



EDITO

par **Olivier DELCOURT**
PSA PEUGEOT CITROËN

Les Instituts de Recherche Technologiques (IRT) ou une nouvelle façon de travailler...

Pendant longtemps les sociétés de grande taille ou de taille moyenne ont assuré leurs travaux de Recherche et Développement en parfaite autonomie. Sous la pression économique et la nécessité de redonner du dynamisme à la filière industrielle française, ce mode de fonctionnement avoue aujourd'hui ses limites. Si nous voulons rester compétitifs face à l'offensive de nos concurrents, il paraît indispensable de décloisonner les frontières de nos sociétés en cherchant à fédérer et mutualiser davantage nos forces.

Une première étape d'ouverture et de mutualisation a été permise à travers la construction de projets financés à l'échelle nationale ou européenne (FUI, ANR, PREDIT, etc...). La création récente des IRT soutenue par les investissements d'avenir, va clairement accélérer ce mouvement. Sur une trentaine de dossiers présentés, 6 ont été retenus, dont 2 sur les matériaux ! : l'IRT Jules Verne situé à Nantes dédié aux matériaux composites, et l'IRT Matériaux Métallurgie et Procédés (M2P) localisé à Metz (avec antennes à Belfort-Montbéliard et Troyes). La création de l'IRT M2P témoigne d'une vraie reconnaissance des métiers de la métallurgie en France et du savoir-faire associé. Une nouvelle façon de travailler ? La réponse est clairement oui !

La construction des premiers projets met en évidence la volonté de fédérer les différents acteurs industriels (aéronautique, automobile, énergie, matières premières, PME,...) en s'appuyant sur la richesse du secteur académique régional. Les plateformes qui permettront de travailler sur des procédés à l'échelle industrielle, constitueront également un facteur de compétitivité déterminant pour l'avènement des nouvelles technologies.

Voilà le challenge qui nous est proposé ; c'est à nous de le relever. Il en va de l'avenir de nos métiers et de ses compétences.

INFOS TECHNIQUES

JOURNÉE TECHNIQUE : PIGNONNERIE : QUEL TRAITEMENT POUR QUEL CONTACT ?

Section France-Nord Belgique, le 25 octobre 2012
à VILLENEUVE D'ASQ.

Anne Mouftier, Présidente de la section.

La journée a été ouverte par C. LEROUX qui a présenté un exposé sur les sollicitations et endommagements courants des engrenages. Il a fait la distinction entre les phénomènes d'usure et de fatigue mécanique se manifestant principalement sur les flancs de dents, et a rappelé les problèmes de fatigue en flexion conduisant quelquefois à la rupture en pied de dent. Il a également évoqué le choix de solutions de traitements de durcissement de surface offert aux concepteurs d'engrenages, en insistant sur l'absence de solution « universelle ». De façon générale, il est conseillé de traiter à une profondeur de l'ordre de deux fois la profondeur de cisaillement maximal selon la théorie du contact de Hertz. Mais cette

préconisation peut se nuancer en fonction notamment de la taille des engrenages et du potentiel bénéfique résultant de la genèse de contraintes résiduelles de compression lors du traitement.

Au passage il a été rappelé les différences existant au niveau des définitions des profondeurs conventionnelles de traitement en fonction du type de traitement, ou du pays émetteur de la spécification. Enfin, il a été souligné l'importance de « protéger » le contact par des post-traitements de surface, une fois les caractéristiques mécaniques obtenues.

L'exposé de J. LESAGE, professeur à l'Université de Lille, a fait état des difficultés d'appréhension et de mesure des propriétés tribologiques telles que le coefficient de friction, en mettant en évidence les influences de la rugosité ou de la température sur ce type de mesure. Il a également donné des exemples de dimensionnement à la pression superficielle ou à la rupture.

S. BADBEDAT, de la société BODYCOTE, a présenté les avantages et inconvénients des différents traitements thermo-chimiques en soulignant l'évolution de la cémentation vers les traitements basse pression, qui permettent d'éviter l'oxydation intergranulaire et s'accompagnent désormais de trempes au gaz, ce qui pose la question de l'éventuelle nécessité d'un revenu subséquent.

La qualité des gaz de cémentation vis-à-vis de leur emploi a également été évoquée, en particulier l'avantage en teneur volumique en carbone de l'acétylène par rapport au propane qui permet au traitement de bien pénétrer partout. Par ailleurs il a souligné l'intérêt des traitements de nitrocarburation, appliqués à des nuances d'acier « classiques » en vue d'obtenir une couche de combinaison. La question des déformations après traitement de nitruration a été évoquée : le gonflement lié à la couche blanche est estimé à environ 30% de l'épaisseur de couche blanche par face ; quant aux autres déformations, elles résultent le plus souvent de la relaxation de contraintes résiduelles, qui nécessitent de pratiquer un revenu sur ébauche à une température supérieure d'environ 30°C à 50°C à la température de nitruration. L'influence de la rugosité de surface a été discutée : plus elle est importante, plus la profondeur de nitruration l'est également. Toutefois, l'écaillage est généralement considéré comme défavorable, mais c'est parce qu'il s'accompagne le plus souvent d'une pollution de la surface par les fluides de lubrification.

E. Puchi Cabrera, professeur invité à l'université de Lille, a ensuite présenté une analyse bibliographique du phénomène de fish-eye-cracking, rencontré dans les essais de fatigue en flexion rotative destinés à qualifier différents types de traitements de durcissement de surface. Il a remarqué que cet endommagement qui démarre en sous-couche et non en surface peut-être favorisé par la distribution des contraintes résiduelles.

M. Gouvier, de la société Elotherm, a présenté la trempe bi-fréquence (M.F. puis H.F.) appliquée aux engrenages de grandes dimensions, avec positionnement de l'inducteur grâce à de petits capteurs inductifs.

M. Fleurentin, du CETIM, présenta en clôture un exposé sur une étude visant à éviter l'adoucissement des couches carbonitrurées produit par l'échauffement consécutif à un contact excessif (forte charge, grand nombre de cycles). Différents axes ont été explorés : modification de la gamme de carbonituration en vue d'introduire davantage d'azote, ou de traiter sur de plus grandes profondeurs, introduction de revenus ou de grenailage de précontrainte. Il apparaît qu'une carbonituration sur-enrichie à l'azote améliore très sensiblement la durée de vie pour les contacts fortement sollicités.

La prochaine journée technique de la section France-Nord/Belgique aura lieu le 28 mars 2013 à l'université de Mons. Elle traitera du « Contrôle non-destructif de traitements sur pièces finies ». En lien avec la journée précédente, plusieurs exposés traiteront de contrôles de profils de durcissement de surface (contrôle de la profondeur de trempe par US, prévision du profil de dureté par indentation, mesure d'épaisseurs de revêtements par courants de Foucault). D'autres exposés mettront en avant des applications originales de la vision artificielle pour la défectologie, du contrôle par bruit Barkhausen, ou du développement des mesures US multiéléments.

JOURNÉE TECHNIQUE : ÊTES VOUS SÛRS DE CE QUE VOUS MESUREZ ?

Section Nord-Est,
le 19 juin 2012,
à Charleville-Mézières.

Les incertitudes de mesure.

E. LAFFINEUR.

Exposé très complet reprenant les définitions des différents termes du vocabulaire international de métrologie, intervenant dans la mesure tels que : « mesurage et mesurande, résultat, fidélité, reproductibilité, étalonnage, vérification, incertitude de mesure et incertitude élargie ».

Les outils d'estimation des incertitudes sont décrits, notamment la « méthode des extrêmes », « des essais inter-laboratoires » selon le GUM (guide pour l'incertitude de mesure) selon NF EN V13005 et selon la simulation Monte-Carlo.

Dans la méthode GUM, les composants des sources d'erreurs sont identifiés par la méthode des 5M, les incertitudes pour chaque source individuelle peuvent répondre à une loi normale, uniforme, en U ou triangulaire, elles sont composées pour former l'incertitude type. Selon le niveau de confiance choisi un coefficient d'élargissement est appliqué pour déterminer l'incertitude élargie (un facteur d'élargissement $k=2$ correspond à un niveau de confiance de 95%. Différentes méthodes d'évaluation de l'incertitude sont appliqués aux essais de flexion par choc type Charpy et à l'essai de traction et sont présentées.



Comparaison des deux méthodes :

Alliage de Titane corroyé : TAV6-ELI (ASTM F136-11)

Paramètres	Incertitude élargie absolue (probabilité de 95%)	
	GUM (Propagation des erreurs)	Simulation de Monte-Carlo
Rm (MPa)	999 ± 8 MPa	999 ± 6 MPa
Rp0,2 (MPa)	965 ± 11 MPa	967 ± 7 MPa
AK (40)	21,2 ± 1,4 %	21,2 ± 1,2 %
AK (50)	19,4 ± 1,4 %	19,5 ± 1,2 %
ZK	68,6 ± 0,9 %	68,6 ± 0,6 %
E (GPa)	116282 ± 1073 MPa	116459 ± 760 MPa

Les résultats obtenus sont de même ordre et permettent de valider la méthode GUM utilisée en routine pour estimer les incertitudes de mesure.

Moyens mis en œuvre pour la caractérisation des inclusions dans les aciers.

E. HENAU (CREAS ASCOMETAL).

Les différents types d'inclusions et leurs origines sont décrits ainsi que leurs moyens de contrôle, leur apparition au cours de la production d'acier et les moyens d'identification. On distingue les inclusions exogènes, endogènes et de réoxydation, classées par taille en micro-inclusions et macro-inclusions. Pour les éliminer lors de l'élaboration on fait intervenir 4 processus : sédimentation, flottation, agglomération, captation par le laitier. Elles évoluent au cours du corroyage selon qu'elles sont déformables (silicates et sulfures), fractionnables (alumine) ou indéformables (oxydes globulaires). On cherche à déterminer la densité des inclusions selon leur taille pour évaluer leur effet sur la fatigue. Les distributions sont du type loi normale ou log-normale. Un exemple de nitrures et carbonitrides de titane dans un acier à ressort est présenté. Les inclusions sont observées afin de déterminer leur effet sur les propriétés : effet positif vis-à-vis de l'usinabilité, effet négatif sur la fatigue selon leur taille (0,5 à 50µm), la densité doit répondre à des critères différents selon les applications : 1 à 10 inclusions > 5µm/cm² dans un acier à roulement, 1 à 10 inclusions > 5µm/mm² dans

un acier à usinabilité améliorée. La propreté inclusionnaire est un critère de qualité des coulées, elle devra être d'autant plus poussée que la résistance demandée à l'acier traité est élevée. Les moyens d'identification sont ensuite décrits. Les macro-inclusions font l'objet d'un contrôle volumique par US, les micro-inclusions d'un contrôle surfacique par contrôle optique et électronique SEO et SEO-CDI (Spectrométrie à Emission Optique avec Comptage Des Particules) dont le principe est de créer par étincelage un micro-volume de plasma dans lequel les longueurs d'onde présentes sont détectées et identifiées qualitativement (nature du composé) et quantitativement (hauteur du pic). La méthode CDI est plus rapide et crée des micro-impacts aléatoires.

Les méthodes optiques mettent en œuvre la métallographie quantitative permettant de déterminer la répartition des inclusions selon leur forme et leur taille ; La méthode SEV (statistique des extrêmes selon ASTM E2283) est employée. Cette détermination se fait sur un plan de coupe pour être comparées aux images types fournies par les normes. La microscopie optique quantitative est limitée par les risques d'artéfacts de préparation et les limites de l'observation optique est elle avantageusement remplacée par la microscopie MEB FEG (à effet de champ), dont la mise en œuvre et les résultats sont décrits. Des méthodes de simulation sont exploitées pour estimer les incertitudes de mesure.

La maîtrise des processus de mesure : pourquoi, comment ?

C. CARLINET (PSA).

Après un rappel sur les notions de mesure et de métrologie, la place dans la mesure dans l'entreprise et plus spécifiquement dans le groupe PSA est présentée. Elle contribue à la validation des solutions techniques, à l'homologation avant commercialisation des produits et assurer la conformité de la production. La connaissance des incertitudes de mesure permet de prendre les bonnes décisions pour comparer les résultats de mesure entre eux, d'assurer l'adéquation du processus de mesure par rapport aux spécifications et évaluer les risques clients/fournisseurs. Les méthodes d'estimation des incertitudes sont obtenues par l'application des méthodes statistiques comme décrit dans l'exposé d' E. LAFFINEUR.

Les incertitudes de mesures appliquées au contrôle du grenailage.

F. FUNCK (PSA).

Après avoir rappelé les principes et moyens mis en œuvre pour le grenailage de précontrainte, les principaux critères de contrôle du procédé sont les contrôles de granulométrie et d'intensité Almen. La méthode des 5M est appliquée aux mesures Almen en particulier au comparateur qui identifie les facteurs importants suivants : propreté des cales, vibrations, résolution, positionnement de la cale, température et incertitudes d'étalonnage du comparateur. L'estimation est évaluée à +/- 1,7 A. La même démarche sur la granulométrie identifie les facteurs hygrométrie, propreté et calibration des tamis.

Incertitudes sur les mesures de dureté.

