



EDITO

Par Patrick JACQUOT (BODYCOTE).

Membre pour l'A3TS du comité exécutif de l'IFHTSE,
futur Vice-Président de l'IFHTSE pour 2014 - 2015.

IFHTSE et A3TS

L'A3TS est membre de longue date de l'IFHTSE (International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering).

Mais qui sait exactement ce qu'est, et ce que fait, l'IFHTSE ?

L'IFHTSE, fondée en 1971-72 en Suisse, est la Fédération Internationale de Traitement Thermique et de l'Ingénierie des Surfaces.

Son principal objectif est d'être une organisation de premier plan, qui a pour but de faciliter et de promouvoir des échanges internationaux d'information dans les domaines de la science et des technologies du traitement thermique et de l'ingénierie des surfaces des matériaux métalliques, en particulier avec et parmi les nombreux technologues, scientifiques, industriels et instituts, unifiés au sein d'organisations nationales, comme l'A3TS, ou universités et industriels liés au traitement thermique.

Elle est organisée par un comité exécutif qui est présidé par son Président pour deux années et qui doit auparavant avoir été Vice Président durant deux années. Le Secrétaire Général depuis de longue date est Robert Wood. Le comité exécutif comprend cinq ex-membres officiels et cinq autres membres de différents pays. L'assemblée du conseil d'administration nomme le Vice-Président qui sera le futur Président.

Ainsi, l'IFHTSE organise des conférences scientifiques et techniques internationales partout dans le monde.

Le prochain Congrès Européen de l'IFHTSE sera organisé à Munich en mai 2014, conjointement avec l'association allemande de traitement thermique, l'AWT. Pour y participer, vous pouvez encore envoyer vos résumés de présentation avant fin octobre 2013. L'IFHTSE organise et lance des projets, thèmes de formation ou des groupes de travail sur des sujets d'intérêt général (sécurité et protection de l'environnement, économie d'énergie en TTH, couches superficielles, science et technologie de la trempe et déformations associées, outillages, glossaire multi langue, moyens de tests standardisés des liquides de trempe ...).

Au delà de cela, l'IFHTSE est un réseau mondial unique de compétences en traitement thermique et traitement de surface, via des techniciens, scientifiques, experts et des leaders du secteur, tant au niveau académique qu'industriel. A l'heure de la mondialisation des marchés, des technologies, des économies, l'IFHTSE est l'organisation unique qui permet la création de réseaux, de collaborations et de connections d'experts multidisciplinaires quelque soit le continent. Le besoin de développement à l'international des entreprises afin de se développer sur les marchés extérieurs de l'export devient une des conditions vitales pour le maintien de la croissance, voire la pérennité même des entreprises. Aussi, l'ouverture à l'international devient une nécessité pour les entreprises. Un premier pas peut être de se connecter à ce type de réseau international comme l'IFHTSE, afin de mieux connaître et appréhender les contraintes et pratiques locales, savoir-faire, acteurs majeurs, technologies, et développer des collaborations de type transfert de technologie, d'activités industrielles, de vente d'équipements ou de consommables, d'offres de prestations de service, de formation, de création d'entités de sous-traitance, de relations d'études R&D, d'association inter-entreprises, etc ...

L'IFHTSE peut être un puissant relais pour faciliter les échanges internationaux, les prises de contact, les collaborations extra nationales, les créations de liens puissants entre acteurs du monde académique et industriels de tous pays.

JOURNEES TECHNIQUES : LES ACIERS INOXYDABLES

Section Sud-Est, le 22 mars 2013 à CHAMBÉRY.

Origine de l'inoxydabilité, classification des aciers dits « inoxydables »

Philippe JACQUET (*Département Sciences des Matériaux – ECAM Lyon*), Denis FLECHE (*Direction Matériaux et Procédés – SAFRAN*).

En France, le coût de la corrosion est estimé à 4% du PNB, aux USA, il est estimé à 279 Mds de \$/an, soit 3,2% du PIB. (500kg d'acier sont consommés par la corrosion ...chaque heure !).

Au niveau mondial, on estime que la corrosion détruit ¼ de la production annuelle d'acier, soit 5T/s.

Sur un avion de ligne, les coûts de maintenance pour lutter contre la corrosion sont estimés à 200 000 \$/an, soit 10 à 12% des frais de maintenance totaux.

Les mécanismes de corrosion sont rappelés et explicités par les diagrammes d'ELLINGHAM et le rôle du chrome rappelé. L'inox est un matériau récent : découverte du Chrome par Vauquelin en 1797 - premiers alliages Fer-Chrome élaborés par Berthier en 1821, en 1905, Guillet définit les trois grandes familles d'inoxydables (basées sur des études métallographiques). Début du développement industriel vers 1913. Brearley : premier couteau inox à Sheffield « Z40C14 » !

Vers 1935, production du premier acier austénitique (et découverte accidentelle de l'intérêt des austéno-ferritiques, les « Duplex »).

Un demi-siècle plus tard, le mot « inox » est entré dans le langage courant ...

Les compositions chimiques et l'utilisation des diagrammes déterminant la structure sont présentées.

Les principales applications des familles d'aciers inoxydables sont données.

En conclusion :

Il n'y a pas un « inox », mais différentes catégories d'aciers inoxydables. L'inoxydabilité est une notion relative ; il n'y a pas d'inoxydabilité absolue !

Choisir un inox demande de bien prendre en compte : la sévérité du milieu corrosif (et ses évolutions possibles) - les difficultés ou particularités de mise en œuvre de ces matériaux - les précautions à prendre avant la mise en service. Malgré les progrès accomplis, il reste des améliorations souhaitables : améliorer les conditions de frottement - améliorer les processus de mise en œuvre - augmenter les performances du compromis R mécanique/R corrosion.

Utilisation des inoxydables dans le domaine alimentaire.

Stéphane TUFFE (*Groupe SEB*).

Deux données sont rappelées :

1. Les normes : définition des inox en Europe, US et Japon

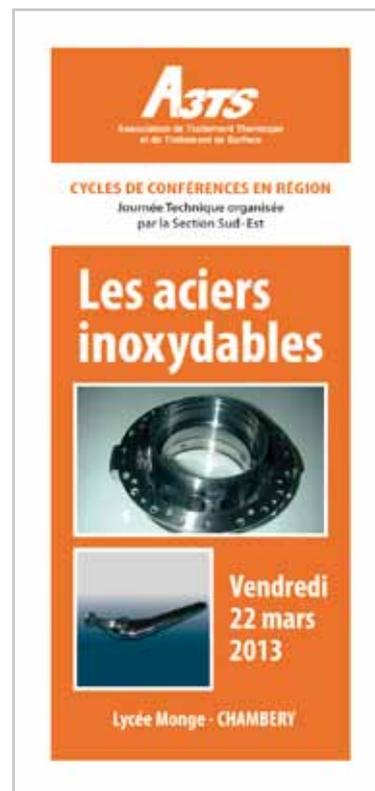
NF EN 10 088-1 (sept 2005) : Aciers inoxydables -

ASTM : A 240/A 240 M : Standard specification for Chromium and Chromium Nickel Stainless steel plate, sheet, and strip for pressure Vessels and for general applications.

JIS G 4305 : Cold rolled stainless steel plates, sheets and strip.

2. Alimentarité :

En France : arrêté du 13 janvier 1976 relatif aux matériaux et objets en acier inoxydable en contact avec les denrées alimentaires, repris dans la norme NFA36-711 : teneur en Cr minimale de 13%, des teneurs maximales en Mo, Ti, Al et Cu de 4%, des teneurs maximales en Ta, Nb et Zr de 1%.



Sur les ~ 270 références de produits fabriqués par le groupe Seb la consommation d'aciers inoxydables se différencie selon les produits :

- Les nuances ferritiques sont employées pour les applications en conditions de corrosion peu sévères ; AISI 430 pour les besoins les plus faibles en corrosion et pour les applications avec l'induction ; AISI 436 (MNb) ; 441 (TiNb) , 443 (21CT) pour de meilleures propriétés (moules à gâteaux) ; AISI 444 (MT) pour son coefficient d'expansion et meilleure tenue à la corrosion.

- Les nuances austénitiques pour la tenue à la corrosion et les mises en forme profondes : AISI 304 (autocuiseurs) et 304 J1 ; AISI 301 (High C) pour sa capacité de durcissement (éléments de fixation sur autocuiseur) ; AISI 201.

- martensitiques (AISI 420 - X46Cr13) pour la capacité de trempe et dureté (lames) et aptitude au meulage.

Les propriétés mécaniques recherchées sont l'aptitude à l'emboutissage profond et l'anisotropie des propriétés. Les différentes opérations de finition sont présentées, elles comprennent notamment des recuits brillants et polissages. Les ébauches diffèrent selon les produits et les sources d'approvisionnement.

