1925

[2] North American Die Casting Association (NADCA), *NADCA Products Specification Standards for die castings produced by the semi-Solid and Squeeze Casting Processes*, 4e édition, NADCA, Chicago, USA, 2006, p. 7

[3] G. Walmag, P. Naveau, A. Rassili et M. Sinnaeve, *Solid State Phenomena* 141-143 (2008) 415

[4] M. Adachi et S. Sato, *Society of Automotive Engineers SAE*, 2000, p. 21

[5] D.A. Doutre, G. Hay, P. Wales et D. Doutre (2002), Brevet américain US6428636-B2, 2002

[6] B. Wendinger et H. Luechinger, in: *Proceedings of the 8th International Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites S2P 2004*, WPI's Metal Processing Institute, Limassol, Cyprus, 2004

[7] www.thixomat.com

[8] L. Azzi et F. Ajersch, *Met. Mat. Trans. B* 37 (2006) 1067

[9] G. Grillon et A. Leclerc, *Light Metal Age* 61 (2003) 38

[10] J.-P. Gabathuler, H. Huber et J. Erling, *International Conference On Aluminium Alloys: New process technologies*, Marina di Ravenna, Italie, 1993, p. 169

[11] M. Rosso et S. Guelfo, *Proceedings of the 8th International Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, S2P 2004*, WPI's Metal Processing Institute, Limassol, Cyprus, 2004

[12] J.M. Holt, H. Mindlin et G.Y. Ho, *Structural Alloys Handbook*, Vol. 3, CINDAS/Purdue University, West Lafayette, UAS, 1996, p. 78

[13] M. Brochu, Y. Verreman, F. Ajersch et L. Bucher, *Solid State Phenomena* 141-143 (2008) 725

[14] M.C. Flemings, R.G. Riek et K.P. Young, *AFS Int. Cast Metals J.* 1 (1976) 11

[15] H. Kaufman, P.J. Uggowitzer, in: Mishra B. et Yamauchi C. (ed.), *Proceedings of the Second International Conference on Processing Materials for Properties, Minerals, Metals and Materials Society*, San Franscisco, USA, 2000, p. 25

[16] A. Kopper, R. Donahue , D. Olson et S. Midson, *Modern Casting* (2005) 35

Événement

RTS 2009

Organisée par l'École des Mines d'Albi-Carmaux du 11 au 13 mars 2009, cette conférence internationale intitulée RTS 2009 (pour Rotomoulding, Thermoforming, Stretch-blow Moulding), a réuni 26 intervenants de haut niveau, une cinquantaine de participants, représentant près de dix nationalités différentes. Il s'agit d'industriels et de responsables de programmes de recherche académique, venus faire le point sur l'évolution économique du secteur ainsi que sur les nouveaux produits et procédés.

Une tradition déjà établie

Cet événement qui réunit les acteurs industriels et scientifiques du RTS est le troisième de ce genre.

Depuis 2005, il a été constaté un intérêt croissant pour les technologies du rotomoulage, du thermoformage et du soufflage pour des raisons différentes : accès à de nouveaux polymères techniques, nécessité de diminuer les coûts et des délais, ouverture vers de nouvelles applications plus techniques.

Face à cette demande, des avancées significatives ont été observées : amélioration des machines, développement de matériaux plus performants… Ces progrès ont pour source principale les industriels du secteur, des travaux académiques en amont venus nourrir et enrichir ces pistes.

En réponse, le CEA, Le Pôle Européen de la Plasturgie et l'ENSAM, ont organisé en mai 2006 (Bourg en Bresse, Ain), le premier congrès RTS 2005. Le succès de cet événement, a encouragé les organisateurs (SERAM, le CEA, L'École des Mines d'Albi, l'ENSAM, Le PEP avec le soutien de la Fédération de Plasturgie, à organiser RTS 2007 tenu à l'École Nationale des Arts et Métiers à Paris en novembre 2007.

Des publications d'articles scientifiques issus des contributions dans ces deux événements ont été réalisés sous forme de deux numéros thématiques de la revue « Matériaux et Techniques » sur le « Rotomoulage, Thermoformage et Soufflage ».