M. OSMOND (PSA).

Les méthodes statistiques déjà présentées dans les communications précédentes sont appliquées aux mesures de dureté. L'erreur de mesure qui s'ajoute à la valeur vraie pour obtenir la valeur mesurée, est la somme de l'erreur systématique attribuée à la machine et aux erreurs aléatoires issues des 4M (méthode, main d'œuvre, milieu, matière).

Le calcul de l'incertitude aboutit à l'équation suivante :

$$u_{\text{composée}}(\text{dureté}) = \sqrt{u_{\text{dérive}}^2 + u_{\text{écart machine toléré}}^2 + u_{\text{bloc réf}}^2 + u_{\text{répétabilité}}^2 + u_{\text{résolution}}^2 + u_{\text{reproductibilité}}^2}$$

L'incertitude élargie est pour un intervalle de confiance à 95% égale à 2 u composées.

Les comparaisons interlaboratoires menées avec 12 laboratoires de métallurgie chez PSA ont révélé des performances de fidélité (notamment de reproductibilité interlaboratoires) bien inférieures aux incertitudes trouvées par la méthode GUM simplifiée.

Ceci conforte l'intérêt, entre autres, de la comparaison interlaboratoires Groupe en dureté pour l'identification de performances avérées, mais aussi d'avoir un calcul indépendant sur les incertitudes propre à chaque laboratoire.



3e CONFÉRENCE INTERNATIONALE : APPLICATIONS & INNOVATIONS EN PROJECTION THERMIQUE

A3TS Sud-Ouest, 12 et 13 décembre 2012, à PAU.

Compte rendu rédigé par M. DUCOS.

Les conférences plénières de Francis Monerie-Moulin et Claude Thomas ont donné avec précision l'état de l'Art de la Projection Thermique dans le groupe aéronautique SAFRAN et dans les autres domaines industriels. La projection thermique est orientée dans trois applications de l'aéronautique : dépôts abrasables, barrières environnementales et revêtements aux propriétés tribologiques.

Les différents dépôts abrasables autorisent une interférence entre les parties mobiles et les parties fixes et sont utilisés en fonction de la température de service.

De la température la plus basse à la température la plus élevée, les matériaux abrasables sont l'AlSi polyester, l'Hastelloy X, les super alliages CoNiCrAlY, l'Al₂O₃-TiO₂, certains associés à un matériau de type « nid d'abeille ».

A partir de la chambre de combustion les températures peuvent atteindre 1500°C exigeant des matériaux résistant à ce niveau de température et à une corrosion importante (sel fondu + soufre). Dans ce cas les dépôts et les substrats sont adaptés à ces conditions ce qui se traduit par des combinaisons substrats base nickel et Hastelloys et dépôts MCrAlY et ZrO₂/Y₂O₃. Cette céramique est déposée par projection thermique ou par EB/PVD.

Une application relativement récente est le remplacement du chrome dur sur des pièces de trains d'atterrissage par un dépôt HVOF de WCCoCr (86-10-4) dont ont profité l'Airbus A880 et le Boeing 787.

Dans les applications anti fretting un nouveau revêtement anti fretting CoCrAlYSi-BN est disponible. La base Cobalt offre un bon comportement en frottement et le nitrure de bore (BN) apporte la fonction lubrifiant solide incorporée dans le revêtement. Ce revêtement anti-fretting est appliqué sur les pieds d'aubes.

La session Cold Spray a permis de mettre en évidence le rôle important des caractéristiques des poudres et l'évolution de ce procédé en ce qui concerne les applications industrielles présentes et futures, particulièrement dans le domaine aéronautique. Michel Jeandin (*Ecole des mines de Paris – C2P*) a montré la difficulté d'établir la caractérisation d'une poudre Cold Spray due à l'influence de plusieurs facteurs comme : le matériau à projeter, la dimension et la géométrie des particules, leur courbe granulométrique, le taux d'oxydation, l'état massif ou aggloméré des particules, etc... On peut citer par exemple le cuivre sphérique supérieur au cuivre dendritique et le tantale de forme irrégulière supérieur au tantale sphérique.

A. Sova (*ENISE*) a présenté une buse de Cold Spray miniaturisée permettant de réaliser des dépôts de cuivre et d'aluminium de faible largeur -1mm par rapport au 7mm du Cold Spray conventionnel.

Les revêtements ont été réalisés avec de l'hélium comme gaz principal et sans chauffage. Les pressions ont varié selon la nature du matériau projeté entre 20 et 30 bar. Une simulation numérique suivie de mesures du débit de gaz et de la vitesse des particules a permis d'optimiser les paramètres et le profil de la buse. Cette buse pourrait permettre de réaliser des « traces » très fines évitant l'utilisation de masques. Il est nécessaire néanmoins, d'adapter le distributeur de poudre aux faibles débits et à leur stabilité.

Jean-Paul Chobaut (*CM2T Lorius*) a donné quelques exemples d'applications industrielles et plus spécialement dans le domaine médical. Ces applications médicales sont centrées sur les couches d'ostéointégration réalisées par le Cold Spray sur des prothèses. Les matériaux cités par l'auteur sont principalement le titane pur ou associé à de l'HAP (hydroxyapatite) ou du magnésium et un composite PEEK (Poly-IEtherKetone)/ HAP-Ag. Les fabricants de poudres de projection thermique (Höganäs et H.C. Starck) et l'Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) ont confirmé l'influence des poudres en traitement de surfaces.

E. Bannier de l'*Universitat Jaume I, Castellón Espagne (ITC)* a présenté une étude financée par le ministère Espagnol sur le développement de poudres céramiques nanostructurées destinées à réaliser des revêtements photocatalytiques (TiO₂) et tribologiques (Al₂O₃-TiO₂) par projection thermique plasma faible énergie (hélium). Les poudres TiO₂ sont obtenues par atomisation à partir de suspensions de particules nanométriques et subsoniques. Elles sont comparées à une poudre nanostructurée commerciale et à des dépôts sol gel pour leur activité photocatalytique.

La présentation de B. Savary de l'*INRS* fait un état des lieux de la projection thermique en France suite à une enquête de filière auprès des utilisateurs de ce procédé. Cette enquête, destinée à proposer des méthodes pour évaluer la nature des expositions des opérateurs aux différents procédés de projection thermique a permis de contacter 22000 établissements avec un taux de réponse de 44% dont 2,5% déclarent posséder au moins un procédé de projection. Dans cette présentation sont rassemblées des informations concernant les procédés, les matériaux mis en œuvre, les salariés de la projection thermique, les systèmes de protection,... Exemple de ce type d'information.

Un compte rendu complet est paru dans la revue *Traitements et Matériaux* N°420 Janv. Fév. 2013.

BRÈVES

INDUSTRIE LES FORMULATEURS DE PRODUITS CHIMIQUES DEVANT LA COMMISSION ALUMINIUM.

Claude BRAULT, animateur de la commission.

A l'initiative de la commission, lors de la réunion du 11 décembre dernier, la société ATOTECH, représentée par Mrs F. ANTOINE, C. BAGOLE et J.L. BAUDOIN, a présenté ses procédés en matière de traitements de l'aluminium et de l'acier.

ATOTECH est né en 1993 de la fusion des activités de M&T HARSHAW appartenant au Groupe Elf ATOCHEM avec la division ELECTROPLATING de SCHERING ayant une expérience dans la galvanoplastie remontant à 1901. C'est une filiale de TOTAL (cinquième compagnie pétrolière au monde).

1 - INTERLOX

La gamme INTERLOX est présentée par F. ANTOINE :

- INTERLOX 338, procédé au Cr³⁺

- INTERLOX 5705 procédé Zr

La version 5705 est utilisée sur acier, aluminium, zinc et magnésium.

Ce produit est une alternative aux conversions à base de Cr⁶⁺ et, de plus, ne contient ni phosphate ni sel de cobalt, ni sel de Nickel. Il s'agit d'une technologie basée sur un complexe de zirconium, qui se présente comme un procédé de conversion chimique des surfaces mais également de préparation avant peinture, compatible ROHS, ELV et WEE.

Le dépôt obtenu est à base d'oxyde de zirconium, lié chimiquement au métal de base. L'aspect varie d'incolore à irisé. La température du bain est de 40°C maximum. L'application peut se faire au trempé ou par pulvérisation.

Concernant les caractéristiques :

La composition du revêtement (profil XPS) évolue, du métal vers la surface libre du revêtement de la façon suivante :

Al / Al₂O₃ / ZrO₂ / Zr, O₂-, F-

poids de couche :

~ 1 gr / m² (mais, variable selon le substrat)

BS neutre :

168 heures sur 7020 T6, 5052 et 6061 brut de laminage + 5705

150 heures sur 2024 T3 brut de laminage + 5705

4000 heures sur 2024 / 5052 / 6061 + 5705 + peinture poudre polyester 60/70 µm avec rayure

Suite à une question, il est précisé qu'il n'y a pas actuellement de données sur un alliage série 7000 avec cuivre.

résistivité : < 775 $\mu\text{ohms}/\text{cm}^2$

Une nouvelle version, 5707 donnerait de meilleurs résultats en tenue BS.

Au niveau des usages :

Bâtiment : applications avec peinture (généralement par poudrage), homologué QUALICOAT

Automobile : pièces mécaniques peintes (généralement par cataphorèse)

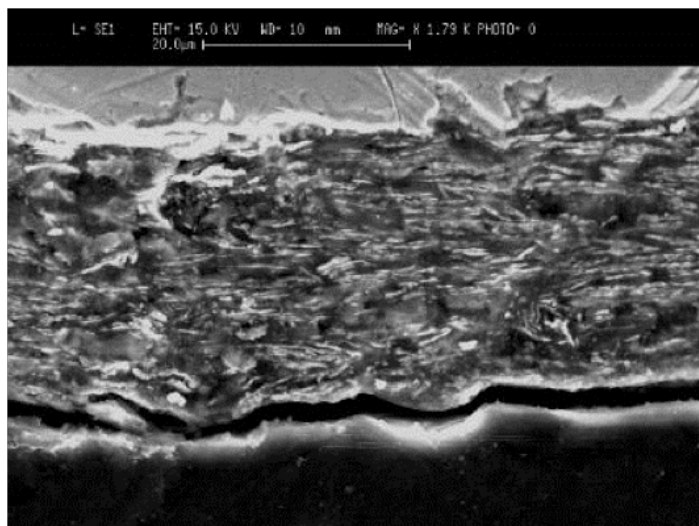
Aéronautique : non, mais essais en cours chez SONACA

Ferroviaire : oui avec peinture.

2 - ZINTEK

F. ANTOINE précise que 95% des utilisations de ce produit sont liées au secteur automobile, PSA, RENAULT, BMW, FORD...

Il s'agit d'un procédé du type zinc lamellaire, éventuellement additionné d'aluminium, avec une résine minérale réactive avec l'acier. Le produit ne contient pas de chrome, nickel ou cobalt. L'épaisseur du revêtement est de 8 à 10 μm . Bien entendu, le zinc procure une protection sacrificielle à l'acier.



La préparation de surface consiste généralement en un dégraisage suivi d'un grenailage.

Concernant les finitions, ZINTEK TOP est un revêtement non organique, pour certaines à base de silicate qui réagit avec le zinc sous-jacent. L'épaisseur est de l'ordre du micron. Cette finition permet d'augmenter la résistance à la corrosion et à l'abrasion et dans certain cas la lubrification. La finition TECHSEAL permet d'ajuster le coefficient de frottement et éventuellement, de colorer le revêtement et donnant également une résistance à la corrosion.

D'une manière générale, ce type de traitement n'entraîne pas de fragilisation par l'hydrogène.

En termes de résistance à la corrosion, 8 / 10 μm de ZINTEK surmonté de 1 μm de ZINTEK TOP, appliqués par trempage et centrifugation permettent d'atteindre 600 à 1000 heures de tenue BS, « rouille rouge ». Lorsque l'application se fait par pulvérisation, la tenue passerait à plus de 1000 heures de BS.

La version ZINTEK 200 SL est une couche de base auto-lubrifiée qui permet d'atteindre un coefficient de frottement compris entre 0,12 - 0,18 que l'on ne peut obtenir sur la version ZINTEK, sauf à ajouter la finition TECHSEAL.

Pour la base ZINTEK la dé-solvation est de : 5 à 10 minutes à 90 / 100°C + une cuisson de 20 minutes à 200 / 230°C Pour les ZINTEK TOP et TECHSEAL la dé-solvation est de 5 à 10 minutes à 90 / 100°C + une cuisson de 15 à 20 minutes à 180°/210°C.

Le ZINTEK 800W est une formulation à base aqueuse (c'est-à-dire dont l'eau est le solvant principal, mais pas unique). Ce produit présente des caractéristiques identiques à celles obtenues avec les ZINTEK 200 base SOLVANT. Il représente environ 10% du marché. Il requiert une cuisson à 320 / 340°C.

Selon F. ANTOINE, le zinc lamellaire serait moins cher que le dépôt de Zn-Ni + conversion chimique. En terme de volume, la part de marché s'établirait globalement à 50 / 50 entre ces deux procédés.

3 - DEPÔTS ZINC-NICKEL

C. BAGOLE présente ensuite les formulations de zinc élaborées par ATOTECH.

Celles-ci sont nombreuses et adaptées au moyen de production, tonneau, bain mort, avec ou sans système membranaire...