La crise sur le nickel en 2007-2008 qui se répercuta sur les nuances austénitiques type 304 a conduit à demander au CETIM une étude sur leur substitution possible. Les critères pris en compte ont été : aspect de surface (polissage, brillance, homogénéité, cordage) - usinage - découpage - soudage - pliage - emboutissage (rétreint et/ou expansion)/étirage - alimentarité - résistance à la corrosion (produit de nettoyage et/ou aliments) - tenue à la pression (stérilisateur, autocuiseur) - prix (attribution d'un coefficient allant de 0 à 5 à chaque critère technique selon la famille de produits). Le comportement en corrosion se fait par mesure des potentiels électrochimiques. Les comportements dans les différents milieux rencontrés lors de l'emploi de différentes agressivités, ont été testés : produits de lavage, produits alimentaires. La capacité d'emboutissabilité (essai Erichsen) est également un critère ainsi que la sensibilité à la création de martensite d'écrouissage. Les choix alternatifs de nuances sont possibles selon les critères déterminants.

Aciers Maraging

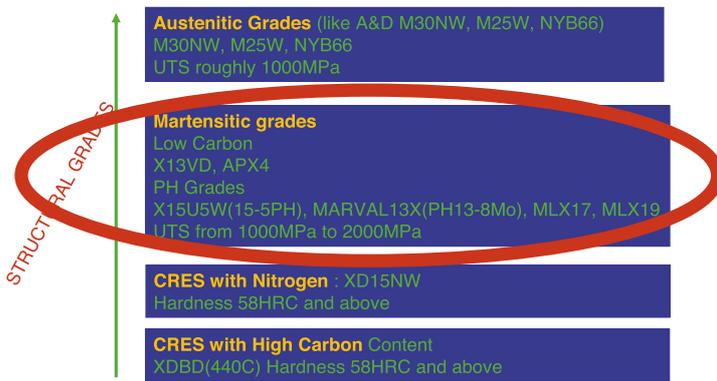
L. BARRACHIN (AUBERT & DUVAL).

Parmi les solutions exigeant résistance mécanique et tenue à la corrosion on distingue :

- Les aciers Inox martensitiques dans lesquels le C et le Cr se combinent pour former des carbures de Chrome mais le Cr de la matrice est consommé partiellement et le matériau n'est plus inox. Dans le cas des aciers pour roulements à 58HRC (C > 0,8%), ces aciers ne sont plus réellement Inox mais CRES (Corrosion Resistant) Ex X100CrMo17.

Un autre type de métallurgie est disponible : aciers PH (Precipitation Hardening) ou Maraging (Martensitic ageing) qui offrent une martensite sans C (molle) qui est durcie lors du revenu par les précipitations d'intermétalliques (Ti/Ni, Al/Ni, Cu/Ni, etc...) permettant de combiner des hauts Rm et une haute ductilité.

Les conditions d'emploi des différentes catégories de matériaux dans les applications aéronautiques sont présentées.



Aciers pour structures Aéronautiques

	Hardness	Ductility	Density	Corrosion
Al Alloys	Low	High	Low	High
Ti Alloys	Medium	Medium	Medium	Medium
Low Carbon Steels	High	Low	High	Low
Stainless Steels	Medium	Medium	High	High

Les aciers PH Inox sont les seuls à offrir un compromis résistance/ductilité/corrosion. Leur utilisation est indispensable sur toute une série d'applications.



Rm spécifique (Rm/d) de différents matériaux



Traitements thermochimiques des aciers inoxydables

B. STAUDER (BODYCOTE).

Les objectifs des traitements thermochimiques sur aciers inoxydables avec préservation de la tenue à la corrosion sont :

- Augmentation de la résistance à l'usure et au grippage (dureté) sur toutes pièces en mouvement relatif.
- Augmentation de l'endurance en fatigue (champs de contrainte) sur les pièces soumises à des contraintes mécaniques.

2 grandes familles de traitement sont utilisées:

- Nitruration : diffusion d'azote
- Cémentation : diffusion de carbone.

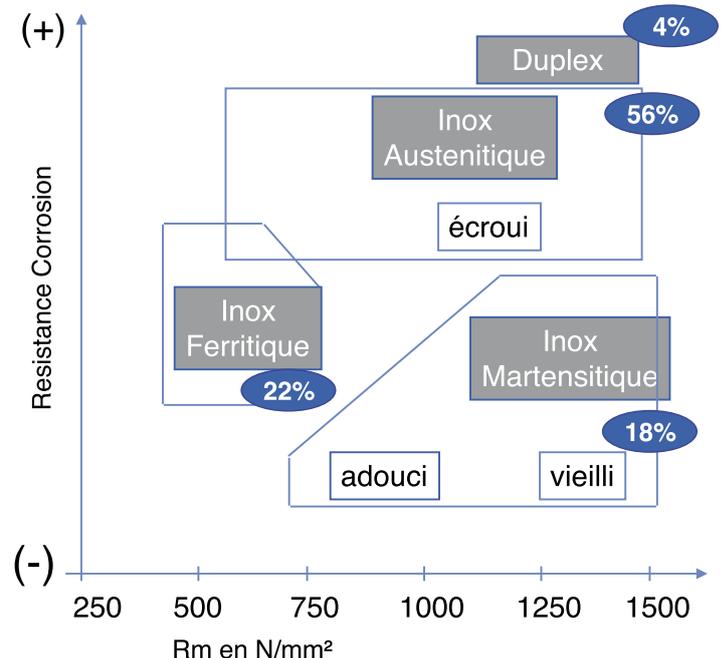
Les Traitements à basse températures (<500°C) produisent un durcissement par formation d'une solution solide sursaturée en azote ou/et en carbone (S-phase). Ils préservent les propriétés de résistance à la corrosion.

Ces traitements sont plus particulièrement adaptés aux aciers inoxydables de structure austénitique ou austéno-ferritique (duplex) et alliages à structure CFC (base nickel par exemple).

Les moyens industriels mis en œuvre : Traitement en phase gazeuse à la pression atmosphérique ou en basse-pression (Kolsterising®, LTCSS®, Pionite® ...) - Traitement assisté plasma (Nivox® 2-4-LH, Hardinox®, Thermi® -SP...). Différents résultats produits par différents procédés sont présentés : Kolsterising, Nivox, Nitreg S, Solnit.

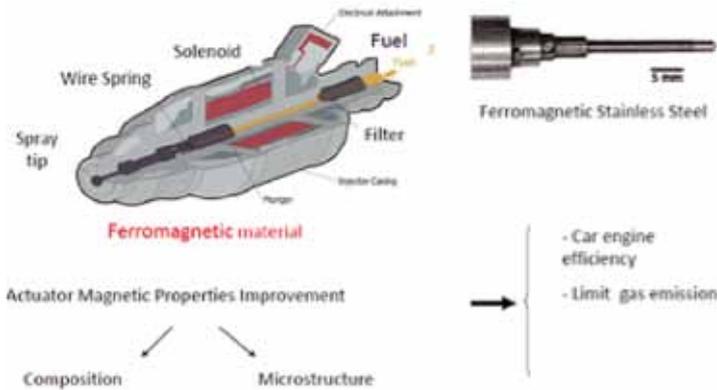
Les aciers inoxydables produits par UGITECH.

M. Mantel (UGITECH).



Exemple de développement produit. L'exemple présenté est celui d'un injecteur essence dont le pointeau doit avoir des propriétés magnétiques.

Industrial framework: Automotive Industry
 → Issue: improving the response time for fuel injection



L'acier employé est une nuance 430b dont la structure après déformation et recuit doit offrir les propriétés magnétiques requises.

L'évolution de la structure et les mécanismes de précipitation lors des étapes déformation, restauration, recristallisation sont présentés. La taille de grain intervient. Des résultats de champs d'aimantation (cycle d'hystérésis) selon les conditions de traitement sont montrés 5 min à 750°C, 30 min à 750°C et 30 min à 850°C comparé à l'état avant recuit.

JOURNEE TECHNIQUE QUALITE DES PROCESSUS DE TRAITEMENT THERMIQUE ET DE TRAITEMENT DE SURFACE LORS DE LA REALISATION DES COMPOSANTS AERONAUTIQUES ET AUTOMOBILES.

Section Ile de France, le 8 février 2013 à Paris.

SAFRAN procédés spéciaux, déploiement du programme Nadcap

Christian BUCK, Bruno Geffray (SAFRAN).