Des enjeux immenses

À l'heure où les cours du pétrole pèsent de plus en plus sur le secteur de la plasturgie, ce domaine est en recherche permanente d'innovation scientifique et technologique, afin par exemple d'utiliser des épaisseurs de plus en plus fines ou bien de mettre au point des substituts biodégradables. Pour le monde industriel, et à l'échelle internationale, les enjeux sont immenses.

Dans cette manifestation ont été présents les responsables de grands centres de recherche industriels privés, tels que la Société Nestlé Waters, et des chercheurs de réputation internationale.

Les enseignants - chercheurs des Mines d'Albi, et particulièrement du laboratoire de recherche CROMeP, ont participé activement à cette conférence, qu'il a été possible d'organiser dans le département du Tarn grâce à l'expertise et à la reconnaissance dont bénéficie l'école. Cette conférence a bénéficié du soutien de la région Midi-Pyrénées, du Conseil général du Tarn, de la mairie d'Albi, de l'association francophone de Rotomoulage, de Thermo Former, de la Fédération Française de la Plasturgie et de la revue « Matériaux et Techniques ».

Une large thématique

Encore une fois, un des objectifs principaux de la conférence était le rapprochement du monde industriel à celui universitaire et académique.

En plus des thèmes déjà présents dans les conférences précédentes (l'optimisation et la simulation des procédés, etc.), les exposés se sont inscrits aussi autour de nouveaux thèmes.

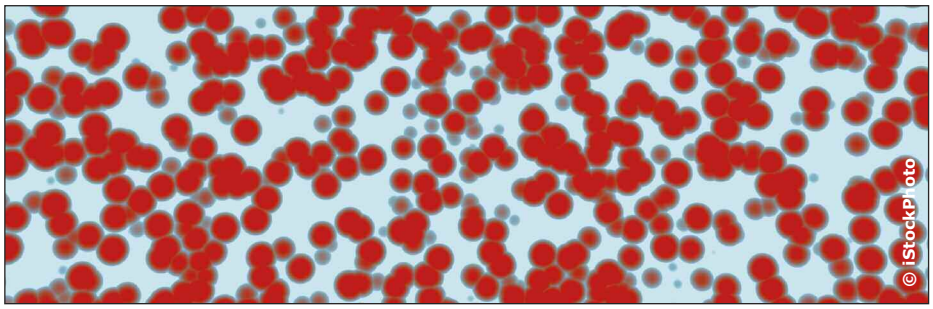
Ainsi ont été traités :

- les procédés réactifs - les avantages du rotomoulage réactif par rapport à celui traditionnel sont mis en évidence. Très souple, cette variante du rotomoulage, offre en outre la possibilité d'optimiser les formules et de créer des matériaux sur mesure : étanches aux gaz, souples à basse température, résistants aux pressions et températures élevées, etc. Ainsi des exemples d 'utilisation de monomères réactifs lors de cette technique, … ;
- le contrôle des procédés : des nouveaux procédés comme celui présenté sur l'emballage P.E.T.;
- les propriétés en fin de vie ;
- les nouveaux matériaux et nouveaux marchés, etc.

L'intérêt que présente la thématique et les travaux présentés dans cette conférence encouragent les organisateurs à continuer. La prochaine conférence sera organisé à l'INSA de Lyon. Les différentes présentations scientifiques et techniques sont consultables sur le site web : http://rts2009.enstimac.fr/comites.html.

Innovations

Des chercheurs de l'UE parviennent à aligner des nanofilms



Des chercheurs financés par l'UE originaires du Danemark, d'Allemagne, d'Israël et des États-Unis ont découvert un moyen d'aligner des molécules pour former des nanofilms sur la surface de l'eau, ce qui facilite l'étude de leur structure. Leurs résultats, publiés dans la revue Journal of Chemical Physics, ouvrent la voie à d'importants progrès pour l'étude des protéines membranaires et pour le développement de matériaux fonctionnels avancés.

On crée les nanofilms en dissolvant le matériau cible dans une substance volatile, qui est ensuite aspergée à la surface de l'eau. Le solvant s'évapore et le matériau flotte à la surface de l'eau, où les deux éléments s'associent pour former une couche cristalline très fine.