Parmi ces formulations, à signaler la version REFLECTALLOY ZNA Technical Finish qui est du type alcalin à 15% de nickel. Le dépôt obtenu, complété par une conversion base Cr3+, est qualifié par BOEING et GOODRICH. Des essais sont en cours avec AIRBUS et SAFRAN pour lequel le procédé serait au stade TR4.

De nombreuses questions sont posées sur les couleurs que l'on peut obtenir sur ce dépôt, en particulier le gris et le noir sont évoqués. Cette possibilité est confirmée.

Pour le secteur automobile, REFLECTALLOY ZNA est également proposé mais, avec un additif différent de manière à obtenir un aspect brillant et non pas mat, une version REFLECTALLOY ZNA HD de dépôt très ductile est aussi disponible permettant des déformations après traitement.

L'avenir de ce type de dépôt est abordé, compte tenu de la présence de nickel. Cet avenir dépendra pour beaucoup des « évolutions » de REACH et de la position des organismes officiels. Selon nos interlocuteurs, il est possible que le nickel soit inscrit à l'annexe XVII de REACH. En tout état de cause, ATOTECH mène des travaux de R&D pour remplacer le nickel...



A l'issue et pendant ces présentations, des questions ont été posées par les membres de la commission qui ont été sensibles à la qualité des interventions. Les adhérents de l'association sont invités à se rapprocher d'ATOTECH France à Saint-Ouen L'aumône, pour obtenir les précisions supplémentaires qu'ils souhaiteraient.

Claude Brault.

NOUVELLE ÉDITION « E » DE LA NORME DE PYROMÉTRIE AMS 2750

Cette norme qui s'est imposée pour le contrôle de la pyrométrie en traitement thermique et traitements de surface dans les industries aéronautiques, à cause de l'obligation d'utilisation imposée par l'accréditation Nadcap, vient de subir un lifting.

Dans son ancienne version, les erreurs et imprécisions qu'elle contenait avait conduit PRI Nadcap à la publication d'un « Pyrometry Guide », qui indiquait les corrections des erreurs et la jurisprudence pour son interprétation. Dans la nouvelle version E, éditée en juillet 2012, les erreurs ont été corrigées et un effort de clarification a été fait par le groupe de travail AMEC de la SAE en charge de l'évolution du document.

Ainsi sont apparues des figures pour l'explication ou la synthèse de certaines notions (étalonnage et limitation d'utilisation des thermocouples par exemple) ; toujours dans cet esprit de simplification et d'explication, le paragraphe sur les « définitions » relégué à la fin de l'ancienne version est maintenant

en tête du document et il a été complété pour clarifier certains points. Ces modifications ont entraîné, par voie de conséquence, un amaigrissement du « Pyrometry Guide » qui a été, quant à lui, réédité en novembre 2012.

Donc, sur le fond, peu de modifications, mais de petits changements qui méritent un peu d'attention et une nouvelle lecture attentive. Parmi ceux ci, et sans être exhaustifs, nous pouvons citer à titre d'exemples : La prise en compte des appareils de mesure à transmission radio ; de nouvelles conditions pour les TUS de suivi (contrôle d'homogénéité des températures) ; des modifications pour les modes de contrôle des appareils de mesures (appareils d'étalons et d'essai, et à un moindre degré régulateurs, appareils de surveillance de la température, enregistreurs) ; l'obligation pour les enregistrements numériques d'une possibilité de validation, etc...

CONGRÈS

25 - 26 avril 2013

Lucerne (Suisse)

European conference on heat treatment and surface engineering : Precision Parts Material and Heat Treatment.

sb.kuntzmann@listermann.com

16 - 18 mai 2013

Chennai (Inde)

Heat and Surface Engineering – Conference and Expo.

(organisée par l'IFHTSE).

kamachi@igcar.gov.in

24 mai 2013

Paris (France)

Procédés de mise en compression des surfaces.

(Organisée par l'A3TS).

22 - 24 mai 2013

Montbéliard (France)

Colloque PMF 2013. Poudres et Matériaux frittés.

<http://web.utbm.fr/pmf-2013>

11 - 14 juin 2013

Dubrovnik Carvat (Croatie)

2nd Mediterranean Conference on Heat Treatment and Surface Engineering. *(organisée par l'IFHTSE).*

smoljan@riteh.hr

3 - 4 juillet 2013

Marseille (France)

Traitement des matériaux : perspectives à l'horizon 2020 - Conférences/Ateliers-débats/Exposition.

(Organisée par l'A3TS).

www.a3ts.org

4 - 9 août 2013

Waikoloa HI (USA)

PRICM 8 - 8th Pacific Rim International Conference on Advanced Material and Processing.

(Organisée par l'ASM).

www.tms.org/Meeting

9 - 13 septembre 2013

Paris (France)

IVC-19++: International Vacuum Congress and related events. *(Organisée par la SFV).*

www.ivc19.com

10 - 12 Septembre 2013

Moscou (Russie)

Heat Treatment 2013 congrès et exposition.

www.htexporus.com

14 - 15 Novembre 2013

Nancy (France)

CIMATTS 2013 - Simulation numérique & modélisation : accélérateurs de développement des véhicules de demain.

(Organisée par l'A3TS).

Décembre 2013

Paris (France)

3e Conférence Internationale sur les alliages légers.

(Organisée par l'A3TS).

Les lecteurs de ce document qui pourraient avoir l'opportunité de se rendre à ces manifestations peuvent transmettre à l'A3TS les proceedings ou présentations recueillies afin que nous publions un résumé des principales informations.

CONFÉRENCES ORGANISÉES PAR LA COMMISSION ALUMINIUM À L'ÉCOLE TECHNIQUE SUPÉRIEURE DU LABORATOIRE (ETSL) DE PARIS.

Ces conférences organisées par la commission aluminium de l'A3TS et l'ETSL, ont réunies les étudiants de 2^{ème} année du BTS physico-métallographie et du BTS de chimie option matériaux. Au total, 25 élèves étaient présents.

Une série d'exposés ont été présentés par plusieurs membres de la commission.

F. DEZON (*THYSSEN KRUPP*), à l'initiative de cette réunion, a fait un exposé très documenté sur les traitements thermiques appliqués aux alliages légers. Ensuite, C. BRAULT (*conseil en matériaux*) a fait un tour d'horizon des conversions chimiques et électrolytiques, puis G. CHOLVY (*NEXTER SYSTEMS*) a passé en revue l'incidence des nouvelles réglementations qualité et environnementales sur les TS. Cet exposé a été complété et illustré par B. DAY (*DASSAULT AVIATION*) qui a montré comment ces nouvelles réglementations avaient impactées les traitements réalisés dans l'usine de Biarritz. Enfin, G. CHOLVY (*NEXTER SYSTEMS*) a dressé un portrait très complet des différents métiers accessibles aux futurs diplômés présents.



La réunion a été marquée par un échange questions/réponses sur l'ensemble de ces sujets. Les étudiants présents lors de cette présentation ont fait preuve de beaucoup d'attention et ont posés de très nombreuses et pertinentes questions.

Merci à Mme HOSOTTE, professeur de métallurgie, pour l'organisation de cette journée et son atmosphère amicale et à M. PEQUIGNOT, directeur de l'école, pour son hospitalité.

Nous espérons que celle-ci aura été l'occasion pour les étudiants présents de mieux percevoir la richesse et la diversité des techniques et métiers offerts par le traitement des matériaux.

Claude BRAULT

Responsable de la Commission Aluminium.

DU CÔTÉ DES LABORATOIRES

SIMULATION NUMÉRIQUE DE L'ÉBULLITION POUR LES PROCÉDÉS DE TREMPÉ INDUSTRIELLE.

Thèse soutenue par Nadine El Kousseifi le 27 juin 2012 à Paritech institut des Sciences et technologie.

Le but de la recherche est de simuler les phénomènes de refroidissement et en particulier la phase d'ébullition qui intervient dans les procédés de trempe.

L'étude a été menée au niveau de la simulation et également avec un volet expérimental. Plusieurs échelles ont été considérées : celle de la bulle et celle, macroscopique, de la pièce. Un modèle physique et mathématique a été développé prenant en compte la tension de surface, le calcul direct d'écoulement à grand nombre de Reynolds et rendant compte du détachement et de la coalescence des bulles. Pour valider ce modèle une expérimentation a été mise en œuvre, utilisant une caméra à très haute vitesse pour suivre l'évolution des bulles et des mesures non intrusives PIV (Particle Image Velocimetry) et la thermométrie bicolore LIF (Laser induced fluorescence) pour mesurer les champs de température et de vitesse. Le même modèle a été utilisé dans la thèse pour simuler l'évolution de l'ébullition pendant le processus de trempe au niveau macroscopique.

Les outils utilisés dans cette thèse sont les éléments finis (FEM) et un programme de dynamique des fluides (CFD) qui permettent d'adapter les simulations à un grand nombre de pièces, géométries de bacs et de conditions aux limites. Les modèles numériques proposés permettent de passer à l'échelle macroscopique des pièces industrielles en considérant un film de vapeur (ou une

phase mélange liquide vapeur). Un certain nombre de points restent à traiter et notamment la modélisation de la turbulence induite par l'ébullition dans une approche CFD. Les éléments développés dans la thèse permettent toutefois la réalisation de cette approche. <http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/73/46/01/PDF/2012ENMP0019.pdf>

ACIERS INOXYDABLES ET CORROSION LOCALISÉE : LE RÔLE DU MOLYBDÈNE.

Thèse soutenue par Thiago Mesquita le 2 mars 2012 à l'université de Grenoble.

L'ajout de molybdène dans les aciers inoxydables contribue à augmenter leur résistance à la corrosion par piqure lorsqu'ils sont utilisés dans des environnements acides et neutres. Cependant, le rôle du Mo sur la corrosion par piqûre des aciers en milieu alcalin chloruré reste à ce jour flou et peu étudié. Or cette compréhension permettrait l'optimisation de la composition finale des alliages inoxydables en vue d'applications spécifiques. Cette thèse étudie l'effet de l'addition du Mo en milieu alcalin sur les propriétés de corrosion par piqûre des aciers inoxydables austénitiques, ferritiques et surtout lean duplex. Le rôle du molybdène est étudié par rapport à résistance à la corrosion localisée, la cinétique de repassivation et les propriétés de passivation dans plusieurs milieux agressifs, mais principalement dans une solution chlorurée synthétique qui simule les environnements poreux du béton (solution de pH10 avec des ions carbonates et chlorures).

http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/72/17/58/PDF/MESQUITA_Thiago_2012_archivage.pdf

SIMULATION DE L'USURE ET D'AVARIES SUR DES DENTURES D'ENGRENAGES CYLINDRIQUES : INFLUENCE SUR LE COMPORTEMENT STATIQUE ET DYNAMIQUE DE TRANSMISSION PAR ENGRENAGES.

Thèse soutenue par Thaer Osman le 2 février 2012 à l'INSA de Lyon.

Les systèmes de transmission par engrenages sont largement utilisés pour transmettre de la puissance et adapter les vitesses de rotation entre organes moteurs et récepteurs. Dans ce contexte, les engrenages sont fréquemment les organes parmi les plus sensibles de la chaîne cinématique et ils peuvent être soumis à un grand nombre d'avaries (fatigue de contact, fatigue de flexion, usure, etc...) apparaissant lors du fonctionnement et dont les causes sont multiples).

L'objectif de ce travail est, d'une part, de simuler l'usure abrasive et la fatigue de contact conduisant à de l'écaillage (pitting) et, d'autre part, d'analyser les interactions entre ces avaries et le comportement statique et dynamique de la transmission par engrenages.

A cette fin, un modèle numérique dynamique tridimensionnel d'engrenages de fortes largeurs est utilisé et couplé à des modèles d'usure et d'avaries de contact.

L'usure est simulée en s'appuyant sur le modèle d'Archard modifié afin de tenir compte de l'influence du régime de lubrification. Les usures obtenues après un certain nombre de cycles de chargement sont considérées comme des écarts initiaux additionnels par rapport à la géométrie idéale du flanc de denture. Les phénomènes de fatigue de contact par pitting sont analysés en deux étapes; a) une période d'initiation de fissure simulée en s'appuyant sur plusieurs critères de fatigue multiaxiaux et b) une phase de propagation de fissure traitée par la mécanique linéaire élastique de la rupture.

Les sollicitations dynamiques fournies par le modèle dynamique d'engrenages sont utilisées comme données d'entrée pour la simulation des périodes d'initiation puis de propagation. Un grand nombre d'exemples d'application sont présentés et les interactions entre comportement dynamique, usure et fatigue sur des engrenages cylindriques sont analysées.

<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/76/00/62/PDF/these.pdf>

INNOVATIONS

FORMAGE DU MAGNÉSIUM.

La société Général Motors fait état d'un nouveau procédé de mise en forme de magnésium à partir de tôle. La feuille de magnésium est chauffée à 450°C et mise en forme par pression d'air dans une matrice étanche à l'air. GM a produit ainsi un couvercle intérieur de panneau de pont arrière dont les caractéristiques de résistance et de tenue au choc sont excellentes.