« Un quart à un tiers des anomalies de conformité produit ont pour origine la variabilité des procédés spéciaux, que ce soit en interne au groupe Safran ou sur les articles approvisionnés » c'est le constat que fait Christian BUCK en ouverture de son exposé. La maîtrise des procédés spéciaux est donc essentielle pour réduire les anomalies sur les produits. Deux grands axes sont suivis dans cette optique: la standardisation des procédés partout dans le monde et l'amélioration continue. Ces deux buts sont aussi les objectifs de Nadcap dont SAFRAN est membre depuis 2005. L'implication de SAFRAN dans Nadcap est constante, 16 spécialistes participent aux groupes de travail et plusieurs représentants interviennent dans les instances de management de cet organisme. De plus, le programme Nadcap est déployé sur les sites



industriels de SAFRAN et déjà 65 accréditations ont été prononcées et 30 supplémentaires sont attendues dans les trois ans. Le retour d'expérience de la filiale Messier Bugatti Dowty est ensuite présenté. A l'origine, la mise en conformité Nadcap est liée au contrat du B787 pour lequel, en 2006, il est demandé aux sous-traitants, de démarrer le processus d'accréditation. En 2007, premières accréditations et, en 2013, le programme est comme indiqué dans le tableau ci dessous.

Special Process	Landing gear division						MRO	Wheels & Brakes & System Divisions	
	Bidos	Gloucester	Toronto	Montreal	Suzhou	Queretaro	Queretaro	Molsheim	Walton
Shot peening	NUCAP	NUCAP	NUCAP	NUCAP	NUCAP	NUCAP	Non NUCAP	NUCAP underway	NUCAP underway
Heat treatment	NUCAP	NUCAP	N/A	NUCAP	NUCAP	NUCAP	Non NUCAP	N/A	N/A
Cadmium plating	NUCAP	NUCAP	N/A	NUCAP	NUCAP	N/A	NUCAP	N/A	N/A
Chromium plating	NUCAP	NUCAP	N/A	NUCAP	NUCAP	N/A	NUCAP	N/A	N/A
Sulphamate Nickel Plating	NUCAP	NUCAP	N/A	NUCAP	N/A	N/A	NUCAP	N/A	N/A
HVOF	NUCAP	N/A	NUCAP	N/A	NUCAP	N/A	Non NUCAP	N/A	N/A
Anodize	N/A	N/A	N/A	N/A	NUCAP	N/A	Non NUCAP	NUCAP	NUCAP
Painting	Non NUCAP	Non NUCAP	Non NUCAP	Non NUCAP	Non NUCAP	Non NUCAP	Non NUCAP	NUCAP	NUCAP
NDT	NUCAP	NUCAP	NUCAP	NUCAP	NUCAP	NUCAP	Non NUCAP	NUCAP	NUCAP

Le bilan réalisé permet de constater les effets suivants : l'accréditation est une force de modernisation des unités ; elle accroît la robustesse des procédés spéciaux et la rigueur ; elle favorise la mise en place de la prévention ; elle change la culture d'entreprise et décroît les non qualités et les coûts des rebuts et reprises.

Actuellement le déploiement vers les fournisseurs est en cours et tous les procédés spéciaux mis en œuvre sur les produits SAFRAN doivent être accrédités Nadcap (GRP 0087). Une procédure, la GRP 125, définit les conditions de qualification et de surveillance des procédés pour les fournisseurs. L'accréditation Nadcap est un critère de sélection clé pour les nouveaux fournisseurs et les nouveaux programmes. SAFRAN est responsable de la qualification des procédés spéciaux de ses fournisseurs, l'accréditation Nadcap permet de simplifier la surveillance. Depuis quelques temps, les coûts des audits de qualification réalisés par SAFRAN pour les sociétés qui ne sont pas Nadcap sont facturés aux fournisseurs.

A ce jour, SAFRAN reconnaît 500 accréditations Nadcap chez 300 fournisseurs dont 155 déclarées par 100 fournisseurs en France, ce qui correspond à la moitié du chemin à parcourir

Le programme Nadcap

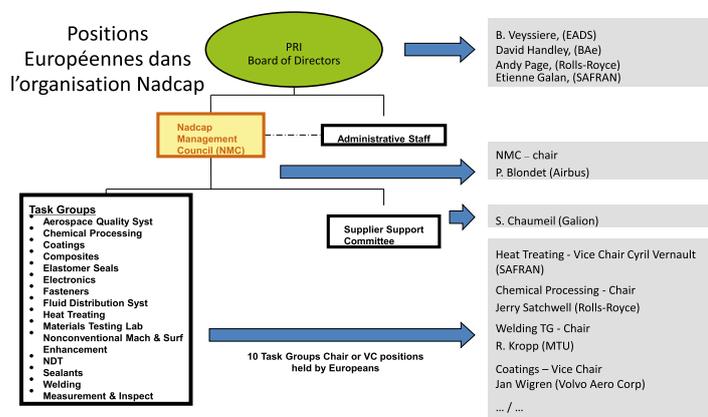
Joanna LEIGH (PRI NADCAP).

PRI est un organisme à but non lucratif qui fait partie de SAE international et qui administre le programme Nadcap. Basée à Pittsburgh USA, cet organisme possède des bureaux à Londres, Pekin, Aichi et Londres.

Sa mission est d'administrer le programme Nadcap.

Nadcap est un programme coopératif international regroupant la majorité des grandes sociétés du domaine aérospatial destiné à développer et mettre en œuvre une approche consensuelle et économiquement rentable pour la maîtrise et l'amélioration continue des procédés spéciaux produits et des produits. Les familles de procédés spéciaux concernés sont : les contrôles non destructifs, les essais de laboratoire, le traitement thermique, les revêtements, les procédés chimiques et peintures, le soudage, les usinages non conventionnels et les traitements de surface. Quant aux produits, il s'agit des joints élastomères, des mastics, des composites, de l'électronique et de la distribution de fluides.

L'évolution au cours du temps du nombre des sociétés qui ont adhéré au programme et celle des audits montre son fort développement. L'organisation de PRI s'appuie sur des instances de management et des « task group » techniques qui établissent les questionnaires d'audit et qui ont un rôle important dans le processus d'accréditation. Comme l'indique la figure suivante, les européens sont fortement représentés dans ces différentes instances.



Le système documentaire de Nadcap, les modalités de planification, de réalisation de l'audit et le processus d'accréditation, ont ensuite été décrits, ainsi que les principaux systèmes d'aide à la certification proposés par PRI au travers du site *eaudit.net*. Enfin, l'enquête de satisfaction menée auprès des sociétés accrédités donne les résultats suivants : pour 54%, l'accréditation Nadcap

a permis d'accroître les ventes ou attirer de nouveaux marchés ; 41%, ont constaté une réduction des retouches ; 35%, une réduction des rebuts et 60 % constatent que l'accréditation a permis une standardisation des pratiques.

Le point de vue d'un staff engineer

Jerry ASTON (PRI NADCAP).

Le rôle d'un staff engineer dans l'organisation Nadcap est de faire une revue des écarts identifiés par les auditeurs en tant qu'observateur indépendant. Il fait également une revue des réponses aux écarts qui sont faites par les fournisseurs et il travaille avec eux pour les résoudre. Enfin, il propose au task group, à qui appartient la décision finale, une recommandation pour l'accréditation ou l'échec de l'audit. Il apporte également une aide et participe aux réunions des task group et de leurs sous groupes, mais il n'a pas de droit de vote sur les décisions dont l'objet est de changer les questionnaires d'audit.

Sa position lui permet d'apporter un éclairage utile pour conseiller les sociétés en cours d'accréditation et, après avoir rappelé le rôle du task group, Jerry ASTON a présenté son avis sur un calendrier de certification, décrit le déroulement d'un audit et il a indiqué les 10 écarts le plus souvent relevés.

Rôle des task group Nadcap

Ils sont composés des représentants des donneurs d'ordre de l'aéronautique et il sont responsables : du recrutement et de la formation des auditeurs ; de la revue des audit ; de la tenue de réunions pour analyser les rapports d'audit et les problèmes d'accréditation et débattre du contenu des questionnaires qui sont développés dans le cadre de sous groupes de travail (Sub Team). Le task group traitement thermique créé en 1992 a développé les questionnaires suivants qui servent de support d'audit

- AC7102 – Heat Treating (Core)
- AC7102/S – Nadcap Supplemental Audit Criteria
- AC7102/1 – Brazing
- AC7102/2 – Aluminum
- AC7102/3 – Carburizing
- AC7102/4 – Nitriding
- AC7102/5 – Hardness Testing
- AC7102/6 – Hot Isostatic Pressing
- AC7102/7 – Induction
- AC7101/3 – Tensile Testing
- AC7101/4 – Metallography and Microhardness Testing
- AC7110/1 – Torch and Induction Brazing

Calendrier pour la préparation d'un audit

Au minimum six mois avant l'audit :

prendre connaissance des questionnaires, sélectionner et former les auditeurs internes.

Trois à quatre mois avant l'audit d'accréditation :

faire des audits internes et des recherches de causes efficaces sur les écarts ; mettre en place les actions correctives ; vérifier l'accord entre pratique et procédures.