Le problème de cette technique est que bien que les molécules s'assemblent et cristallisent, elles se mélangent et se dirigent vers différentes directions. L'orientation des molécules impose en réalité les propriétés électriques, magnétiques et optiques du film final; ainsi, cette «poudre en 2 D» est problématique en laboratoire et peu pratique dans le cadre d'applications technologiques.

Dans cette nouvelle étude, les chercheurs ont bombardé le film d'impulsions laser d'une nanoseconde. Les impulsions laser créent un champ électrique qui fait lentement pivoter les molécules. Étant donné que le champ est polarisé, les molécules capturées sont influencées et s'alignent dans la même direction. Le taux de réussite est de 30 % ; cependant, les films résultants se sont révélés plus utiles de manière exponentielle que ceux produits jusqu'à présent.

Le Dr Iftach Nevo, un boursier Marie Curie de l'université d'Aarhus au Danemark, a déclaré : « À notre connaissance, c'est la première fois que l'on produit des films alignés de moins d'un nanomètre d'épaisseur. »

L'équipe a également découvert que la nature de la substance volatile utilisée pour dissoudre le matériau initial était extrêmement importante, étant donné que le taux d'évaporation et la température ont tous deux un effet sur l'organisation du nanofilm originel.

Cette technique a une portée générale et peut être appliquée à toute une gamme de molécules. Elle n'est pas parfaite, mais les progrès réalisés par l'équipe représentent un grand pas en avant vers l'obtention de nanofilms stables et auto-alignés. Ces films pourraient être utilisés dans l'étude des structures de tissus et de membranes biologiques à l'aide de techniques d'imagerie avancées.

Ces nouvelles connaissances ouvrent la voie à l'utilisation des nanofilms dans le développement de matériaux ultrafins, qui reposent sur les molécules alignées. Elles pourraient également trouver des applications importantes dans le domaine des technologies émergentes de cellules solaires D'après le coauteur Tamar Seideman de l'université du Northwestern aux États-Unis, la capacité à aligner les molécules dans ces dispositifs serait une composante indispensable de leur efficacité.

Source : Institut américain de physique*

Pour de plus amples informations, consulter:

- Journal of Chemical Physics http://jcp.aip.org/
- Institut américain de physique http://www.aip.org/

« Nouvelles» sur CORDIS : L'éditeur web de la recherche et innovation en UE http://cordis.europa.eu/news

Publication rapide avec *E-first*

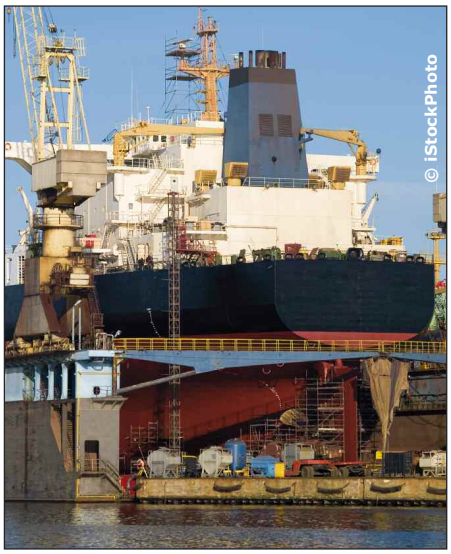
Avec *E-first*, n'attendez plus la version papier ou la parution en ligne de votre numéro complet de *Matériaux & Techniques*. Les articles sont présentés sous leur forme finale dès qu'ils ont été lus et corrigés et peuvent être cités par leur numéro de DOI.

www.mattech-journal.org

Offres : Technologies industrielles

Garantir les performances des joints collés à long terme

La plupart des concepteurs, des fabricants et des propriétaires de navires ne sont pas conscients des possibilités qu'offre l'assemblage par collage, ou de ses limites pour l'assemblage de matériaux légers. L'objectif du projet BONDSHIP était de montrer comment utiliser en toute sécurité des joints collés dans des zones critiques alors que l'expérience de leur utilisation se développe et que la confiance concernant leurs performances sur le long terme se renforce.