Le constructeur explique que compte tenu de la simplicité du procédé et de ses infrastructures actuelles il peut produire en grande quantité et ainsi rendre compétitif la solution magnésium pour certaines pièces en dépit du coût de ce matériau.

Il indique par ailleurs que les pièces seront revêtues pour éviter les problèmes de corrosion.

Cette production devrait également conduire à des allègements pour les véhicules

http://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2012/Oct/1023_GM_Magnesium.html

UN NOUVEAU MATÉRIAU.

Ce nouveau matériau présente les avantages des résines, légèreté, résistance ; et également des propriétés que l'on rencontre habituellement dans les verres et en particulier la possibilité d'être remis en forme, une fois durci, par un traitement thermique.

Partant d'une base de type époxy, les chercheurs du laboratoire « Matière molle et chimie du CNRS ont créé un nouveau matériau organique qui passe de l'état liquide à l'état solide comme le verre. A température ambiante ce matériau peut être, selon sa composition soit dur soit sous forme de solide élastique mou s'apparentant au caoutchouc. Ce matériau est façonnable à volonté, réparable et recyclable sous l'effet de la température. Cette propriété permet de lui faire subir des transformations par des procédés qui ne sont envisageables ni pour les résines thermodurcissables, ni pour les matières plastiques classiques.

Selon le CNRS, utilisé comme base de composites, ce nouveau matériau pourrait concurrencer les métaux et trouver des applications dans l'automobile et l'aéronautique.

<http://www2.cnrs.fr/presse/communique/2348.htm>

REVUE DE PRESSE

REDRESSAGE D'ARBRES DURCIS PAR TREMPÉ APRÈS CHAUFFAGE PAR INDUCTION - INFLUENCE SUR LA RÉSISTANCE À LA FATIGUE ET SUR LES CONTRAINTES RÉSIDUELLES. (STRAIGHTENING OF INDUCTION HARDENED SHAFTS – INFLUENCE ON FATIGUE STRENGTH AND RESIDUAL STRESS).

J. Fahlkrans, A. Melander, J. Gårdstam, S. Haglund.
(Texte en anglais).

Le redressage de composants déformés après traitement thermique est souvent une nécessité. L'opération de redressage conduit à des déformations plastiques qui affectent l'état des

contraintes résiduelles, la dureté et finalement la résistance à la fatigue du composant. L'étude présentée évalue l'influence d'une opération de redressage sur la résistance à la fatigue et les contraintes résiduelles d'un acier EN 42CrMo4. Un modèle simplifié a été élaboré. Le modèle montre que l'état des contraintes résiduelles est asymétrique le long de la circonférence d'un arbre redressé. Des essais de fatigue en flexion trois points ont montré que la résistance à la fatigue était réduite de 20% après un important redressage. Un modèle de mécanique de la rupture concernant la croissance et l'arrêt de la fissure a été développé. Ce modèle peut être utilisé pour prédire la résistance à la fatigue d'un arbre redressé si son état de contrainte est connu.

HTM 67 (2012) 3, pages 179 à 187.

ROULAGE PROFOND D'ACIER AUSTÉNITIQUE AISI 304 À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES – STRUCTURE SUPERFICIELLE ET PROPRIÉTÉS DE FATIGUE.

(DEEP ROLLING OF AUSTENITIC STEEL AISI 304 AT DIFFERENT TEMPERATURES – NEAR SURFACE MICROSTRUCTURES AND FATIGUE).

I. Nikitin, B. Scholtes (texte en anglais).

Dans les aciers inoxydables martensitiques métastables la formation de hautes densités de dislocations, de contraintes résiduelles de compression, de martensite d'écroissage et de zones nanocrystallines sont les conséquences les plus importantes des traitements mécaniques de surface qui conduisent à une initiation retardée des fissures de fatigue et à une diminution de leur propagation. Ces propriétés peuvent être altérées par les conditions de mise en œuvre.

Le principal objectif de l'étude est de clarifier le rôle des différentes structures superficielles introduites par les opérations de roulage profond dans une gamme de température comprise entre -192°C et 700°C. Les résultats mettent clairement en évidence que la quantité de martensite induite par déformation dans les couches proches de la surface est un paramètre moins important que la stabilité de la microstructure sous le chargement de fatigue.

HTM 67 (2012) 3, pages 188 à 194.

AMÉLIORATION DE LA TÉNACITÉ ET DE LA DUCTILITÉ EN TRACTION D'ANNEAUX MASSIFS EN MARAGING A 18% DE NICKEL.

(IMPROVEMENT OF FRACTURE TOUGHNESS AND TENSILE DUCTILITY OF MASSIVE RINGS MADE OF 18% NICKEL MARAGING STEEL).

M. Nageswara Rao, M. Chatterjee, K. Sivasubramanian. (texte en anglais).

Des anneaux massifs produits par laminage circulaires n'atteignent pas de façon constante de hautes valeurs de ténacité (K_{IC}) et de ductilité en traction. A cause de la dimension de la section concernée, il devient difficile de d'empêcher la précipitation de carbonitrides et ainsi d'éviter la fragilisation. Le traitement conventionnel de mise en solution à 820°C suivi d'un traitement de précipitation à 480°C n'est pas efficace pour prévenir cette fragilisation. Différents traitements avec des étapes multiples de mise en solution ont été conçus et essayés. Un traitement en deux étapes (950°C+850°C) et un autre en trois étapes (950°C+950°C+850°C) selon la section des pièces se sont révélés efficaces.

Ce traitement conduit à une recristallisation de la microstructure de travail à chaud et à une faible taille de grain. L'hypothèse formulée est que le lien joint de grain/carbonitride est détruit simultanément. L'amélioration de la ténacité et de la ductilité en traction peut ainsi être expliquée.

HTM 67 (2012) 3, pages 195 à 201.

DÉVELOPPEMENT D'UN ACIER DE CÉMENTATION À TENEUR RÉDUITE EN CARBONE POUR CÉMENTATION À HAUTE TEMPÉRATURE.

(ENTWICKLUNG EINES AL-REDUZIERTEN EINSATZSTAHLS FÜR DIE HOCHTEMPERATUR-AUFKOHLUNG)

S. Konovalov, U. Prah, R. Kohlmann, W. Bleck. (texte en allemand).

Cette étude a pour but l'amélioration de la propreté en oxydes des aciers de cémentation par réduction de la teneur en aluminium. Un nouveau concept d'alliage est présenté, basé sur un 25CrMo4, utilisant le Niobium pour assurer le contrôle de la taille de grain, et ceci à des températures de cémentation pouvant atteindre 1050°C. Ce travail est consécutif à une précédente étude réalisée en 2002 qui avait pour but de réduire l'aluminium dans des aciers pour engrenages cémentés à haute température et qui n'avait pas conduit à des résultats satisfaisants.

Un nouveau concept a été développé en appliquant une approche basée sur un modèle thermodynamique ayant pour but la substitution des nitrides d'aluminium et de titane par des carbonitrides de Niobium. La validation expérimentale du concept élaboré numériquement a été réalisée en fabricant une coulée spéciale qui a été caractérisée et comparée avec les nuances de référence en terme de propreté de stabilité du grain, et ceci dans les conditions industrielles de fabrication de grands engrenages.

HTM 67 (2012) 3, pages 202 à 210.

INFLUENCE DE LA FINITION DE SURFACE ET DE LA NITRURATION SUR LE COMPORTEMENT DES CONTRAINTES RÉSIDUELLES DE L'ACIER RÉSISTANT AU FLUAGE X38CrMoV5-3.

(EINFLUSS DER OBERFLÄCHENFERTIGUNG UND DES NITRIERENS AUF DEN AUGENSPANNUNGSZUSTAND DES WARMFESTEN STAHLS X38CrMoV5-3).

S. Hoja, H. Klümper-Westkamp, J. Epp, F. Hoffmann, H.-W. Zoch (texte en allemand).

Pour résister à de fortes charges en travail à chaud, les surfaces des zones de travail des outils utilisés sont souvent nitrurées. De fortes contraintes de compression apparaissent dans les zones proches de la surface pendant la nitruration. Mais, de même, les conditions de finition de surface, conduisent aussi à l'apparition de contraintes résiduelles qui ne sont que partiellement relaxées pendant la nitruration de l'acier résistant au fluage X38CrMoV5-3.

Les recherches présentées concernent des mesures de contraintes résiduelles d'échantillons ayant reçu différentes finitions de surface. Les contraintes de tension ou de compression qui résultent de la finition de surface, ne se relaxent pas durant la nitruration de l'acier de travail à chaud. Des valeurs jusqu'à -1000MPa ont été mesurées après nitruration.

HTM 67 (2012) 3, pages 210 à 222.

DURCISSEMENT AU FRITAGE – UN PROCÉDÉ SPÉCIAL DE TRAITEMENT THERMIQUE POUR LES PIÈCES DE PRÉCISION OBTENUES PAR MÉTALLURGIE DES POUDRES.

(SINTERHÄRTEN – EINE SPEZIELLE WÄRMEBEHANDLUNG FÜR PULVERMETALLURGISCHE PRÄZISIONSTEILE).

M. Dlapka, H. Danninger, C. Gierl, B. Lindqvist (texte en allemand).

Le durcissement au frittage est devenu un procédé de grande importance en métallurgie des poudres des ferreux au cours des dernières années grâce aux gains de temps et de coût qu'il permet. La trempe est réalisée directement après frittage ce qui permet d'économiser l'énergie et les coûts relatifs à un durcissement conventionnel au cours duquel les pièces doivent être réchauffées à une température, généralement supérieure à 850°C. De plus, le durcissement après frittage est réalisé par refroidissement au gaz et non à l'huile, et ceci avec des vitesses de refroidissement de 4K/s, ce qui est également intéressant en termes de stabilité dimensionnelle et de propreté. En contraste avec ces avantages, on constate une faible ténacité après durcissement au frittage.

Dans certaines applications, pour des bagues de synchro de transmission automobiles, par exemple, ceci peut conduire à des ruptures lors du montage sur l'arbre.

Pour cette raison un accroissement de la ténacité est d'un grand intérêt. Dans cette étude divers facteurs influençant la ténacité ont été investigués afin de déterminer leur importance pour un alliage Astaloy CrM (Fe-3%Cr-0,5%Mo-C), en particulier la température de frittage, les teneurs en Ni et C, la taille des particules de poudre et la taille du grain austénitique. A l'aide de ces connaissances, il est possible d'accroître significativement la ténacité des nuances du type Astaloy CrM.

HTM 67 (2012) 3, pages 223 à 231.

ASSURANCE QUALITÉ EN TRAITEMENT THERMIQUE.

(QUALITÄTSSICHERUNG IN DER WÄRMEBEHANDLUNG).

P. Sommer (texte en allemand).

Des normes de maîtrise de la qualité sont utilisées dans les ateliers de traitement thermique depuis plus de vingt cinq ans. Personne ne conteste aujourd'hui l'intérêt de l'application de ces normes aussi bien chez les professionnels du traitement thermique que chez les clients. Toutefois, il existe toujours des différences d'opinion sur les conditions requises pour un traitement thermique et sur la responsabilité de celles ci. Ce conflit est illustré au moyen d'exemples concrets. L'auteur suggère à l'AWT de développer des critères pour la qualification d'un expert auditeur en traitement thermique.

HTM 67 (2012) 4, pages 235 à 241.

INVESTIGATION SYSTÉMATIQUE DES PARAMÈTRES INDUISANT DES DÉFORMATIONS LORS DE LA CÉMENTATION DE ROUES DENTÉES À DENTURE DROITE. PARTIE 2 : DÉFORMATION DE LA DENTURE.

(SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENER EINFLUSSGRÖSSEN AUF DIE MASS-UND FORMÄNDERUNGEN VON EINSATZGEHÄRTETEN STIRN RÄDERN. TEIL 2 : VERZÄHNUNGSVERZUG).

M. Steinbacher, H. Surm, B. Clausen, Th. Lübben, F. Hoffmann (texte en allemand).

Les engrenages fortement sollicités sont souvent traités de façon à résister aux conditions de service. La cémentation est souvent utilisée à cet effet dans le cas des composants assurant la transmission de puissance et elle est sources de déformations qui font l'objet du présent article. L'étude concerne plus particulièrement des roues dentées droites de petit module. Le traitement étudié est une cémentation basse pression suivie d'une trempe au gaz sous pression réalisé dans un four de taille industrielle et les paramètres étudiés sont : la constitution de la charge, les paliers de préchauffage, la température de cémentation, la profondeur de traitement et la teneur en carbone superficielle. L'influence de ces différents paramètres sur les dimensions et la forme de la pièce ont été évaluées statistiquement et les principaux facteurs influents ont été mis en évidence et sont discutés.

HTM 67 (2012) 4, pages 242 à 250.

OPTIMISATION DES COÛTS PAR ACTION SUR LES ÉLÉMENTS D'ALLIAGES D'ACIERS DE CONSTRUCTION MÉCANIQUE APRES AU TRAITEMENT THERMIQUE.

(KOSTENOPTIMIERUNG DURCH ÄNDERUNG DER LIGIERUNGSZUSCHLÄGE FÜR WÄRMEBEHANDL-BARE BAUSTÄHLE).