Un mois avant l'audit :

vérifier sur *eaudit.net* si les questionnaires n'ont pas évolué ; faire un audit interne qui doit être communiqué à PRI avec tous les questionnaires utilisables pour l'audit (toutes les Non Conformités doivent être réglées avant l'arrivée de l'auditeur) ; enfin, communiquer à PRI toutes les informations exigées par le questionnaire AC7102.

Déroulement d'un audit

L'auditeur vérifie la conformité des procédures et des pratiques par rapport aux questionnaires, il procédera à 2 audits de terrain (job audit) en version longue sur des travaux terminés et 8 audits de terrain en version courte sur des travaux en cours. Le manque de preuve pour étayer une réponse peut conduire à une non conformité. A l'issue de l'audit, le staff engineer passe en revue le dossier, demande si nécessaire des clarifications au fournisseur ou à l'auditeur ; puis, lorsque le dossier est complet, il l'envoie au task group pour décision.

Les 10 non conformités les plus souvent rencontrées :

celles ci, comme le montre les tableaux ci-dessous sont très souvent en relation avec l'application de la norme de pyrométrie AMS2750 ; ainsi, on trouve : en numéro 1, la non conformité des fiches d'étalonnage des instruments et les autocollants ; en numéro 2, la non conformité des contrôles de justesse des chaînes de mesure (SAT) ; et, en numéro 3, la non conformité des thermocouples ou de leur étalonnage.

1-Jan-10 to 31-Dec-10				Total Audits Conducted
Top NCR	Paragraph Ref	Text	Times Cite	761
1	10.4.4	Do the instrument calibration records and stickers show conformance to the requirements of AMS 2750, or more stringent customer requirements?	152	
Total Percentage for Para Ref 10.4.4				20.0%
2	10.7.3.1	Are the SAT's performed on the temperature control and recording systems required by the applicable instrumentation type in each control zone of each piece of thermal processing equipment used for production heat treatments?	131	
Total Percentage for Para Ref 10.7.3.1				17.2%
3	10.2.1	Do the thermocouples and thermocouple wires meet the calibration frequency, temperature intervals and accuracy requirements of the AMS 2750, or more stringent customer requirements? (U10)	117	
Total Percentage for Para Ref 10.2.1				15.4%
4	3.4.2	Are all corrective actions from the previous Nadcap audit still implemented (check the last full audit)?	111	
Total Percentage for Para 3.4.2				14.6%
5	10.4.1	Are the calibration accuracy and frequencies in accordance with the requirements of AMS 2750D Table 3, or more stringent customer requirements?	111	
Total Percentage for Para 10.4.1				14.6%
6	6.1.2	Is this review performed by Quality Assurance or other designated personnel and the review documented on the furnace recording?	104	
Total Percentage for Para 6.1.2				13.7%
7	10.3.1	Do all test instruments have a digital display and output, and meet the readability, calibration frequency and the accuracy requirements of Table 3 of AMS 2750D, or more stringent customer requirements?	101	
Total Percentage for Para 10.3.1				13.3%

1-Jan-10 to 31-Dec-10				Total Audits Conducted
Top NCR	Paragraph Ref	Text	Times Cite	761
8	10.8.5.4	Are temperatures indicated by all furnace thermocouples recorded and included as part of the TUS record? (U11 & U13)	99	
Total Percentage for Para 10.8.5.4				13.0%
9	10.2.2	Are the thermocouples being calibrated throughout the range in which they are to be used?	85	
Total Percentage for Para 10.2.2				11.2%
10	10.8.7.1-[1]	Does the documentation of the performed TUS includes as a minimum: <ul style="list-style-type: none"> • Furnace identification name or number • Survey temperatures • TUS sensors and location identification including a detailed diagram, description or photograph(s) of any load or rack used • Correction factors as well as corrected or uncorrected readings of all TUS sensors at each survey temperature. Readings shall be identified as corrected or uncorrected. • Testing company identification (if not performed in-house) • Signature for the testing company (if not performed in-house) • Name of technician performing the survey • Survey start date and time • Survey end date and time • Survey test instrument identification number • Indication of the test being passed or failed • Documentation of furnace survey sensor catastrophic failures (see AMS 2750D paragraph (3.5.15)) • Time and temperature profile data showing TUS sensors and control or monitoring sensors for all zones tested • Summary of final plus and minus readings at each test temperature • Quality Organization approval 	72	
Total Percentage for Para 10.8.7.1-[1]				9.5%

Pratique et retour d'expérience sur l'accréditation Nadcap dans le domaine des traitements thermiques en prestation de service.

L. POIRIER, L. DUDOK, T. MARTINEZ (BODYCOTE).

Bodycote est une société internationale comptant 170 sites réparés dans 27 pays. Actuellement le groupe est structuré depuis 2010 en deux divisions : l'une s'adresse plus spécifiquement à l'aéronautique, la défense et l'énergie (ADE), elle compte 75 sites dans le monde ; l'autre, est orientée vers l'automobile et l'industrie générale (AGI). En 2005, de nombreux sites bodycote aux USA et GB étaient accrédités Nadcap et c'est à cette date que débutent les certifications dans le secteur France - Belgique - Italie.

Actuellement, 9 Sites sont accrédités et la plupart sont au « merit » : 6 en traitement thermique ; 1 en soudage par faisceau d'électron, et 2 en projection thermique.

Les principales actions qualité pour la mise en conformité ont concerné : la revue de contrat et la résolution des écarts avec les donneurs d'ordre de premier rang (primes) ; la documentation pour mise en conformité aux questionnaires AC ; la pyrométrie avec la mise en place de la norme AMS 2750 ; la mise en place des auto-audits ; le déploiement des normes ISO et ASTM pour les essais de dureté. Ces actions ont eu un impact sur la productivité qui a baissé en moyenne de 15% à isocapacité à cause de : l'immobilisation des fours et moyens de contrôle pour la réalisation des vérifications imposées ; la diminution des possibilités de regroupement de pièces ; l'augmentation des tâches et échantillonnages liés aux vérifications. Par ailleurs, des investissements ont dû être réalisés pour appliquer la norme AMS2750 et des charges nouvelles sont apparues : frais d'étalonnages ; augmentation des charges salariales en méthodes, contrôle laboratoire, pyrométrie, qualité, formation. Le bilan qualité conduit à un constat d'amélioration global.

D'un point de vue plus général, il apparaît que cette accréditation provoque un changement culturel sur le strict respect des exigences du client, sur la prise de décision au niveau du traitement, sur la communication et l'approche des prix avec le client. Elle représente également un gage de crédibilité qui offre des possibilités de développement. En revanche, il faut constater que le nombre des audits par les clients n'a pas diminué.

Nadcap chemical process : point de vue d'un fournisseur

Stéphane CHAUMEIL (UITS).

S. CHAUMEIL présente son exposé en tant que membre de l'UITS syndicat professionnel des entreprises du traitement des matériaux qui représente 190 entreprises : façonniers (traitement de surface et traitement thermique) ; fournisseurs de produits chimiques ; équipementiers ; ateliers intégrés ; sociétés et organismes de formation et conseil. L'UITS est membre de la FIM et du CETS. La société GALION est membre de l'UITS et S. CHAUMEIL, qui en est le président, participe aux instances de Nadcap, il est membre votant du Task Group task group « Chemical Process » et membre du SSC (Supplier Support Comitee). La société compte 60 personnes en traitement de surface et est accrédité Nadcap depuis 2008 et au « mérit ».

Le présent exposé s'adresse principalement aux sociétés qui ne connaissent pas Nadcap et il vise à donner des indications pour faciliter le parcours d'accréditation. En premier lieu, il faut savoir où trouver l'information. Dans ce domaine, les sites *PRI-Network.org* et *eAudit.net* sont des points d'entrée importants, on peut également téléphoner ou joindre Nadcap par mail, profiter du « Mentoring program » destiné aux nouveaux venus, assister aux réunions Nadcap et contacter son donneur d'ordre. Lors de l'audit, l'auditeur vient, au nom de tous les donneurs d'ordre adhérents à Nadcap, vérifier la bonne pratique du site et sa conformité aux exigences communes (AC7108 pour le traitement de surface) et aux exigences particulières des clients. Après la réunion d'ouverture, l'auditeur vérifie le périmètre de l'audit et donc les procédés qui seront

certifiés ; ensuite, il choisit dans l'atelier les dossiers qu'il prendra pour effectuer ses audits de terrain. Enfin, l'auditeur procède à l'audit en suivant la totalité de la réalisation de plusieurs commandes en temps réel ; et, dans le même temps, il passe en revue tous les points du questionnaire Nadcap et indique, en regard de chaque question, la référence de la preuve présentée lors de l'audit. L'auditeur est un spécialiste du domaine audité qui identifie les écarts, mais ne décide pas de leur levée. Le rapport est transmis ensuite au staff engineer.