Les adhésifs structurels sont actuellement utilisés dans un certain nombre d'applications au large (offshore) avec des avantages significatifs, notamment la limitation de la corrosion galvanique induite par isolation électrique entre matériaux dissemblables. De plus, l'utilisation d'adhésifs peut occasionner des améliorations au niveau de la conception qui peuvent réduire le poids total des paquebots et des navires à grande vitesse, ainsi que les coûts de fabrication.

Un savoir-faire solide en matière d'assemblage par collage est toutefois nécessaire pour que l'application d'adhésifs sur des pièces attenantes produise un joint durable. La sélection soignée des matériaux adhésifs est primordiale tout comme la bonne préparation des surfaces. En tenant compte de ces éléments, un banc d'essai de méthodes numériques pour la conception de joints collés pour les structures de navires a été conduit dans le cadre du projet BONDSHIP avec le Fraunhofer-Gesellschaft.

Les méthodes d'éléments finis se sont révélées être des outils polyvalents pour étudier le comportement des joints collés sous différentes conditions de charge opérationnelle. Pour la conception de grandes structures, la modélisation d'un système de remplacement des éléments de voûte soumis à des charges selon une direction axiale est nécessaire. D'autre part, des méthodes d'éléments finis non linéaires et des modèles de matériau hyperélastique doivent être utilisées pour l'analyse détaillée et l'optimisation de la géométrie des joints.

Des progrès ont été réalisés avec la modélisation de la réponse des joints collés non seulement avec des adhésifs rigides, mais aussi avec des adhésifs souples et les structures comportant de tels joints. Des conseils et des exemples de conception, de fabrication, d'inspection et de réparation de joints collés par adhésifs sont mis à disposition du public dans les instructions du projet BONDSHIP. Ce document décrit un cadre général pour une utilisation sûre de l'assemblage par collage dans la construction navale.

Source : Résultat du programme GROWTH financé par l'UE*

Pays : Allemagne

Type de collaboration recherchée :
Échange d'informations/Formation

Droits de propriété :
Savoir-faire confidentiel

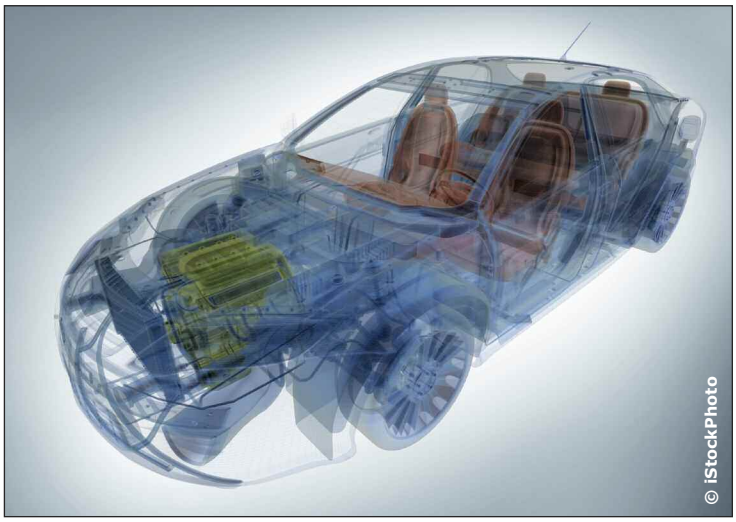
«Marché de la technologie » sur CORDIS : L'éditeur web de la recherche et innovation en UE http://cordis.europa.eu/marketplace/fr

Repousser les frontières de la métallurgie des poudres d'acier

La compaction et le frittage des poudres de métaux fins en pièces au plus près des côtes définitives (near net-shaped) est devenu le moyen privilégié par l'industrie automobile pour minimiser le gaspillage des matières premières. Dans une tentative d'optimisation de ce traitement, le projet PM-MACH s'est concentré sur le contrôle de la déformation des particules de poudre dans des conditions particulières de pression et de température.

La métallurgie des poudres est une technique de fabrication de précision pour la production en masse de pièces d'automobiles en métal, telles que des pièces de transmission à partir de poudres de fer et d'acier au carbone. Les poudres fines de métal sont pressées dans un moule rigide pour obtenir un matériau poreux, légèrement cohésif, désigné sous le nom de matériau vert. La deuxième étape consiste en un traitement thermique sous le point de fusion du matériau vert, pendant lequel la compaction des poudres est transformée en un solide cohérent.