H. Schifferl, S. Zamberger, A. Jöller (texte en allemand).

La substitution d'éléments d'alliage coûteux comme Mo ou Ni par des éléments moins onéreux, à savoir Mn ou B-Ti a été étudiée dans le cas du 42CrMo4 trempé revenu et du 18CrNiMo7-6 cémenté sur la base d'une trempabilité équivalente. Les concepts d'éléments d'alliage étudiés permettent de satisfaire à la fois la trempabilité et les caractéristiques mécaniques pour les deux types de nuance. La substitution totale du Molybdène par le Manganèse dans l'acier pour trempe et revenu conduit à un déficit de la résistance au choc à basse température. Les éléments résiduels (P, As, etc) semblent promouvoir ce type de fragilité, ainsi pour le cas de températures critiques, le contenu en Molybdène doit être adapté. En ce qui concerne la nuance de cémentation, la substitution d'une part du Mo et du Ni par Mn ou B-Ti conduit à une perte acceptable de la résistance au choc et de la ténacité en flexion par choc des dentures. Les concepts présentés offrent un considérable potentiel de réduction des coûts en éléments d'alliage.

HTM 67 (2012) 4, pages 251 à 256.

ANALYSE DE LA ZONE DE LIAISON ENTRE TITANE ET ALUMINIUM APRÈS CO-EXTRUSION.

(ANALYSE DER GRENZSCHICHT ZWISCHEN ALUMINIUM UND TITAN NACH DEM VERBUNDSTRANGPRESSEN).

B. Striewe, N. Grittner, A. von Held, M. Hunkel, O. Stelling, M. Schaper, H.-W. Zoch, Fr.-W. Bach. (texte en allemand).

La combinaison de différents matériaux métalliques rend possible la création de structures allégées avec des propriétés sur mesures. Au contraire des procédés conventionnels d'assemblage, par exemple par soudage, la co-extrusion ne conduit pas à la formation de zones affectées ou de porosités.

Ainsi la co-extrusion présente un intérêt certain pour l'assemblage des alliages de base titane avec des alliages à base aluminium.

Des essais d'extrusion ont été réalisés en mettant en œuvre une co-extrusion d'alliage d'aluminium (EN AW-6082) et de titane (TiAl6V4), ou l'alliage de titane est l'élément renforçant inséré dans un profilé d'aluminium. Durant la co-extrusion, une couche intermétallique d'épaisseur 1 à 3 micromètres apparaît dans la zone de liaison entre l'aluminium et le titane. Dans cette zone, un enrichissement des éléments de l'alliage d'aluminium, tel le silicium a été observé. La formation de la couche intermétallique et la résistance du composé ont été examinées à divers endroits après co-extrusion et après traitement thermique.

L'analyse de la couche d'intermétallique a été réalisée par microscopie optique, par microscopie électronique à balayage et par microanalyse. Les propriétés mécaniques ont été évaluées à l'aide d'essais de traction. Le traitement thermique conduit au durcissement attendu sur l'alliage d'aluminium. Cependant l'épaisseur de la couche ne change pas.

Les essais de traction mettent en évidence différentes localisations de ruptures. Le traitement thermique conduit à un accroissement des valeurs de la charge de rupture, mais aussi à une baisse du niveau de la limite d'élasticité.

HTM 67 (2012) 4, pages 257 à 263.

UNE INTRODUCTION AUX BASES DE L'INGÉNIE-RIE DES DÉFORMATIONS.

(EINFÜHRUNG IN DIE GRUNDLAGEN DES DISTORTION ENGINEERING).

Th. Lübben, H.-W. Zoch. (texte en allemand).

Pendant une session complète dédiée aux déformations du HK 2012 cinq membres de l'ancien centre de recherche collaboratif « déformations » ont donné un panorama des découvertes les plus importantes.

L'article présente dans un premier temps les mécanismes de bases de la genèse des déformations. Ensuite, les changements de forme et dimensionnels inévitables sont discutés. Pour la prise en compte des déformations évitables le concept de déformation potentielle et les supports correspondants ont été introduits.

Basé sur cette méthodologie d'« ingénierie des déformations » les approches pour une description approfondie du comportement en déformation d'arbres, disques, anneaux sont présentées.

Les quatre contributions suivantes établiront des compte rendus concernant ces sujets :

- Mécanismes de déformation dans la fabrication des bagues de roulements de chaîne
- Compensation des déformations dans les bagues de roulements en SAE 52100
- Analyse de la ségrégation et des déformations induites par ségrégation dans une nuance 20 MnCr5 cémenté
- Formation des déformations dans les disques forgés en 20 MnCr5, influence de la mise en forme à chaud et de la structure du matériau.

HTM 67 (2012) 5, pages 275 à 290.

LES MÉCANISMES DE DÉFORMATION LORS DU TRAITEMENT DES BAGUES DE ROULEMENT DE CHAÎNE.

(MECHANISMEN DER VERZUGSENTSTEHUNG BEI WÄLZLAGERRINGEN AUS 100Cr6).

H. Surm, J. Rath (texte en allemand).

L'approche générale qui permet de comprendre la déformation comme la conséquence d'une chaîne de processus spécifiques est maintenant bien établie dans la littérature scientifique et également au sein de la communauté industrielle. Pendant le processus de production, chaque composant possède sa propre chaîne de production ; partant de la conception jusqu'à l'ajustement des propriétés requise par le traitement thermique final. A la fin de la ligne de production, une correction des dimensions du composant, lors d'une opération coûteuse (par exemple, rectification, redressage) est souvent nécessaire car la taille ou la forme du composant ne respectent pas les tolérances définies. A chaque stade de fabrication une déformation ou une cause de déformation pour l'une des étapes suivantes de fabrication peut apparaître. En se basant sur la méthode d'« ingénierie des déformations », les mécanismes de déformation pertinents de chaînes de fabrications différentes ont été identifiés au moyen d'analyses expérimentales et de simulation par éléments finis. En prenant l'exemple de la fabrication des bagues de chaîne (en acier à roulement 100Cr6), les principaux mécanismes de déformation sont présentés et leurs effets sur les variations de formes et dimensions sont expliqués. Les éléments pris en compte incluent : les contraintes résiduelles après mise en forme à froid et usinage ; les contraintes induites par le chargement dues au poids mort du composant ; les conditions de contacts entre le composant et les éléments du chargement ; les contraintes induites par les changements de phases ; les effets des gradients thermiques et ceux provenant de la plasticité de transformation.

HTM 67 (2012) 5, pages 291 à 303.

COMPENSATION DES DÉFORMATIONS DE BAGUES DE ROULEMENT EN SAE 52100.

(VERZUGSKOMPENSATION AN WÄLZLAGERRINGEN).

J. Lütjens, H. Surm, M. Hunkel (texte en allemand).

Le durcissement de bague de roulement introduit très souvent des changements de formes et de dimensions qui requièrent des reprises coûteuses pendant la phase finale d'usinage. Ces déformations peuvent être dues au procédé de fabrication, au matériau, à la conception. L'approche par « ingénierie des déformations » a mis à l'honneur le terme de déformation potentielle. Dans cette optique, les sources des déformations potentielles sont accumulées dans la pièce et peuvent ainsi se révéler plus tard dans la chaîne de production. En se basant sur une connaissance détaillée des potentiels de déformation, des reprises en cours de fabrication sont possibles. Le présent article présente une application de la méthode d'« ingénierie des déformations » pour la reprise de circularité de bagues de roulement en SAE 52100 pendant le traitement thermique. A cette fin, une usine dédiée au traitement de pièces unitaires a été construite offrant la possibilité de chauffage et trempe délibérément inhomogènes. Les mesures de circularité avant et pendant la fabrication sont utilisées pour définir un traitement thermique individualisé et optimisé. Cette procédure permet une réduction significative des déformations de circularité.

HTM 67 (2012) 5, pages 304 à 310.

ANALYSE DE SÉGRÉGATION ET DES DÉFORMATIONS INDUITES PAR LA SÉGRÉGATION D'UN ACIER SAE 5120.

(ANALYSE VON SEIGERUNGEN UND SEIGERUNGEN-BEDINGTEM VERZUG AM BEISPIEL DES EINSATZSTAHL 20MnCr5).

M. Hunkel (texte en allemand).

Les ségrégations sont des hétérogénéités provenant du procédé de coulée continue. La position et les orientations des micro et macro ségrégations de la barre laminée ont été caractérisées en utilisant la microanalyse, la microscopie à balayage, la métallographie. La position et la dépendance directionnelle de la déformation et le comportement des transformations ont été étudiés par dilatométrie. La déformation induite par la ségrégation après traitement thermique a été déterminée sur des arbres cylindriques pour éviter la présence de déformations dues à l'effet de la géométrie. Les traitements étudiés sont : le refroidissement lent au four, la trempe sans cémentation et la cémentation suivie de trempe. Un traitement aussi symétrique que possible a été appliqué pour éviter une déformation due au traitement. Les changements de longueur et de courbure des axes ont été analysés pour caractériser la déformation. En complément, un acier SAE 5120 réalisé par métallurgie des poudres, sans ségrégation a été utilisé à titre de comparaison.

HTM 67 (2012) 5, pages 311 à 322.

FORMATION DES DÉFORMATIONS DANS DES DISQUES FORGÉS RÉALISÉ EN 20MnCr5 – INFLUENCE DU FORMAGE À CHAUD ET DE À STRUCTURE DU MATÉRIAU.

(VERZUGSENTSTEHUNG BEI SCHEIBEN AUS 20MnCr5 – EINFLUSS VON UMFORMUNG UND GEFÜGESTRUKTUR).

R. Rentsch (texte en allemand).

Les disques pour roues d'engrenages sont souvent en 20MnCr5 (AISI 5120) et forgées. Dans les étapes suivantes les roues sont usinées par tournage et les dents sont taillées avant cémentation trempe, enfin on procède à une rectification des dentures. Pour assurer les exigences de qualité de ces pièces à hautes performances et pour avoir des procédés de fabrication stables, de faibles tolérances sont nécessaires.

Des analyses expérimentales montrent, que l'écoulement de matière dans les roues peut varier de façon significative. De plus, des mesures de microanalyse révèlent des ségrégations sur la section des billettes utilisées pour la fabrication des disques. Une corrélation significative a été trouvée pour cette nuance entre la mise en parapluie de la roue après traitement de cémentation trempe et l'écoulement de matière. En marge de ces résultats expérimentaux, des analyses de l'influence des paramètres de mise en œuvre et de leurs effets sur les déformations ont été menées. Un gradient de température sur le haut de billette s'avère être un des facteurs majeurs responsable des différences d'écoulement matière et, par voie de conséquence, de la mise en parapluie des roues d'engrenages.

HTM 67 (2012) 5, pages 323 à 330.

CALCUL NUMÉRIQUE D'UN TRAITEMENT THERMIQUE INTÉGRÉ DANS UN PROCÉDÉ DE FORGE DE PRÉCISION.

(NUMERISCHE BERECHNUNG EINER INTEGRIERTEN WÄRMEBEHANDLUNG FÜR PRÄZISIONSGESCHMIEDETE BAUTEILE)

B.-A. Behrens, Fr.-W. Bach, A. Bouguecha, F. Nürnberger, M. Schaper, Z. Yu, A. Klassen (texte en allemand).

La forge de précision est un procédé utilisé pour la fabrication des composants très proches des cotes finies, fortement chargées, avec peu d'étapes de forgeage et un faible besoin de finition. Par rapport aux procédés conventionnels de mise en forme et d'usinage des économies de matières importantes et un raccourcissement notable du cycle de fabrication peuvent être obtenus. Le procédé de forgeage de précision permet d'intégrer le traitement thermique dans la chaude de forge. Dans cet article, un calcul numérique des procédés de forgeage et de traitement thermique est développé en prenant comme exemple un arbre pignon. L'enjeu de ce travail est le couplage du modèle de simulation pour le forgeage et d'un modèle utilisé pour calculer les températures et les transformations de structures pendant la trempe et le revenu.

Ce couplage, en complément de la connaissance du procédé complet qu'il apporte, permet une optimisation du refroidissement par aspersion et ainsi d'obtenir le profil de dureté désiré.

HTM 67 (2012) 5, pages 337 à 343.

THÉORIE DE L'OXYDATION-DISSOLUTION RENFORCÉE DU POLISSAGE ÉLECTROLYTIQUE. (ENHANCED OXIDATION DISSOLUTION THEORY OF ELECTROPOLISHING).

R. Rockicki, R. Hryniewicz (texte en anglais).

Le polissage électrolytique est un traitement de finition largement utilisé dans les applications de haute technologie, implants médicaux, installations pharmaceutiques, technologie des semi-conducteurs entre autres. Le processus conduit à une surface propre, lisse, exempte de couche de Beilby, et à une amélioration de la résistance à la corrosion. A l'heure actuelle presque tous les métaux, alliages, composés intermétalliques peuvent être polis électrolytiquement ; mais, malgré cela, il n'existe pas encore de théorie unique communément acceptée. Pour augmenter encore la difficulté, le procédé est constamment modifié par addition d'autres agents/forces physiques tels les champs magnétiques, les ultrasons ; ou, en agissant sur les paramètres utilisés, par exemple en passant du courant continu au courant pulsé. Les théories concernant le polissage électrolytique peuvent différer notablement les unes par rapport aux autres, mais elles possèdent toutes un élément commun qui est la présence d'une couche visqueuse. Le but de ce travail est de montrer que la couche visqueuse n'est pas un prérequis indispensable à la réalisation d'un polissage électrolytique satisfaisant dans tous les systèmes métal-électrolyte. Un supplément à la théorie la plus largement acceptée du film électrolytique solide, par Hoar, est proposé, à savoir la théorie du renforcement de l'équilibre oxydation-dissolution.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°4 juillet 2012, pages 188 à 196.