Les non conformités doivent être levées avec une recherche des causes racines très précise et contraignante. Pour préparer l'audit, il faut : constituer un groupe de travail (dont un membre doit lire et écrire l'anglais) ; établir un tableur informatique avec les questions et surtout les réponses que l'on apporte à ces questions avec les preuves formelles (plus de 70 pages de questions) ; une implication de la totalité de l'entreprise, de la direction aux employés de production.

La mise en conformité à l'accréditation apporte des contraintes et un changement de façon de travailler : il n'y a plus d'à peu près ; les opérateurs doivent enregistrer leurs variables ; il n'est plus possible de « faire comme d'habitude » la production doit refléter fidèlement la commande et celle-ci doit être sans ambiguïté (donc exigence de clarification avec le client). Ces contraintes se retrouvent en bénéfice car on est toujours conforme à l'exigence du client, on gagne en traçabilité et on diminue les risques de fabrication avec de mauvaises informations.

Le CQI-9, évaluation technique des procédés de traitement thermique pour l'automobile.

René MAUVOISIN (*BODYCOTE*).

Le CQI-9 (Continuous Quality Improvement) traitement thermique, fait partie d'une famille de référentiels destinés à l'industrie automobile que l'on peut trouver sur le site de l'AIAG et qui ont pour but de permettre l'amélioration continue et la réduction des dérives et défauts.

Le CQI-9 a été conçu par des experts du traitement thermique US sous l'impulsion de Ford et General Motors et fortement influencé par la norme de pyrométrie AMS 2750, son application est rendue obligatoire par plusieurs sociétés au travers du référentiel ISO TS 16949 qui est le référentiel de management de la qualité habituellement demandé aux fournisseurs des industries automobiles.

Actuellement, le CQI-9 est en version 3. Ce document est composé essentiellement d'un fichier Excel qui est utilisé comme compte rendu d'audit et d'un guide support. On trouve ainsi dans le CQI-9 : une partie constituée de 4 chapitres appelée HTSA qui indique les exigences générales de qualité dans les domaines suivants :

- responsabilité de l'encadrement et planification de la qualité,
- responsabilité des opérations et manipulations en atelier,
- les équipements de traitement.

Enfin, celles particulières au traitement par induction.

Le HTSA est complété par des tables d'exigences plus précises, propres à chaque procédé, à savoir :

- table A, la cémentation carbonituration, la trempe et revenu,
- table B, Nitruration et nitrocarburation,
- table C, le traitement des alliages d'aluminium,
- table D, l'induction,
- table E, les recuits,
- table F, la cémentation basse pression,
- table G, le frittage,
- table H, la nitruration ionique.

Ces questionnaires d'audit sont complétés par des formulaires de recueil d'information sur l'entreprise et un formulaire particulier pour réaliser un audit de terrain sur une pièce ou une famille de pièce. Dans le guide support, on trouve des instructions pour remplir correctement ces questionnaires et des indications sur la pyrométrie et sur la qualification requise des auditeurs, ainsi qu'un glossaire. Dans son exposé, René Mauvoisin a indiqué dans des

tableaux les liens entre ce référentiel et l'ISO TS 16 949.

Dans sa conclusion il a présenté les points forts et les points faibles du CQI-9.

En positif, ce référentiel permet un audit technique approfondi du processus de traitement thermique ; il prend en compte les exigences particulières de l'industrie automobile ; il est déjà bien implanté aux USA en Europe et au Japon ; il bénéficie de la synergie des autres CQI.

En revanche il présente des points négatifs et en particulier : il n'est pas synonyme d'amélioration continue ; réponses binaires et sans nuance aux questions ; les fréquences d'audit sont imposées (coûts) ; la pyrométrie n'est qu'une extraction partielle de l'AMS 2750 et le référentiel est encore très influencé par les normes américaines.

Retour d'expérience et application du CQI-9 en Europe

Adil SLIMANI (*METATHERM*).

Dans le groupe Alberts, Métatherm, société spécialisée en traitements thermiques et de surface, fait partie de la division traitement des matériaux MT-GROUP qui comporte de nombreuses unités en Europe. C'est dans ce contexte qu'Adil SLIMANI fait part des retours d'expérience de ses collègues Espagnols, Anglais et Allemands par rapport au CQI-9.

En Espagne, le pays est en crise et le marché du traitement thermique à façon est beaucoup plus réduit que celui de la France et des autres pays Nord-Européens ; ceci, à l'exception du pays basque dont l'activité est importante. Les prix de marché sont inférieurs à ceux de l'Allemagne et de la France. Dans ces conditions, même si les critiques à l'égard du CQI-9 sont les mêmes que dans les autres pays, l'application de ce référentiel est un impératif pour continuer à obtenir de l'activité issue des marchés automobiles.

A l'usage, on constate que le CQI-9 a le mérite de définir des bonnes pratiques et qu'il améliore la qualité, mais avec un coût certain. En pratique il existe un statu quo entre donneurs d'ordre et fournisseur sur un certain nombre de points : fréquence des cartographies et des contrôles de températures, machines de dureté, analyseurs carbone ...

En Angleterre, la majorité des sites sont Nadcap, seul un site ne l'est pas, mais il est ISO TS 16949. Dans ce pays, le CQI-9 est perçu comme simple à utiliser, surtout dans sa version 3. Une augmentation des coûts est constatée, mais elle est jugée modérée en particulier avec la dernière version.

En Allemagne, l'opposition a été, comme en France, assez forte et le syndicat allemand a également tenté d'organiser des actions. Toutefois, le contexte était difficile car de grands donneurs d'ordre favorables au CQI-9 étaient présents lors des réunions de travail. Par ailleurs la multitude des petites entreprises de traitement qui constituent le syndicat ne favorisait pas une prise de position commune. Il a donc été décidé en Allemagne d'identifier les points litigieux sous forme d'un « top 10 » des revendications et de les faire remonter à l'AIAG en s'impliquant dans le Groupe de travail propre au référentiel.

Les demandes ont été partiellement prises en compte dans la 3ème édition du CQI-9 et il existe aussi des statu quo sur quelques points litigieux (fréquence des cartographie, contrôles pyrométriques, etc.).

Le RQP1 référentiel d'amélioration continue pour le processus de traitement thermique.

Philippe LAPIERRE (*PSA*), M. SCHMIT-VALAT (*RENAULT*).

Les auteurs rappellent que le RQP1 est né des insuffisances du CQI-9 et notamment de son incidence sur les coûts de production qui a conduit l'UITS à confier au CETIM la tâche de réaliser un référentiel alternatif permettant de vérifier plus raisonnablement les bonnes pratiques en traitement thermique.

Le groupe de travail du CETIM qui réunissait praticiens du traitement et grands donneurs d'ordre a conduit à la réalisation du référentiel RQP1 qui permet un audit des bonnes pratiques et, grâce à son système de notation, de promouvoir l'amélioration continue. La structure du RQP1 est conforme à celle utilisée dans la norme ISO 9001 et quelques compléments indispensables au traitement de pièces automobiles sont pris en compte : AMDEC, plan de surveillance, APQP... Le système de notation est pondéré en fonction du risque. Certains points sont cependant définis comme « critiques » et ils donnent lieu à des démerites très importants.

Le CQI-9 comporte 117 exigences dont 38 sont critiques. Il se présente sous forme d'un tableur Excel avec cotation automatique.

L'avantage d'utilisation du RQP1 est qu'il permet une évaluation de toutes les étapes du processus et l'obtention d'une cotation qualité d'un atelier de traitement thermique. En revanche, son déploiement plus tardif que le CQI-9 lui procure un retard de diffusion. PSA l'a appliqué sur une de ses usines de traitement thermique de boîtes de vitesse et les conclusions sont favorables : ce référentiel permet un examen détaillé du processus de fabrication et il est favorablement accueilli par le personnel, compte tenu de son orientation vers amélioration continue. Cet audit test a permis de valider la pertinence du référentiel et les axes de progrès de l'usine.

Pour Renault, l'application du RQP1 correspond à un besoin interne de référentiel commun aux différentes usines. L'exemple présenté montre un retour positif de trois usines qui l'ont appliqué et qui constatent une bonne identification des points à améliorer, ce qui favorise l'échange des bonnes pratiques entre usines. Le RQP1 a été donc adopté comme audit de référence. Toujours chez Renault, il a été utilisé pour un cas de crise en Corée et il a permis de mettre en évidence la non conformité des consignes. Il est également utilisé pour évaluer le potentiel de nouveaux fournisseurs et le suivi de leur capacité de réaction.