La dureté des matériaux traités à la chaleur qui résultent de la formation de liaisons fortes entre particules de poudre est très recherchée. Toutefois, il est essentiel de la contrôler afin de ▸



réduire les besoins en opérations de finition coûteuses. Face au manque d'informations complètes sur le frittage des compacts de poudre d'acier, les ingénieurs de l'Institut national polytechnique de Grenoble, en France, ont adopté une approche innovante.

Une analyse approfondie de la déformation macroscopique des compacts de poudre d'acier pendant le cycle de frittage a été couplée avec des observations tridimensionnelles (3D) des modifications microstructurales. Des tests dilatométriques conventionnels ont été effectués sur des spécimens cubiques pris sur des barres de test pour suivre l'évolution des déformations dans la direction de la pression ou dans une direction transverse. La microtomographie par absorption des rayons X a permis d'obtenir une meilleure compréhension du principal phénomène responsable de la déformation du compact de poudre d'acier.

Deux différents types de pores étaient présents dans le compact de poudre d'acier : des pores cuspidés et des pores allongés. Des pores allongés ont été détectés au niveau de la zone de contact entre les particules de poudre, la plupart perpendiculaires à la direction de compaction. Ces pores de contact ont été attribués à des micro-dommages et à des particules de lubrifiant écrasées entre les particules d'acier pendant la décharge et l'éjection du compact hors du moule. Lorsque les pores de contact s'ouvrent, le compact de poudre se gonfle et rétrécit lorsque le frittage commence et qu'ils se rapprochent.

Des études seront conduites à l'avenir en vue d'examiner l'effet de la composition des matériaux sur la déformation des compacts de poudre de métal. Les partenaires du projet espèrent pouvoir utiliser les informations collectées pour développer des techniques efficaces d'usinage des compacts de poudre avant frittage et réduire ainsi les coûts de fabrication.

Source : Résultat du programme GROWTH financé par l'UE*

Pays : France

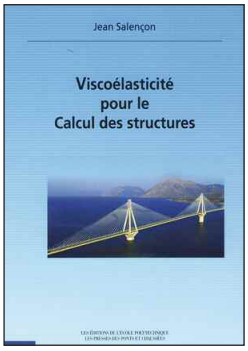
Type de collaboration recherchée :
Soutien supplémentaire à la recherche ou au développement

Droits de propriété :
Savoir-faire confidentiel

«Marché de la technologie » sur CORDIS : L'éditeur web de la recherche et innovation en UE http://cordis.europa.eu/marketplace/fr

Viscoélasticité pour le calcul des structures

PAR JEAN SALENÇON



Cet ouvrage s'adresse aux étudiants des grandes écoles scientifiques et des universités dont le cursus s'intéresse au calcul des structures industrielles et des ouvrages de génie civil. Issu d'un enseignement longtemps professé par l'auteur à l'Ecole nationale des ponts et chaussées, il fait le choix d'une démarche essentiellement pratique, présentant le comportement différé de type viscoélastique, d'abord dans le cadre unidimensionnel souvent suffisant pour les applications au calcul des structures, puis dans le cadre tridimensionnel de la mécanique des milieux continus classique.

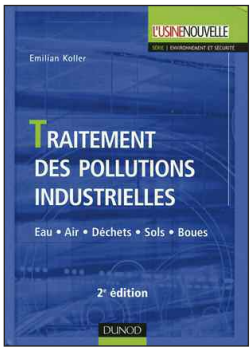
L'accent est mis sur le comportement viscoélastique linéaire incluant le "vieillissement" possible des matériaux qui doit souvent être pris en compte dans la pratique. Quelques exemples illustrent la mise en œuvre des concepts et des méthodes présentées pour la résolution des problèmes d'évolutions viscoélastiques. On y met en évidence à la fois le caractère effectif de ces méthodes et les effets typiques du comportement différé du matériau constitutif sur la réponse d'une structure ou d'un ouvrage, notamment en présence de précontrainte.