EFFETS DES PRÉTRAITEMENTS D'ALLIAGES DE MAGNÉSIUM SUR LE DÉPÔT CHIMIQUE DE NICKEL.

(EFFECTS OF PRETREATMENTS OF MAGNESIUM ALLOYS ON DIRECT ELECTROLESS NICKEL PLATING).

T. N. Tran, G. Yu, B. Hu, Z-H. Xie, R. Tang, X-Y. Zhang.
(Texte en anglais).

Les effets de deux prétraitements différents sur le dépôt chimique de nickel ont été étudiés dans le but de développer des prétraitements moins polluants. La morphologie des surfaces, la composition chimique et la résistance à la corrosion ont été caractérisées en utilisant, le MEB, la microanalyse en dispersion d'énergie et des courbes de polarisation. Un prétraitement moins polluant a finalement été dégagé, il consiste en une attaque avec un mélange acide nitrique phosphorique, doublement activé par du $K_4P_2O_7$ et du NH_4HF_2 . Les résultats montrent qu'une surface grossière est produite sur le substrat de magnésium via le prétraitement étudié. L'adhérence du dépôt sur le substrat est améliorée. Un alliage Ni-P compact a été réalisé avec une meilleure adhésion et une meilleure résistance à la corrosion. Le contenu en phosphore du dépôt était de 11.24 %.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°4 juillet 2012, pages 209 à 214.

FORMATION DE DÉPÔTS DE CÉRAMIQUES NANOCOMPOSITES SUR ALUMINIUM PAR ANODISATION EN UTILISANT DU SULPHATE DE MAGNÉSIUM AVEC DES ADDITIONS DE SILICATE.

(FORMATION OF CERAMIC NANOCOMPOSITE COATINGS ON ALUMINIUM BY ANODISATION USING MAGNESIUM SULPHATE WITH SILICATE ADDITIVE).

A.M. Mubarak, V. Raj. (texte en anglais).

Des dépôts de composites nanostructurés ont été réalisés par une technique d'anodisation. Dans cette recherche, une attention particulière a été aussi apportée à l'étude de l'influence de la densité de courant sur la morphologie de surface, la composition des phases et le comportement à la corrosion. En complément, les taux de croissance et l'épaisseur du dépôt ont été optimisés en prenant en compte le temps d'anodisation et la concentration de l'électrolyte. Des dépôts de nanocomposite avec un taux moyen de cristallinité de 48nm sur un substrat aluminium ont été réalisés par anodisation dans une solution aqueuse de sulfate après l'étude de mise au point des conditions d'anodisation. Des analyses en spectroscopie à dispersion d'énergie ont confirmé que le contenu en aluminium de la partie supérieure des dépôts s'accroît lorsque la densité de courant d'élève à $0,15 \text{ A cm}^{-2}$. L'analyse par microscopie en force atomique confirme que la distribution moyenne et la rugosité augmentent significativement au dessus de $0,15 \text{ A cm}^{-2}$. Le comportement à la corrosion des dépôts de nanocomposite formés a également été évalué en utilisant la spectroscopie d'impédance électrochimique et la polarisation de Tafel.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°4 juillet 2012, pages 215 à 224.

CARACTÉRISATION DE LA STRUCTURE ET DES PROPRIÉTÉS DE CORROSION DE DÉPÔTS EN COURANT PULSÉS DE Zn ET D'ALLIAGES Zn-Ni. (STRUCTURAL AND CORROSION CHARACTERISATION OF PULSE PLATED ZN AND ZN-NI ALLOY COATINGS).

R. Ramanauskas, L. Gudavičiūtė, A. Kosenko, O. Girčienė, A. Selskis (texte en anglais).

Les effets du courant pulsé sur la composition chimique des phases, l'orientation préférentielle et la morphologie de surface de dépôts électrolytiques de Zn et Zn-Ni (12% en masse) ont fait l'objet la présente recherche, en utilisant la microscopie à force atomique, la microscopie à balayage la spectroscopie (XDR), la diffraction de rayons X, la spectroscopie photo électronique et des techniques électrochimiques. Il a ainsi été établi que, par rapport au courant continu, le courant pulsé conduit à une réduction de 50% de la taille de grain et à une diminution d'un facteur 2 et 4 des densités de courant de corrosion respectivement des dépôts de Zn et de Zn-Ni. Dans tous les cas relatifs aux conditions appliquées pour les dépôts d'alliage en mode pulsé le dépôt obtenu consistait en une phase unique $\gamma \text{ Zn}_{21}\text{Ni}_5$. Les mesures faites sur les deux dépôts en XDR ont mis en évidence la présence d'inclusions d'oxydes. L'analyse des propriétés de protection et de l'épaisseur des films d'oxydes formés à la surface des dépôts étudiés, ont révélé le fait que les films d'oxyde formés avec les courants pulsés étaient plus fins mais que dans le même temps ils possédaient de meilleures propriétés de protection que ceux réalisés en courant continu. Le dépôt en courant pulsé accroît la quantité d'inclusions non métalliques dans les revêtements de Zn et Zn-Ni, cependant ces quantités restent faibles car la concentration en oxygène dans les dépôts ne dépassent pas respectivement 1,5 et 0,2 % en masse pour le Zn et le Zn-Ni.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°5 septembre 2012, pages 237 à 245.

LES DÉPÔTS D'ALLIAGES COP OBTENUS PAR TECHNIQUE DE COURANT PULSÉS COMME SUBSTITUT AU REVÊTEMENTS DE CHROME DUR (PULSE PLATED COP ALLOY AS SUBSTITUTE FOR HARD CHROMIUM ELECTRODEPOSITS).

I. Kosta, N. Imaz, N. Cinca, E. Garcia-Lecina, M. Sarret, C. Müller (texte en anglais).

Un bain de type Watts au Cobalt contenant des additifs a été utilisé pour obtenir des revêtements de CoP (1-3%P en masse) en utilisant la technique des courants pulsés. Ces alliages CoP à structure nanocristalline hexagonale compact sont des candidats de premier plan pour le remplacement du chrome dur. La morpho-

logie, la structure et les performances des dépôts de CoP et de chrome dur ont été caractérisées par analyse MRB, microscopie à force atomique, XRD, microindentation et par des essais d'abrasion, de frottement et de résistance à la corrosion.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°5 septembre 2012, pages 252 à 258.

CHIMIOMÉTRIE APPLIQUÉE AUX TECHNIQUES DE DÉPÔT FONCTIONNELS DE CHROME ÉLECTROLYTIQUE OBTENUS PAR DES TECHNIQUES DE COURANT PULSÉS.

(CHEMOMETRICS APPLIED TO FUNCTIONAL CHROMIUM ELECTROPLATING BY PULSE PLATING TECHNIQUES).

N. Imaz, E. García-Lecina, J-A. Díez, M. Ostra, M. Sarret. (texte en anglais).

Les dépôts de chrome offrent de hauts niveaux de propriétés mécaniques et tribologiques qui justifient leur emploi dans de nombreuses applications industrielles et de construction. Toutefois l'un des problèmes liés à ces revêtements est leur résistance limitée à la corrosion et le faible rendement du procédé de dépôt. La technique des courants pulsés alternés peut conduire à une amélioration des caractéristiques des dépôts de chrome, mais le nombre important des variables impliquées et leurs interactions rendent difficile le choix des paramètres opératoires. Dans cet article, une approche de chimométrie a été utilisée pour concevoir les expériences et étudier les effets des paramètres du dépôt pulsé sur les propriétés du revêtement de chrome. Une analyse multi variée a été proposée pour établir la relation entre les caractéristiques physiques et structurales du dépôt et déterminer les paramètres de pulse nécessaires pour obtenir certaines propriétés. Les résultats indiquent que par dépôt électrolytique en pulse alterné, il est possible d'obtenir des revêtements totalement exempts de fissures, avec des duretés semblables à celles produites en courant continu, mais avec une tenue à la corrosion notablement améliorée.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°5 septembre 2012, pages 259 à 266.

FORMATION D'OXYDES ANODIQUES PROTECTEURS SUR ALUMINIUM PAR ANODISATION À FAIBLE VOLTAGE DANS L'ACIDE SULFURIQUE AVEC DES ADDITIONS DE CÉRIUM ET D'ACIDE TARTRIQUE.

(FORMATION OF PROTECTIVE ANODIC OXIDES ON ALUMINIUM BY LOW VOLTAGE ANODISING IN SULPHURIC ACID WITH CERIUM NITRATE AND TARTARIC ACID ADDITIONS).

M. Curioni, A. Zuleta, E. Correa, X. Pan, A. Baron-Wiechec, P. Skeldon, J.-G. Castaño, F. Echeverría, G.E. Thompson. (texte en anglais).

Les effets du potentiel d'anodisation et de l'action combinée d'acide tartrique et du nitrate de cérium dans un bain d'anodisation à l'acide sulfurique sur le comportement à la corrosion d'un aluminium de haute pureté et sur un alliage aéronautique AA 2024 T3 ont été étudiés systématiquement. Il est ainsi mis en évidence que le potentiel d'anodisation est critique pour déterminer les performances de résistance à la corrosion ; les faibles potentiels génèrent de fines porosités qui renforcent la résistance à la corrosion par rapport aux grosses porosités générées aux potentiels élevés. A ces deux potentiels l'addition de nitrate de cérium seul au bain d'acide sulfurique n'augmente pas significativement les performances de tenue à la corrosion. Inversement, l'addition d'acide tartrique seule est généralement bénéfique. Finalement lorsque les deux éléments sont ajoutés conjointement, on constate une amélioration de la résistance à la corrosion.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°5 novembre 2012, pages 290 à 297.

MICROSTRUCTURE ET COMPORTEMENT EN USURE DE REVÊTEMENTS NANOCOMPOSITES DE CO-W RENFORCÉS DE NANOPARTICULES D'ALUMINE.

(MICROSTRUCTURE AND WEAR BEHAVIOUR OF PULSE ELECTRODEPOSITED ALUMINA NANOPARTICLE REINFORCED CO-W NANOCOMPOSITE COATINGS).

Mulukutla, M; Singh, A; Harimkar, S P (texte en anglais).

La microstructure et les propriétés de revêtements d'alliages Co-W renforcés de nanoparticules d'alumine ont été étudiées en vue du remplacement des revêtements de chrome dur. Les revêtements composites ont été déposés électrolytiquement en courant pulsé sur des substrats acier en utilisant des bains à base de citrate. Les effets de la densité de courant, dans la gamme 1-9 A/dm², sur le renforcement des particules, la microstructure/phases, la microdureté et les propriétés de résistance à l'usure du dépôt ont été étudiés. Les revêtements co-dépôtés avec des densités de courant de 5 Adm² à 333 hz de fréquence de pulse et 33% de travail du cycle présentent des microduretés comparables à celles obtenues avec les revêtements de chrome dur.

Transaction of the institute of Metal Finishing, volume 90, N°5 novembre 2012, pages 316 à 323.

UNE PROPRIÉTÉ MAXIMALE AVEC FIABILITÉ ET EFFICACITÉ.

L'article fait un état de l'art de la problématique du nettoyage des pièces mécaniques résultant des exigences de propreté des pièces mécaniques en augmentation et en coûts résultants plus importants. Les nettoyages s'effectuent en plusieurs étapes : trempé, aspersion, rinçage par des fluides propres. Le choix se fait entre les milieux aqueux ou solvant de diverses origines (chimiques, organiques ou inorganiques) selon les applications. Les procédés nouveaux comme le jet de neige carbonique, des processus au laser ou plasma sont plus économiques et plus rapides. Le maintien en état de propreté avant montage ou emballage est également abordé.

GALVANO ORGANO 813 septembre 2012 pages 34-36.

NICKEL CHIMIQUE : TECHNOLOGIE SANS FIN DE VIE.

B. Roy (Enthone SAS).

La stabilité des bains de nickelage chimique est une des difficultés de ce procédé, caractérisé par le MTO (métal turn over). Les techniques sont le système coupage/régénération, l'électrolyse qui ont des effets sur les volumes de rejet. La Sté Enthone propose une solution Enfinity associé au système Enfinity-SteadyStade système de gestion automatique des bains en maintenant un taux de Ni à basse concentration avec réduction des rejets.

GALVANO ORGANO 813 septembre 2012 pages 47-49.

L'OXYDATION AVANCÉE PAR UV UNE TECHNOLOGIE INNOVANTE.