Actuellement le référentiel est en cours de normalisation, un groupe de travail de l'UNM finalise la présentation de la norme qui devrait être officialisée en fin 2013 avec pour but son évolution en norme ISO.

CQI-12 un référentiel qualité pour les traitements de surface automobile.

Claude BRAULT (*Consultant*).

Le CQI-12 est un référentiel produit par l'AIAG au sein d'un groupe de travail auquel ont participé plusieurs sociétés dont Ford Motor company, General Motors Corporation Curtis Metal Finishing Company, PPG industries...

Le but de ce référentiel est l'évaluation de sociétés de traitements de surface travaillant pour l'industrie automobile. Une évaluation annuelle est exigée et l'auditeur doit avoir une expérience des systèmes de management de la qualité ISO 9001 ou ISO TS 16 949 et une réelle expérience en revêtement.

La conduite de l'évaluation est réalisée avec un questionnaire qui contient :

- une section qui traite de la responsabilité du management et de la planification de la qualité (18 questions),
- une section qui traite de la responsabilité de l'atelier (14 questions).

Des tables de procédés qui proposent des exigences personnalisées au procédé concerné. Elles sont au nombre de 10 et concernent :

- table A, le prétraitement et le nettoyage aqueux,
- table B, le prétraitement et le nettoyage mécanique,
- table C, le prétraitement et la phosphatation,
- table D, la peinture par poudrage,
- table E, la peinture par électrophorèse,

- table F, la peinture par pulvérisation,
- table G, la peinture par trempage/centrifugation,
- table H, la peinture par autophorèse,
- table I, la polymérisation par four à convection,
- table J, les équipements.

Enfin un questionnaire pour l'audit produit est disponible.

A chaque évaluation, au moins 1 audit de terrain doit être réalisé. Le questionnaire comporte 40 questions avec trois réponses possibles : satisfaisant ; non satisfaisant (et dans ce cas une action corrective doit être mise en place dans un délai de 90 jours au maximum) ; requière une action immédiate (idem à non satisfaisant, mais il faut isoler le lot suspect).

L'application de ce référentiel concerne essentiellement les USA, il semble peu appliqué en France.

Contrôle de la boulonnerie automobile par mise en œuvre d'un référentiel d'application des produits utilisés lors du traitement de surface.

Frédéric RAULIN (*COVENTYA*).

Si on livre 20 vis de roues pour assembler un véhicule qui est produit à raison de 1400 unités par jour et si l'on accepte 10 ppm de non conformité, on livre 8 non conformités par mois.

Dans ces conditions la maîtrise du processus est indispensable. A cet effet, la norme véhicule PSA B154102 précise les obligations de suivi de l'applicateur de revêtement de zinc électrolytique et finitions associés par le formulateur, pour les procédés au tonneau (en vrac). Le formulateur a l'obligation d'auditer systématiquement et régulièrement l'applicateur, il a également l'obligation de communiquer, sur demande de PSA, les comptes rendus des audits et les résultats des essais sur pièce. Pour respecter ces obligations un référentiel de type FIEV a été mis en place. Il comporte environ 200 questions réparties en 14 chapitres (voir figure) avec 4 niveaux de cotation.

Le résultat de l'audit est exprimé sous deux formes : un indice IP calculé par le rapport nombre de questions satisfaisante/Nombre total de questions ; et le nombre des non conformités. L'objectif étant d'obtenir un IP>90 sans non-conformité.

Un dossier applicateur est constitué avec l'audit du processus, le plan d'action, le rapport des actions et de leur suivi. De plus figurent également le suivi du Processus par le fournisseur (suivi BS, des épaisseurs, poids de couche, coefficient de frottement...). Cet ensemble permet la certification des fournisseurs.

THEME DES CHAPITRES :

- 1 - REVUS DOCUMENTAIRE :**
Normes ou spécifications client, plan de surveillance de la ligne auditée
- 2 - FLUX LOGISTIQUE :**
Suivi logistique des pièces dans l'atelier
- 3 - SUIVI DE LA PREPARATION DES PIECES :**
Dégraissages , décapages ...
- 4 - BAINS DE REVETEMENTS :**
Température, Filtration ...
- 5 - DEGAZAGE :**
Température, temps, archivage des résultats ...
- 6 - BAINS DE FINITIONS :**
- 7 - SECHAGE ET CONDITIONNEMENT :**
- 8 - RINCAGES :**
Fréquence de renouvellement , Qualité de l'eau ...
- 9 - LABORATOIRE :**
Suivi des analyses, Suivi des corrections, suivi de la métrologie ...
- 10 - GESTION, STOCKAGE, CONTROLES DES MATIERES PREMIERES :**
FIFO ...
- 11 - GESTION DES NON CONFORMITES :**
- 12 - CONTRÔLE DU BROUILLARD SALIN :**
Vérification du bon usage des normes, suivi du processus ...
- 13 - MAINTENANCE :**
Suivi curatif et préventif ...
- 14 - SECURITE, ENVIRONNEMENT :**
Formation du personnel, Traitement des eaux ...

INDUSTRIE

UN ENSEMBLIER DE LIGNES TS DEVANT LA COMMISSION ALUMINIUM

Par Claude BRAULT, animateur de la commission

Le 21 mars dernier, la société SLETI représentée par son Directeur Technique, Thierry BATAILLE, a présenté un exposé démontrant comment un intégrateur de ligne de Traitements de surface prend en compte les exigences du référentiel PRI Nadcap et facilite leur mise en œuvre.

SLETI est une entreprise lyonnaise (Neyron) fondée en 1976 par Monsieur Jean-Paul MEUNIER, qui emploie 40 collaborateurs. Ses activités sont les suivantes :

- Concepteur ensemblier pour matériels de galvanoplastie.
- Constructeur de robots, automatismes, informatique industrielle.
- Chaudronnerie plastique et frettage polyester.
- Maintenance - Pièces détachées.

Son champ d'action est l'aéronautique, pour 50% de son CA, l'automobile, pour 20% et autre activité 30%. Son activité concerne tous les traitements de surface, à l'exception de la peinture qui est prise en charge par un partenaire. D'autre part, SLETI a développé un logiciel dédié aux traitements de surface, CATS.

NADCAP ET LE TRAITEMENT DE SURFACE

La certification PRI Nadcap devient un élément incontournable dans la stratégie des sociétés de Traitements de Surface.

Afin de faciliter la mise en conformité du, ou des traitements réalisés avec les exigences de prinadcap, le logiciel CATS prévoit la prise en compte des paramètres suivants :

Suivi des traitements

- Historiques de lots
- Enregistrement en continu des grandeurs disponibles sur l'automate
- Historiques des ajouts par pompes doseuses ou manuelles
- Quantités d'eau consommées (un suivi de la consommation en l / m² peut être paramétré, ce qui représente un plus sur le plan environnemental ; rappelons que la réglementation française impose une consommation maximale de 8 l d'eau / m² / poste de rinçage)
- Informations autres compteurs
- Bilan des alarmes
- Liaison entre conformité des bains et autorisation de traitement

Suivi des bains

- Suivi des vidanges
 - Suivi des analyses
 - Suivi des ajouts de produits
 - Suivi des relevés réalisés sur chaîne
- A noter que l'analyse automatique des bains peut être prise en compte, mais avec un surcoût significatif.

Suivi des contrôles et éprouvettes

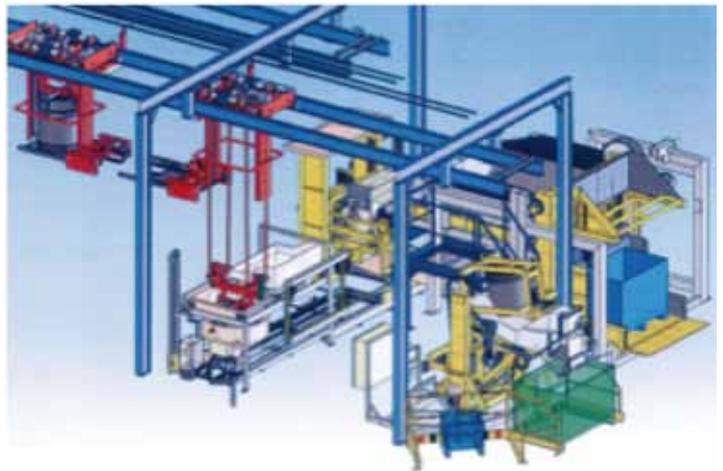
- Suivi des ordres de fabrication
 - Suivi des paramètres de traitement des éprouvettes
 - Suivi des résultats de contrôle des éprouvettes
- Le système permet de définir les lots de pièces validés par une ou des éprouvettes de suivi bien identifiées.

Bases de données et sauvegardes des données

Il est possible de prévoir des échanges de données avec une GPAO.

- Récupération des OF (origine système client).
- Envoi des débuts de traitement (origine CATS).