L'attention du lecteur est particulièrement attirée sur la nécessité d'une bonne compréhension des phénomènes mécaniques en cause dans l'analyse d'un tel problème par une définition exacte de l'histoire des sollicitations imposées afin d'éviter des confusions sur la nature et les temps caractéristiques des évolutions qui en résultent.

132 pages, Les Éditions de l'École Polytechnique, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées (juin 2009).

Traitement des pollutions industrielles
Eau - Air - Déchets - Sols - Boues

PAR EMILIAN KOLLE



Cet ouvrage offre une synthèse opérationnel le complète de toutes les techniques existantes de traitement des pollutions industrielles :

- techniques d'assainissement des eaux résiduaires industrielles (épuration, chaînes de traitement) ;
- traitement des boues issues de l'épuration (stabilisation, épaississement, conditionnement, déshydratation, séchage thermique, élimination finale) ;
- techniques d'épuration de l'air (polluants dus aux procédés industriels, à la combustion, aux transports) ;
- techniques de dépollution des sols (traitement in-situ, hors site, phytoremédiation, etc.) ;
- valorisation, traitement et mise en décharge des déchets industriels.

Dans chaque cas, il décrit la nature des sources de pollution, les méthodes de mesure puis les différentes techniques, en analysant leurs avantages et leurs limites, afin de permettre à chacun de choisir une solution adaptée à ses problèmes.

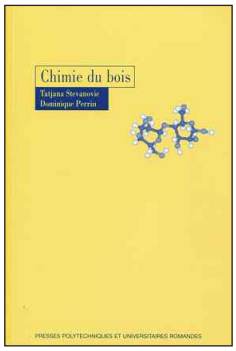
Cette seconde édition, mise à jour et enrichie, apporte des informations complémentaires sur les différents procédés de traitement des composés organiques volatils.

Cet ouvrage constitue un véritable outil de travail indispensable aux responsables environnement, directeurs industriels et chefs d'entreprise, ainsi qu'aux professionnels du traitement des pollutions.

570 pages, Dunod, L'Usine Nouvelle (juin 2006).

Chimie du bois

PAR TATJANA STEVANOVIC ET DOMINIQUE PERRIN



La biomasse est devenue une alternative crédible au pétrole pour l'industrie chimique, et le bois en particulier présente un potentiel de développement considérable. Les technologies de sa transformation reposent sur une connaissance solide de la chimie de ce matériau, tant dans la conception de produits à valeur ajoutée (soudage, densification, transformation thermique) que pour la valorisation de la matière première (applications matériaux, alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques des constituants du bois). Cet ouvrage sans précédent à ce jour en langue française présente un état des lieux complet et actuel de l'ensemble des bases de chimie indispensables à maîtriser pour la transformation du matériau bois.

Cet ouvrage s'adresse principalement aux étudiants de Licence et de Master, aux élèves ingénieurs et chercheurs en sciences du bois, mais aussi à tous les praticiens du domaine à la recherche d'un ouvrage de référence.

242 pages, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (juin 2002)

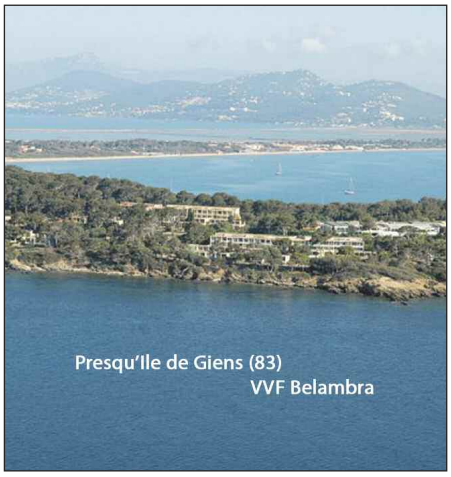
SEPTEMBRE 2009

Composites Meetings – 2ème Convention d'Affaires des Matériaux Composites, 22–23 septembre, Nantes, France.

L'utilisation des matériaux composites dans de nombreux secteurs de l'industrie, des transports aéronautique, terrestre et naval est croissante.
EMC2 (Ensembles Métalliques et Composites Complexes) et BCI (Business Conventions International) lancent la convention Composites Meetings pour réunir en un même lieu pendant deux jours les utilisateurs et fournisseurs internationaux de matériaux composites.

www.compositesmeetings.com

JADH 09 - 15e Journées d'Étude sur l'Adhésion, 27 septembre au 2 octobre, Presqu'ile de Giens, France.