S. Ménard (*Micropulse Plating Concepts MPC*).

Proposition d'une technique de traitement des effluents par oxydation UV (AOP Advanced Oxidation Process) associant oxydation UV et agent chimique type eau oxygénée. Cette solution est adaptée aux effluents aqueux à forte concentration en DCO et métaux. L'auteur annonce une maîtrise, pour les procédés brevetés « Enviolet », des effets combinés par les UV et l'oxydant. Ils ont été utilisés pour le traitement d'effluent à forte DCO, des solutions de bains cyanurés, des effluents de fabrication de produits pharmaceutiques, solutions à forte propension de générations bactériennes ou de biofouling (tours de refroidissement, procédés d'anodisation sans chrome). La technique offre des perspectives dans la valorisation des déchets de galvanoplastie comme la récupération de métaux dans les bains de nickel chimique ou dans les solutions de catalyse à base de palladium.

GALVANO ORGANO 815 novembre 2012 pages 32-33.

TECHNOLOGIE 3D-MID INNOVANTE.

O. Kurtz, et all. (*Atotech Deutschland GmbH*).

Rappel, description et application des procédés « MID (Moulded Interconnect Devices) », « LDS (laser Direct Structuring) », « Hot stamping », « 3D photo imaging », « aerosol jet » et « Flamecon » utilisés pour la métallisation des plastiques par voie chimique (cuivre, nickel-phosphore, or). Les aspects préparation, dégraissage, activation sont développés.

GALVANO ORGANO 815 novembre 2012 pages 58-61.

VERS UNE RÉGLEMENTATION PLUS SÉCURITAIRE DES OPÉRATEURS EN CABINE DE PEINTURE.

L'article fait le bilan de la situation industrielle et sur l'offre constructeurs suite à la nouvelle directive machine du 29/12/2009 et normes NF EN 12215 (cabines d'application par pulvérisation de produits de revêtements organiques liquides) et NF EN 13335 (cabines mixtes d'application et de séchage).

GALVANO ORGANO 815 novembre 2012 pages 62-64.

LE DAMAS, UN ART D'EXCELLENCE.

L. Grosset (*Musée de la coutellerie, Nogent*).

Description de la ou des techniques de damas et de leur histoire.

Traitements et Matériaux N°416 pages 17-19.

LIGNE AUTOMATIQUE DE FOURS À POT POUR L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE ET AUTOMOBILE.

O. Bousbain (*Solo Swiss Group*).

Description d'une ligne de fours à pot livrée en Chine aux capacités suivantes : diamètre 850 mm, hauteur 3000 mm poids 1000 kg, comprenant un four d'austénitisation à atmosphère contrôlée à base de méthanol et azote comprenant 6 zones de chauffage pour une précision de +/- 5°C, une machine à laver, un bac de trempe de 12 000 l d'huile, une cloche de transfert, un four de revenu.

Traitements et Matériaux N°416 pages 20-22.

OPTIMISATION DE LA DURÉE DE VIE DE L'ACIER RÉFRACTAIRE 330CB SOUS ATMOSPHÈRE CARBURANTE ET RÉDUCTRICE.

A. Fleurentin (*CETIM*), H. Buscall & all. (*LVEEM Clermont Université*)...

Suite de l'étude menée au CETIM sur la tenue des tapis de four en acier réfractaire 330Cb dont le mode de destruction se produit par corrosion intergranulaire avec une dispersion de 12 à 24 mois. Le mécanisme est une carburation et une déchromisation de la matrice austénitique. Après différentes expertises et essais de laboratoire il est apparu que la voie de création d'une couche d'oxyde stable devait être recherchée et que les pollutions initiales par les alcalins, alcalino-terreux ou halogénures avaient un rôle néfaste. On s'oriente vers une solution de pré-oxydation contrôlée sous atmosphère d'argon et Hydrogène à 5%. (Communication présentée au congrès A3TS 2012 de Grenoble).

Traitements et Matériaux N°416 pages 25-31.

SOLUTIONS INTÉGRÉES POUR LA PRODUCTION ET LE CONTRÔLE DES ATMOSPHÈRES DE RECUIT DE TUBES D'ÉCHANGEURS THERMIQUES.

F. Chaffotte & all. (*Air Liquide France Industrie*).

Après un rappel sur les différents mécanismes d'interaction entre les atmosphères et les aciers notamment pour les transferts de carbone (carburation et oxydation). AL propose une solution de production de l'atmosphère à partir d'un générateur de type endothermique diluée à l'azote, elle est comparée aux atmosphères azote-hydrogène. Une supervision « AlnatControl » a été développée, elle maîtrise les flux de carbone dans les atmosphères azote-hydrogène. Un exemple d'application est présenté.

Traitements et Matériaux N°416 pages 32-38.

TRAITEMENTS DE BROCHES DE GROSSES DIMENSIONS.

D. Franchi et all. (*Feroli & Gianotti*), C. Galamand (*Platit*).

Les auteurs présentent leur expérience de traitement de broches creuses en acier rapide de grosses dimensions avec un exemple, diamètres 224/130mm, L= 2060mm Poids 420 kg. Après un contrôle avant traitement de la répartition des carbures, de la taille du grain austénitique et de la dureté, le traitement comprend une détente, une austénitisation en four sous vide avec trempe gaz azote 6,5 bar et 3 revenus. Les contrôles de dureté sur machine spéciale sont réalisés ainsi que des micrographies par réplique. Un cas de rupture spectaculaire à l'issue de son traitement d'une telle broche sur toute sa longueur et selon un plan longitudinal est présenté, la rupture est attribuée à un effort de tension exercé par le manchon fileté de préhension de la broche à son extrémité. Ces broches sont le plus souvent revêtues par PVD dont la gamme est présentée ainsi que les contrôles : test d'adhérence Rockwell, mesure d'épaisseur par Calo test.

Traitements et Matériaux N°416 pages 39-45.

DÉFAUTS POSSIBLES LORS DES TRAITEMENTS DE NITRURATION ET NITROCARBURATION DES ACIERS ET DES FONTES 2EME PARTIE : RELATIONS ENTRE LES CONDITIONS DU PROCESS ET LES DÉFAUTS.

C. Leroux et A. Fleurentin.

Après un inventaire des défauts dans la 1ère partie (N°415) sont examinés les influences de la matière, de la préparation de surface, les paramètres process (activité nitruante, pyrométrie, refroidissement), les milieux (gazeux, plasma, sels).

Traitements et Matériaux N°416 pages 46-49.

TRAITEMENTS COMBINÉS POUR AMÉLIORER LES PROPRIÉTÉS DES SURFACES.

C. Leroux

Compte rendu de la 5ème conférence européenne de Strasbourg en mars 2012. Texte déjà présenté dans Sciences et technique de juillet.

Traitements et Matériaux N°417 pages 17-18.

NANOPARTICULES : QUELLES PROTECTIONS POUR LES SALARIÉS ?

M. Tryjefaczka / S. Matuszewski (*Groupe Camfil Farr*).

Les nanomatériaux dont les dimensions vont de 1 à 100 nm peuvent présenter des risques pour la santé par suite de leur inhalation et diffusion dans l'organisme. Il n'existe pas de réglementation. La protection des salariés s'inscrit dans le cadre des réglementations de type Reach et du code du travail auxquelles on adjoint le principe de précaution. La protection passe par la filtration de l'air, le travail en vase clos, la ventilation des lieux, l'isolement des procédés et le nettoyage des lieux de travail. La protection collective repose sur le travail en vase clos, la captation, filtration et maintenance. La protection individuelle est assurée par le port d'EPI. Les auteurs décrivent les systèmes de filtration et leurs paramètres de fonctionnement (tamisage, inertie, interception, diffusion).

Traitements et Matériaux N°417 pages 19-22.

LES ONDES ULTRASONORES GUIDÉES POUR LE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF DES STRUCTURES MÉTALLIQUES.

S. Yacoubi & al.

La technique permet d'ausculter sur de très longues distances à partir d'un seul point de mesure, elle s'applique au contrôle des canalisations. La technique est décrite : propagation d'ondes > 20 KHz dans une direction privilégiée, les comportements, dispersif (allongement et aplatissement du paquet d'onde initial) et multimo-

dal (augmentation du nombre de paquets d'ondes) sont évoqués, avec leurs conséquences sur le mode de mesure et les courbes de dispersion. Les modes de génération des ondes guidées ainsi que leur modélisation sont présentés. Un exemple d'application au contrôle des tuyauteries est largement développé.

Traitements et Matériaux N°417 pages 25-32.

VANNES EN ACIER MOULÉ : MÉTHODE ULTRASO- NORE POUR LE CONTRÔLE QUALITÉ DU TRAITEMENT THERMIQUE.

P. Bouteille, H. Walaszek (*Cetim*), F. Dupoirion (*Total Petrochemicals*).

L'objectif est de procéder à un contrôle CND des caractéristiques mécaniques des vannes traitées notamment l'équivalent de la résilience et des microstructures. 3 méthodes ont été testées : bruit Barkhausen, courants de Foucault, US. C'est la méthode ultrasonore modifiée Cetim-Trius qui a été retenue qui consiste à mesurer le coefficient d'atténuation somme des coefficients d'atténuation par divergence, absorption et diffusion qui respectivement rapportent l'effet de frottement internes dans le matériau, des hétérogénéités - tailles de grain-porosités-inclusions, de la taille des hétérogénéités et défauts. La réponse de la méthode et sa fiabilité pour tester les vannes a été réalisée et s'est avérée efficace sur plus de 800 vannes contrôlées.

Traitements et Matériaux N°417 pages 33-36.

CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT D'UNE MESURE NON-AMBIGÛE DE LA LIMITE D'ÉLASTICITÉ.

S. Bonneau, L. Delattre (*Valourec Research Centre*).

Les problèmes de détermination précise de la limite élastique lorsque la courbe de traction ne présente pas de palier ou du module d'élasticité sont connus, elles font l'objet de précisions de la méthode dans les normes ISO et ASTM qui n'ont pas la même approche. Les différentes approches ont été testées sur une large population et on fait l'objet de constats : écart sur le module d'élasticité de l'ordre de 7% entre une mesure par la pente initiale et lors du retour d'hystérésis après 1% de déformation, c'est cette dernière méthode qui a été retenue pour la détermination de la limite élastique en l'absence de palier visible, dans le cas de courbes avec palier c'est la limite supérieure d'écoulement qui est retenue. Le choix peut se poser également de réaliser des éprouvettes circulaires ou prismatiques, sur les matériaux écrouis les éprouvettes cylindriques sont préférables.

Traitements et Matériaux N°417 pages 37-40.

LA THERMOGRAPHIE INFRAROUGE ACTIVE ET SES NOUVELLES APPLICATIONS AUX MATÉRIAUX MÉTALLIQUES.

S. Maillard & all. (*Cetim*), J.L. Bodnar (*GRESPI, UFR Sciences Exactes et Naturelles, Reims*).

En plus de ses applications au contrôle des installations électriques et thermiques la méthode peut être utilisée comme technique CND des matériaux pour mettre en évidence des défauts de type fissure, délamination, corrosion. On parle de thermographie infrarouge active. Elle nécessite d'envoyer préalablement un flux de chaleur généré par méthode optique (laser, lampe flash), acoustique (ondes ultrasonores), électrique (courants induits) ou déformation mécanique. L'échauffement est appliqué de façon cyclique pour déterminer la profondeur du défaut. Afin d'établir une cartographie complète des pièces il est nécessaire de balayer avec différentes fréquences, la méthode des excitations aléatoires modélisée permet de réduire le temps de mesure et de limiter les énergies d'excitation sources possibles de dégradation des pièces examinées. Des algorithmes de traitement des séquences d'images sont disponibles. Des applications aux pièces forgées, au contrôle des revêtements céramiques sur des pièces métalliques et sur un composite sandwich aluminium sont présentées.

Traitements et Matériaux N°417 pages 41-45.

LE PROCÉDÉ DE PROJECTION PLASMA DE SUS- PENSION : UN ATOUT POUR LA MISE EN ŒUVRE INDUSTRIELLE DE DÉPÔTS NANOSTRUCTURES.

E. Meillot & all (*CEA DAM Le Ripault Monts (37)*).

La projection plasma de suspension met en œuvre des particules de taille nanométrique afin de réaliser des revêtements nanostructurés d'épaisseur allant de 10 à 100 µm. après un rappel des techniques de projection plasma la méthode est décrite. La maîtrise du procédé est abordée ainsi que la préparation de la suspension (maîtrise de la sédimentation) et de la pièce à revêtir (parfait dégraissage). Au plan métrologique, on emploie des méthodes optiques de visualisation (caméra rapide, ombroscopie).

La simulation numérique est envisagée, elle requière des moyens de calculs puissants pour résoudre les équations d'écoulement en milieu diphasique eurléien. Elle permet de mettre en évidence la forte influence des propriétés physicochimiques du plasma en présence de très forts gradients de vitesse et température. Les dépôts obtenus (zircons yttrifiés) sont décrits montrant la répartition des particules et leurs effets attendus sur les propriétés. Les paramètres de projection : taux de charge de la suspension, pression d'injection, nature du solvant, paramètres plasma via le nombre de weber, sur les résultats sont analysés. Les applications envisagées se situent dans le domaine des barrières thermiques (zircone yttrifiée), d'amélioration des dépôts d'oxyde de titane aux propriétés photocatalytiques, de l'hydroxyapatite.

Traitements et Matériaux N°418 pages 18-28.

INTÉRÊTS TRIBOLOGIQUES DE LA NITROCARBU- RATION VIS-À-VIS DE LA CARBONITRURATION.