- Envoi des fins de traitement (origine CATS).
- Saisie simplifiée sur écran d'un résultat de contrôle, d'une quantité...



D'autres outils sont à disposition, comme l'appel des outillages spécifiques nécessaires au traitement du lot de pièces à venir, le routage vers une adresse e-mail de données particulières (défauts qualité par exemple), le suivi SPC du procédé ...

A noter la possibilité d'utiliser des tablettes wifi permettant, en se plaçant devant un bain, de connaître la nature des pièces présentes et les paramètres appliqués.

Actuellement, environ 300 logiciels CATS sont installés dans le monde.

De nombreuses questions des participants ont ponctué la présentation de Thierry BATAILLE. Pour plus amples informations, nous invitons les membres de l'association à contacter le conférencier (04 72 01 82 46) et à consulter le site de SLETI ([www/sleti.fr](http://www.sleti.fr)).

CONGRÈS

4-9 août 2013 - Waikoloa HI, USA

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

www.tms.org/Meeting

9-13 septembre 2013 - Paris, France

IVC-19++: International Vacuum Congress and related events.

www.ivc19.com

10-12 Septembre 2013 - Moscou, Russie

Heat Treatment 2013 congrès et exposition.

www.htexporus.com

3 octobre 2013 - Paris, France

Les procédés de mise en compression des surfaces, A3TS.

www.a3ts.org

8-10 octobre 2013 - Saint Louis MO, USA

Powder Coating 2013.

www.powdercoatingshow.com

9-11 octobre 2013 - Wiesbaden, Allemagne

HK 2012.

www.awt-online.org

15 octobre 2013 - La Chapelle sous Rougemont, France

Le traitement des matériaux dans le domaine de l'énergie, A3TS section Est-Alsace.

www.a3ts.org

24 octobre 2013 - Lyon, France

Le traitement des matériaux dans le domaine de l'énergie, A3TS section Sud-Est.

www.a3ts.org

29-31 octobre 2013 - Villeneuve d'Ascq

Journées annuelles de la SF2M : colloque N°1, les matériaux pour le transport ; colloque N°2, l'assemblage, le collage et le soudage ; colloque N°3, le recyclage des matériaux ; colloque N°4, les biomatériaux.

<http://sf2m.asso.fr/JA2013/JA2013.htm>

14-15 novembre 2013 - Nancy, France

CIMATTS 2013 – Simulation numérique et modélisation : accélérateurs de développement des véhicules de demain, A3TS, EEIGM, MATERIALIA.

www.a3ts.org

3 et 4 décembre 2013 - Le Bourget, France

3ème Conférence Internationale : Le traitement des alliages légers.

www.a3ts.org

7 février 2014 - Paris, France

Journée technique Ile de France + AG A3TS 2014 : Durcissement superficiel des alliages métalliques : Compétition traitements superficiels par voie thermique et traitements de surface par voies sèche et humide, Solutions industrielles actuelles et perspectives.

www.a3ts.org

12-15 mai 2014 - Munich, Allemagne

European Conference on heat treatment et 21st IFHTSE Congress.

www.awt-online.org

24-28 novembre 2014 - Montpellier, France

Matériaux 2014, Grand Congrès de la Fédération Française des Matériaux.

http://www.sf2m.asso.fr/Programmes/Materiaux2014_Annonce.pdf

DU CÔTÉ DES LABORATOIRES

DEPOT PAR PLASMA A PRESSION ATMOSPHERIQUE ET CARACTERISATION DES NANOSTRUCTURES OBTENUES

Thèse soutenue par Hande Yavuz le 26 janvier 2012 à l'Ecole Centrale Paris.

L'incorporation de fibres de carbone greffées avec des nanotubes de carbone (CNTs-CF) dans une matrice polymère permet d'obtenir des matériaux avec des propriétés mécaniques, des propriétés de conductivité électrique et de conductivité thermique notablement améliorées. Ces matériaux sont des candidats idéaux pour être intégrés dans des applications fonctionnelles et même structurales dans les domaines de l'industrie aéronautique, de l'industrie automobile, de la défense et de l'industrie des produits pour le sport. L'objectif des travaux menés au cours de cette thèse de Doctorat était d'établir une technique efficace de production de matériaux composites possédant des propriétés multifonctionnelles. L'auteur a étudié l'adaptation d'une technique de dépôt de polymère par plasma sur la surface de fibres de carbone (CFs) puis sur la surface de CNT-CFs. Le dépôt de polymère par plasma sur la surface CNT-CFs est ici recherché non pour des raisons de sécurité, certainement avantageuses, mais pour conférer les propriétés des nanotubes de carbone à l'ensemble du matériau composite. Dans le premier chapitre, il est proposé un tour d'horizon des 2 sujets majeurs de l'étude : (1) les matériaux composites et leurs applications (2) les applications des plasmas pour procédés de traitement des matériaux. Dans le deuxième chapitre, la procédure expérimentale du traitement plasma des fibres est présentée, ainsi que le schéma détaillé du mécanisme permettant de manipuler les échantillons. Des précisions sont également données sur les procédures suivies pour la caractérisation chimique, électrique et mécanique des fibres et des matériaux composites. Dans le troisième chapitre, sont évalués, les effets des variations de 2 et de 3 paramètres (par exemple la puissance plasma utilisée, la durée d'exposition et la nature des précurseurs) sur la résistivité électrique des fibres de carbone (CFs) et des fibres de carbone greffées de nanotubes de carbone (CNTs-CF) par la méthodologie des surfaces de réponse. D'après cette étude pour l'optimisation du procédé les principaux facteurs et les interactions entre les différents paramètres sont étudiés. L'étude met en évidence les variables (ou facteurs) qui ont la plus grande influence sur la résistivité électrique sur les 2 types de fibres de carbone. Dans le quatrième chapitre, sont présentées, des études de caractérisa-

tions des fibres de carbone par XPS (composition chimique), MEB (microstructure), AFM (topologie, rugosité) et TGA (stabilité thermique, cinétique de dégradation). Il s'agit de fournir une meilleure compréhension des structures obtenues sur de telles fibres dans des domaines allant du macroscopique jusqu'au niveau de l'atome. Des échantillons avant traitement sont également analysés pour comparer les différences morphologiques et chimiques avec les échantillons traités par plasma. Finalement, dans le cinquième chapitre, les propriétés mécaniques et électriques des échantillons de matériaux composites élaborés à partir de fibres non-traitées et des fibres traitées par dépôt plasma de polypyrrole (sur CFs et CNTs-CF) sont étudiées. A partir des essais mécaniques et des mesures électriques, une conclusion sur les améliorations apportées par le traitement plasma est formulée.

<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/68/51/22/PDF/Yavuz.pdf>

ETUDE DE LA MISE EN FORME DE PIECES RECHARGEES PAR FORGEAGE A CHAUD

Thèse soutenue par Muhammad Rafiq le 15 décembre 2011 à PARITECH

Le travail de thèse présenté est dédié à la mise en forme des pièces rechargées. L'idée initiale est d'inverser la gamme de fabrication « conventionnelle » consistant à recharger une pièce pré-ébauchée en faisant la mise en forme d'un « lopin » préalablement rechargé. Les avantages escomptés de cette gamme viennent dans un premier temps de ce qu'on recharge une forme simple. Ceci devrait faciliter l'automatisation du rechargement et également l'amélioration les structures métallurgiques de solidification issues du soudage.

Les travaux concernent dans un premier temps la mise en place d'une méthodologie pour la maîtrise de l'opération de rechargement sur des formes simples pour mettre en place le lien entre le taux de dilution, l'énergie nominale de soudage et la qualité métallurgique des revêtements obtenus. Dans un deuxième temps, le travail s'est concentré sur l'étude du comportement en mise en forme des pièces rechargées. La difficulté provient du fait que le comportement du revêtement n'est pas connu. Deux essais de caractérisation ont été étudiés, le pliage à chaud et l'essai d'écrasement.

Cette étude a consisté à estimer leur aptitude à évaluer la forgeabilité d'un multi matériaux concernant les trois échelles de forgea-

bilité: l'échelle du revêtement correspondant au comportement rhéologique du matériau du revêtement incluant sa limite de ductilité à chaud, l'échelle du revêtement incluant le revêtement et la partie proche du substrat et l'échelle de la pièce. Les simulations à partir de modèle analytique ou numérique par éléments finis ainsi que les essais expérimentaux ont permis d'évaluer la forgeabilité du bi-matériau.

Les essais expérimentaux de forgeabilité devront également caractériser les transformations métallurgiques se produisant dans le revêtement et le substrat pour qualifier et quantifier le gain potentiel.