Les 15e Journées d'Étude sur l'Adhésion sont organisées par la Section Française de l'Adhésion, division de la Société Française du Vide et se dérouleront en région PACA, du 27 septembre au 2 octobre 2009.
La formation, dispensée pendant les deux premiers jours couvre le large domaine de la Science de l'Adhésion. Les cours sont assurés par des experts universitaires et industriels reconnus.
7 conférences invitées, la conférence du prix Dedale attribué à une personnalité étrangère et des conférences orales et par affiches seront proposées. Parmi les conférences invitées, 2 vont couvrir des problématiques liées aux interfaces exposées à des milieux agressifs comme le milieu marin dans les assemblages ou les revêtements, 2 autres développeront les aspects adhésion cellulaire et interactions avec le vivant. L'organisation du colloque s'est faite de manière conjointe avec le CARMA dont l'activité est très liée au développement de la filière Matériaux dans la Région PACA.

www.vide.org/jadh2009.html

Session de formation du CNEP « Approche scientifique des phénomènes de vieillissement », 30 septembre au 1 octobre, Clermont Ferrand, France.

Ces journées de formation sont organisées par le Centre National d'Évaluation de Photoprotection en collaboration avec LPMM, l'université Blaise Pascal et l' École Nationale Supérieure de Chimie de Clermont-Ferrand.
Il s'agit d'une approche scientifique des phénomènes de vieillissement et, plus généralement, d'une analyse chimique et physico-chimique des défaillances des matériaux polymères.
Afin de toucher un large public, les conférences seront données en anglais scientifique par des intervenants francophones, et seront complétées par un support écrit.

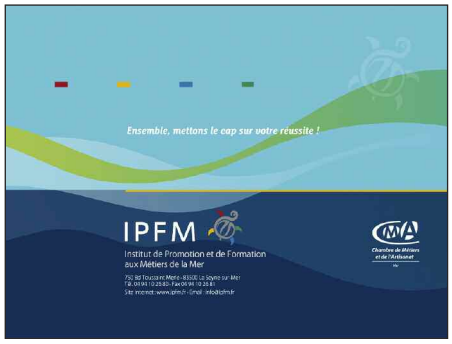
www.cnep-ubp.com

OCTOBRE 2009

Les 9e Rencontres Technologiques MIEC, 6–8 octobre 2009, La Valette du Var et La Seyne-sur-mer, France.

ISITV

Les 9e Rencontres Technologiques MIEC sont un évènement euroméditerranéen incontournable pour la promotion d'une Innovation éco-compatible.



Issues des Rencontres Matériaux Innovants et Technologies Associées, réunissant depuis 2001, industriels et laboratoires de recherche à l'ISITV, les Rencontres Technologiques MIEC Matériaux Innovation et Eco-Conception, se déroulent à l'IPFM dans un espace conforme aux nouvelles ambitions que se donnent les co-organisateurs de cette manifestation.
Les Rencontres Technologiques MIEC 2009 ont été créées permettre aux participants de communiquer mieux sur ces objectifs :

- plus de 800 visiteurs attendus, 130 exposants ;
- des délégations d'entreprises étrangères du Maghreb, d'Italie, de Roumanie ;
- des réunions de travail thématiques pour les chefs d'entreprises ;
- 10 conférences ; 7 Tables Rondes sur les énergies, la plasturgie, le bâtiment, les matériaux bio-compatibles en chirurgie ;

- une dizaine d'ateliers techniques thématiques ;
- logiciels, travail de groupes, approche industrielle des techniques récentes d'infusion, de soudage, de collage par des professionnels et des experts ;
- des démonstrations en direct de technologies innovantes, des documentaires inédits ;
- des animations visuelles et sonores, un concert.