P.F. Cardey, A. Fleurentin (*Cetim*).

Etude menée dans des conditions proches de celles des engrenages, sur la nuance 27MnCr5 prétraité à 33 HRC nitrocarburee sur une profondeur de diffusion de 230 à 300 µm et de couche de combinaison de 7,5 à 22 µm avec ou sans post oxydation, comparées à une carbonituration de 0,65 mm HV650. Les essais de frottement ont été réalisés sur un tribomètre PLINT TE-77 (déplacement linéaire alternatif d'un pion en appui sur une plaque bombée en configuration de cylindres croisés) P = 830 à 1430 MPa, V = 0,003 à 0,3 m.s⁻¹. Sont mesurés en conditions lubrifiées : le coefficient de frottement pour différentes conditions de pression et vitesse, la résistance électrique de contact révélatrice de la présence du film de lubrifiant, la distance nécessaire à l'établissement d'un film de lubrification stable. Les solutions carbonitrurées nécessitent une distance plus longue face à une assez large dispersion des solutions nitrocarburees. L'usure à l'issue d'essais longue durée est également plus faible avec la nitrocarburation.

En frottement à sec le classement est le même. L'usure des plaques carbonitrurées est 4 à 10 fois supérieure, sur les pions l'usure est comparable. Les observations des éprouvettes montrent un mécanisme d'usure par adhésion grippage sur la carbonituration et usure par abrasion sur la nitrocarburation. Les comportements observés sont analysés et explicités. En milieu non lubrifié la nitrocarburation réduit de 20 à 40% le coefficient de frottement, et de 60 à 80% l'usure. En milieu lubrifié la mise en place du film de lubrification élasto-hydrodynamique est accélérée.

Traitements et Matériaux N°418 pages 29 -39.

REVÊTEMENTS DLC À HAUTE ADHÉRENCE.

Q. Contrepois (*Thermi-Lyon*).

Les technologies de dépôt sont rappelées ainsi que les problèmes d'adhérence et mesure de celle-ci. L'auteur a expérimenté une technologie de dépôt PACVD combinée à un générateur plasma DC pulsé. La solution d'un traitement duplex nituration contrôlée pour obtenir un bon état de surface en sous couche a été retenue sur aciers 40CrAlMo6-12 et 32CrMoV13, il permet de s'affranchir des opérations de polissage ou rectification et contribue ainsi à l'adhérence du dépôt DLC. L'application d'une couche intermédiaire de CrN améliore encore l'adhérence.

Traitements et Matériaux N°418 pages 40-43.

ÉTANCHÉITÉ AU VIDE : L'IMPORTANCE DU PROCÉDÉ.

J.M. Machefert & all.

L'étanchéité au vide d'un acier dépend de sa densité et de son homogénéité qui sont reliées au mode d'élaboration. Les méthodes d'élaboration (coulée lingot et coulée continue) sont rappelées, ainsi que leur effet sur la ségrégation des impuretés. La zone potentiellement poreuse peut être éliminée par des techniques de refusion sous laitier, de refusion sous vide éventuellement améliorées par des opérations de forgeage et contreforgeage. L'application pour obtenir un bouchon est envisagée à partir de produits long et plat.

Traitements et Matériaux N°418 pages 44-49.

NICKEL CHIMIQUE NOIR : DÉPÔT HAUTES PERFORMANCES ET PROPRIÉTÉS COSMÉTIQUES.

G. Lejeune (Mac Dermid France).

Les dépôts de nickel chimique noirs sont une évolution des dépôts de nickel-phosphore avec différentes variantes de teneurs en phosphore selon le besoin en corrosion ou en résistance à l'usure et la conductivité thermique. Les colorations noires sont recherchées par les industries de défense pour éliminer la réflexion de la lumière. Elles sont obtenues en développant un oxyde de nickel par immersion dans une solution d'acide nitrique diluée. Sur des dépôts à moyenne teneur en phosphore. Les résultats sont souvent aléatoires. Mac Dermid a développé un dépôt à faible teneur en phosphore (1 à 3%) suivi d'une immersion dans un bain d'oxydation contrôlée produisant des oxydes NiO et Ni₂O₃. La concentration en phosphore monte de 2 à 6%. La stabilité de la couleur est renforcée par un traitement de 2 h à 190°C. Des dépôts à plus haut phosphore ont été développés appliqués sur des plaquettes en alliage d'aluminium 6061 ont permis d'obtenir une tenue de 1000 h au BS.

Traitements et Matériaux N°419 pages 17-18.

COMBINAISONS DE TRAITEMENTS DE SURFACE.

E. Bergmann (Bestcoating SARL).

Communication présentée le 22 mars 2012 à Strasbourg lors de la conférence européenne A3TS et ayant déjà fait l'objet d'un compte rendu dans le précédent Science et Technique.

Traitements et Matériaux N°418 pages 21-32.

DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES PRODUITS PLATS EN ACIER PAR MESURES DE DURETÉ.

F. Chassard (PSA), S. Nazal (ENSM Besançon).

Présentation d'une méthode de caractérisation rapide par mesure de dureté sur des nuances d'aciers monophasés à dispersoïdes, biphasés et triphasés, appliquées au contrôle des pièces de carrosserie et de liaison au sol en produits plats en substitution aux essais de traction. Les sollicitations développées lors des essais de traction et des essais de dureté sont analysées ainsi que les possibilités de relation dureté-résistance à la rupture. Une relation polynomiale est retenue en appliquant des calculs d'incertitudes. Un modèle de courbe élastoplastique a été développé.

Traitements et Matériaux N°418 pages 33-37.

INTÉGRATION DU TRAITEMENT « PIÈCE À PIÈCE – OPF » DANS UNE LIGNE DE PRODUCTION D'ENGRENAGES.

V. Heuer & all. (ALD Vacuum technologies GmbH).

Le traitement de cémentation BP et trempage gaz est mis en place pour assurer un cadencement correspondant au flux d'usinage. L'équipement a été défini pour traiter des lots de 16 pièces toutes les 40 minutes, cémentées 0,6 mm, à 1030°C trempage azote 6 bar. La démarche de choix d'acier, de constitution de la charge et de

gamme est développée. Le procédé est un exemple intéressant d'évolution de la cémentation, pour s'adapter à la production en ligne.

Traitements et Matériaux N°418 pages 38-43.

ÉTAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DE L'INDUCTION DANS LES TRAITEMENTS THERMIQUES.

F. Marquis (SAET Group).

L'auteur fait le point sur les applications de l'induction dans les différents secteurs industriels avec des exemples d'application. Dans le secteur automobile, dans les moteurs : les vilebrequins, arbres à cames, avec des options différentes d'un pays à l'autre ; sur les liaisons au sol : bol fusée, tulipe, axe de transmission ; sur les directions et crémaillères, moyeu de roue. Les traitements single shot avec des inducteurs élaborés et des puissances importantes sont bien implantés. Les revenus effectués par induction dans des tunnels sont une évolution sensible. Dans le secteur des énergies renouvelables, l'induction s'impose sur les bagues de roulement d'éoliennes de 1 à 2 m de diamètre, les différentes méthodes de trempage sont développées (single shot, proche en proche avec ou sans recouvrement). Concernant les générateurs de puissance ce sont les convertisseurs statiques à transistors série ou parallèle qui se sont imposés. Les inducteurs restent un élément essentiel, leur conception est aidée par les outils de modélisation.

L'article est complété par un tour d'horizon sur les machines, systèmes de contrôle et circuits de refroidissement.

Traitements et Matériaux N°418 pages 44 - 49.

L'ACIER FONDU AU CREUSET EN FRANCE AU 19^e SIÈCLE : HÉRITAGE DE L'ORIENT ET NAISSANCE DES ACIERS SPÉCIAUX – II. SITUATIONS ÉCONOMIQUE ET HISTORIQUE DE L'ACIER AU CREUSET AU 19^e SIÈCLE PAR RAPPORT AUX AUTRES MOYENS D'ÉLABORATION DE L'ACIER.

J. Le Coze

Matériaux et techniques vol.100 N°6/7 page 547.

ELABORATION AND CHARACTERISATION OF ZNO THIN FILMS.

S. Benramache & al.

Matériaux et techniques vol.100 N°6/7 page 573.

SIMULATION OF THE BORIDING KINETICS OF FE₂B LAYERS ON IRON SUBSTRATE BY TWO APPROACHES.

N. Abdellah & al.

Matériaux et techniques vol.100 N°6/7 page 581.

VERS UNE APPROCHE CYCLE DE VIE DE REVÊTEMENTS MÉTALLIQUES DESTINÉS À DES APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

N. Serres & al.

Matériaux et techniques vol.100 N°5 page 387.

RECYCLAGE DE PARE-CHOC AUTOMOBILES : CARACTÉRISATIONS MICROSTRUCTURALE ET MÉCANIQUE AVEC SUIVI DE L'ENDOMMAGEMENT.

L. Chocinski-Arnault & al.

Matériaux et techniques vol.100 N°5 page 425.

PRÉCIPITATION MÉTASTABLE DANS LES ALLIAGES AL 6XXX : APPORTS DE L'IMAGERIE EN STEM-ADF À L'ÉCHELLE ATOMIQUE.

Le durcissement structural est un moyen important et efficace d'améliorer les propriétés mécaniques des alliages d'aluminium. Dans le cas de la série 6XXX (système Al-Mg-Si), une séquence

de précipitation complexe s'opère, qui est significativement modifiée par l'ajout d'une quantité mineure de cuivre. On s'intéresse ici à l'alliage 6061 (Al – Mg 1 wt. % – Si 0,6 wt. % – Cu 0,25 wt.%). À 300°C, des phases métastables proches, QP, QC et Q(') co-existent lors de vieillissements de quelques minutes à une heure. Bien que de nombreuses études par TEM et HRTEM aient déjà été publiées sur cet alliage, les structures atomiques de ces phases ne sont pas connues avec précision. Ceci a motivé la présente étude en « STEM-ADF », qui contrairement à la TEM conventionnelle, est par essence insensible aux effets de diffraction et devrait ainsi permettre une meilleure description à l'échelle atomique. Il est montré que la phase basée sur la phase Q est en fait identique à la phase stable $Q\text{-Al}_x\text{Cu}_2\text{Mg}_{12}\text{-xSi}_7$ phase. Il est également précisé la structure de la phase QC : un modèle est proposé (groupe spatial Q-6), proche de la structure hexagonale P-62m préalablement identifiée par un des auteurs (C.C.). Il est finalement discuté de la ségrégation du cuivre à la périphérie des précipités, ainsi que les relations structurales entre les phases QP et Q(').
Revue de métallurgie Volume 109 / Issue 06 / January 2012, pages 393-407.

MESURES ET MODÉLISATIONS DES DÉFORMATIONS ÉLASTIQUES AUTOUR DE NANOPRÉCIPITÉS.

M. Le Fournier & al.

La mesure précise des champs de contraintes autour de précipités inclus dans une matrice cristalline est nécessaire à la compréhension de l'interaction entre les dislocations et les précipités de matériaux structurellement durcis. Ces interactions contrôlent le mouvement des dislocations, et donnent donc des informations sur les propriétés mécaniques des matériaux. Les champs de contraintes autour des précipités de petite taille peuvent être obtenus à partir d'images de microscopie électronique en transmission en haute résolution (METHR) en utilisant la méthode des phases géométrique (GPA). Cette méthode est utilisable de façon générale pour caractériser les contraintes à l'échelle nanométrique autour des précipités de structure complexe ou inconnue, et est appliquée ici dans les cas de l'alliage d'aluminium 2198. Dans ce matériau, il est montré que les champs de déformation autour d'un nanoprécipité en forme de disque et d'épaisseur faible peuvent être modélisés par ceux d'une dislocation dissociée.

Revue de Métallurgie / Volume 109 / N° 06 / 2012, pp 409 – 414.

MICRO MÉCANISMES DU DURCISSEMENT STRUCTURAL D'UN ALLIAGE D'ALUMINIUM AÉRONAUTIQUE.

Hantcherli, F. Delmas, A. Couret et A. Coujou.

En déformant in situ dans un microscope électronique en transmission des micro éprouvettes de l'alliage d'aluminium 6056 T6, les micromécanismes responsables de sa résistance mécanique ont été identifiés.

Il a été montré que les dislocations s'ancrent sur des lignes nommées lignes d'ancrage et qu'elles se propagent par bonds entre ces lignes. Les grandeurs physiques qui décrivent ces lignes ont pu être mesurées. Il apparaît que le glissement dévié des dislocations est très actif dès la température ambiante. Ce glissement dévié se produit souvent entre plans octaédriques mais aussi entre plans octaédriques et plans cubiques. L'incidence de ce mécanisme sur les propriétés mécaniques a été analysée.

Revue de Métallurgie / Volume 109 / N°06 / Janv. 2012, pages 415-422.

Comité de rédaction : C. Brault, M. Delcourt, M. Ducos, E. Laffineur, C. Leroux, A. Mouftier, C. Tournier.



Association de Traitement Thermique et de Traitement de Surface
71 rue La Fayette 75009 Paris
Tél. : 01 45 26 22 35 - 01 45 26 22 36 - Fax : 01 45 26 22 61
www.a3ts.org - Email : a3ts@a3ts.org