Programme des journées

- Journée de formation à l'ISITV (La Valette du Var) - mardi 6 octobre : journée de promotion de l'éco-conception dans l'enseignement technique supérieur en PACA. Les enseignants et étudiants des écoles techniques supérieures de PACA pourront assister toute la journée aux diverses conférences sur l'éco-conception ainsi qu'à une table ronde de cloture sur l'intégration de l'éco-conception dans les programmes de formation.
- Salon MIEC 2009 à l'IPFM - 7 et 8 octobre : ces journées sont dédiées à l'industrie et à la recherche au sein de l'Institut de Promotion et de Formation aux Métiers de la Mer, à La Seyne-sur-mer.

www.materiatech-carma.net/miec

1ère conférence internationale sur remplacement du chrome 6 dans le traitement de surface des alliages légers, 26–27 octobre, Paris, France.

Cette conférence est organisée par l'Association de Traitement Thermique et de Traitement de Surface (A3TS) en partenariat avec le Pôle ASTech.
Le remplacement du chrome hexavalent constitue un enjeu écologique international majeur qui touche de nombreux domaines industriels. Le secteur du traitement de surface des alliages légers qui utilise de nombreux procédés concernés par ce problème a été parmi le tout premier à réagir à cette exigence.
Depuis plus de 10 ans maintenant et dans l'optique de réduire le chrome 6 tout en conservant les propriétés d'emploi des pièces traitées, les technologies classiques de traitement des alliages d'aluminium et de magnésium ont évolué, des variantes de traitement se sont multipliées, de nouveaux procédés sont apparus. Dans ce foisonnement, certaines innovations pourtant prometteuses sont restées au stade du laboratoire alors que d'autres s'installent discrètement dans le paysage industriel.
Actuellement et à la lumière de ces différentes expériences, les grandes options du remplacement du Cr6 se dessinent plus clairement et le temps est venu de réaliser un état des lieux et de dégager les perspectives d'avenir. C'est précisément le but de ces journées internationales qui permettront, en rassemblant les meilleurs spécialistes internationaux actuels sur le sujet, de valider les acquis et d'orienter la réflexion sur les développements futurs.
Les thèmes suivants seront abordés lors de ces deux journées : décapage, anodisation, colmatage, conversions chimiques, sol-gels, peintures, traitement des alliages de magnésium.

www.a3ts.org

NOVEMBRE 2009

« 22e entretiens » - centre Jacques Cartier Rhône-Alpes : Colloque Plasturgie « Matériaux Performants, procédés innovants et développement durable », 30 novembre –1 décembre, Lyon, France.

L'objectif de ce colloque est de faire l'état de l'art des connaissances scientifiques et technologiques dans le but du développement de nouvelles applications innovantes en plasturgie.
La Plasturgie est située « au carrefour entre science et technologie, entre recherche fondamentale et innovation ». Elle concerne l'ingénierie et le développement durable associés à une classe de matériaux particuliers et nécessite le développement d'une approche scientifique pluridisciplinaire en Chimie, en Physique (Mécanique, Matériaux, Thermique...), Mathématiques et plus globalement en procédés.
Face à une concurrence mondiale de plus en plus sévère, la Plasturgie doit impérativement trouver une nouvelle dynamique sur des marchés internationaux à forts potentiels. Ceci ne pourra se faire qu'à travers des développements innovants. L'innovation devient le facteur clé de compétitivité de la Plasturgie afin de lui permettre de relever les défis et de créer des richesses nouvelles à forte valeur ajoutée. Ainsi, l'impact de ce colloque, à travers les exposés des verrous technologiques et des connaissances scientifiques contribuera à l'évolution technologique de cette filière.
Ce colloque a également pour objectif de réunir les scientifiques provenant à la fois des milieux académiques et industriels tout en s'appuyant sur l'activité des pôles de compétitivité de Lyon et plus généralement de Rhône Alpes (PLASTIPOLIS, AXELERA, TECHTERA, ...).
Aussi, ce colloque sera un moment unique d'échanges, de réflexions, de rencontres et de catalyse de projets dans un secteur pluridisciplinaire par excellence comme celui de la Plasturgie. Le choix des conférenciers et l'organisation même du colloque seront guidés par ces réflexions qui profiteront aux jeunes chercheurs doctorants et post-doctorants des laboratoires ainsi qu'aux ingénieurs de l'industrie.

www.cnep-ubp.com