<http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/67/02/76/PDF/thesis-Rafiq.pdf>

ETUDE DE LA CORROSION ATMOSPHERIQUE DU ZINC ET DU ZINC-MAGNESIUM EN MILIEU MARIN

Thèse soutenue par Erwan DILER le 24 août 2012 à l'Université de Bretagne Occidentale

Cette étude a pour objet d'apporter des éléments de compréhension quant à l'amélioration de la résistance à la corrosion des alliages de ZnMg(Al), en comparaison du Zn, en milieu atmosphérique chloré. Le cheminement de réflexion part de considérations fondamentales et tend vers des conditions réelles d'utilisation. La première étape a consisté à synthétiser et caractériser des films de ZnO dopé Mg et notamment l'évolution de la structure cristalline, la structure électronique, la résistivité, (...) avec le dopage. La pertinence de ces paramètres a ensuite été évaluée et discutée au regard de la stabilité de ces films en solution. Dans un second temps, les produits de corrosion formés, en laboratoire, en présence ou non de chlorures, sur des phases pures de Zn et ZnMg, ont été caractérisés. Les processus physico-chimiques liés à la formation de ces produits ont ensuite été discutés, afin de mettre en lumière le rôle du Mg dans l'amélioration de la résistance à la corrosion.

La dernière étape, s'est attachée à caractériser des produits de corrosion formés après 6 mois en milieu naturel, en atmosphère marine, sur des phases pures de Zn et ZnMg, et des revêtements industriels de type ZnMgAl. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence une meilleure stabilité en solution des films de Zn_{0.84}Mg_{0.16}O en comparaison du ZnO, en corrélation avec une présence accrue de liaisons hydroxyles, une augmentation de la résistivité et de la fonction de travail. Ces trois paramètres sont apparus également pertinents, sur les produits de corrosion formés en laboratoire et naturellement en présence de Mg et de Al, et corrélés à l'amélioration de la résistance à la corrosion.

http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/72/53/13/PDF/These-2012-SICMA-Physique-DILER_Erwan.pdf

APPROCHE CORRELATIVE VERS UNE PRODUCTION DURABLE DE FONTE ADI D'UN TRAITEMENT THERMIQUE INTEGRE INNOVANT ET DE SON USINABILITE

Thèse soutenue par Anil Meena le 12 juillet 2012 à Art et métier PARISTECH

Les impacts environnementaux dans la production des matériaux métalliques et leurs procédés de transformation sont en augmentation rapide et critique. Ils peuvent être réduits, dans une certaine mesure, par le développement soit d'un matériau de fonction ou par la mise en œuvre d'un nouveau processus de fabrication éco-durable. Dans cette optique, l'émergence récente de fonte « bainitique » (ADI -Austempered Ductile Iron-) peut être considéré comme un saut technologique important répondant à la demande croissante pour les matériaux à hautes caractéristiques mécaniques avec un coût de fabrication maîtrisé. La présente étude traite le développement d'une approche de couplage procédé par l'intégration du processus de coulée, de traitements thermiques et d'usinage de la fonte ductile ADI dans une optique de développement durable. Ce procédé innovant de fabrication de pièces en fonte ADI dit « dans la chaude de coulée » consiste à réaliser les traitements thermiques directement à la suite de la coulée en moule métallique en relation avec l'usinabilité induite. L'analyse des influences des paramètres de ce procédé intégré sur la microstructure et les propriétés mécaniques de l'ADI a été étudiée expérimentalement. Une approche méthodologique sur la coulabilité de la fonte a été développée, puis validée par simulation. Elle utilise les caractéristiques thermiques du métal en fusion pour corréler l'effet combiné du transfert de chaleur à l'état fondu, à l'interface moule/métal, et pendant l'écoulement au travers des sections critiques du moule afin de prédire les défauts de coulée. Enfin, l'usinage de la fonte ADI est étudié expérimentalement dans le cas du perçage à sec et en micro-lubrification (MQL), en lien avec les caractéristiques microstructurales, les mécanismes d'usure d'outil, de formation des copeaux et de la qualité de surface usinée. L'approche corrélative du couplage procédé visent essentiellement à (i) comprendre l'influence des caractéristiques microstructurales de cette nouvelle fonte ADI sur ses propriétés mécaniques, (ii) démontrer l'influence des caractéristiques thermophysiques sur la coulabilité de la fonte ductile dans un moule permanent, et (iii) mettre en corrélation les paramètres de perçage de cette nouvelle fonte ADI avec sa microstructure et ses paramètres de fabrication.

http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/79/01/93/PDF/Anil_Meena_PhD_dissertation.pdf

INNOVATIONS

ELIMINATION DES MICROBES : ENCORE MIEUX AVEC LE COLD SPRAY

Les propriétés antibactériennes du cuivre sont maintenant bien connues et son utilisation est croissante à cet effet. Des essais sur le mode de réalisation de dépôts de cuivre publiés dans le « journal of biological Engineering », N°7/8 2013 indiquent que l'effet antibactérien est plus important si le dépôt est réalisé par cold spray par rapport à d'autres revêtements obtenus par plasma d'arc. La structure obtenue serait à l'origine de cette différence.

UN NOUVEAU PROCÉDE DE ROULAGE A CHAUD DOUBLE LA RESISTANCE DES ALLIAGES DE MAGNESIUM

Des chercheurs de l'Université d'état de Caroline du Nord ont dé-

veloppé une technique de roulage à chaud qui, en agissant sur les défauts d'empilement de la structure, permet d'obtenir de hautes caractéristiques. Ainsi avec un alliage de magnésium contenant des additions de Yttrium, argent, et zirconium ils ont obtenu les caractéristiques suivantes : Re, 575 MPa ; Rm 600 MPa et A%, 5,2.

<http://news.ncsu.edu/releases/wms-zhu-mg-alloy-2013/>

NOUVEAUX DEPÔTS ANTISALISSURE A BASE CARBONE

Le marché de l'antisalissure (antifouling) est actuellement florissant et fait l'objet de nombreux travaux dans des domaines variés : alimentaire, médical, maritime, fabrications mécaniques, pour éviter les colonisations d'organismes ou de salissures indus-

trielles. Dans ce contexte, les dépôts de carbone présentent un intérêt certain. Une équipe du Freunhoffer (Institut for Surface Engineering and thin film IST) a développé à partir de cette base et par addition de différents éléments non métalliques (fluor, silicium ...) de nouveaux dépôts qui peuvent être adaptés très spécifiquement au problème posé. Ils ont présenté à la foire de Hanovre (du 8 au 12 avril 2013) des dépôts plus particulièrement destinés à l'éviction des protéines, du carbonate de calcium et autres cristaux de sels

<http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2013/march/tuned-coatings-ensure-cleanliness.html>

TRAITEMENTS THERMIQUES DES ENGRENAGES - VERSION 2

Cet ouvrage pratique (9Q199) traite des spécifications détaillées de mise en œuvre des traitements thermiques de dentures d'engrenages. Il a été réalisé à partir des données figurant dans les normes ISO 6336-5 et ISO 15787 en cours d'évolution, et dans le cas de la nitruration, dans le projet de norme NF A 02-052. S'y trouvent définies notamment les conditions minimales exigées avant toute opération de traitement thermique de ces dentures d'engrenages, à l'exclusion de celles faisant l'objet d'une commande ou d'un cahier des charges particulier. Ces spécifications admettent naturellement que le matériau a été choisi pour être adapté aux exigences du traitement considéré, en relation avec les dimensions et la forme des dentures de l'engrenage à traiter. Les spécifications de quatre traitements thermiques sont ainsi passées en revue.

1. Le traitement de durcissement par trempe après chauffage superficiel des dentures d'engrenages en acier.
2. La nitruration des dentures d'engrenages.
3. Le traitement de durcissement par trempe et revenu des dentures d'engrenages taillées.
4. La cémentation et la carbonitruration suivie de durcissement par trempe et revenu des dentures d'engrenages.

<http://www.cetim.fr>

COMPORTEMENT TRIBOLOGIQUE DE LA NITROCARBURATION ET DE LA CARBONITRURATION

La nitrocarburation conduit à la formation d'une couche de combinaison superficielle composée de nitrures de fer, qui donne à la nitrocarburation sa réputation de traitement « anti-usure ». Afin d'aider les industriels dans leurs choix de traitement, le Cetim a mené une campagne d'essais (S1560) de frottement à sec et en milieu lubrifié afin d'évaluer les avantages et les inconvénients des procédés de carbonitruration et de nitrocarburation.

Divers types de nitrocarburations ont été testés, présentant chacune des couches de combinaison de caractéristiques différentes, ce qui a permis d'étudier l'influence de l'épaisseur de la couche de combinaison, sa porosité, sa composition (proportion de nitrures γ' et ϵ) et la présence d'une éventuelle couche d'oxyde Fe_3O_4 (post-oxydation) sur le comportement tribologique. Les résultats montrent que la nitrocarburation permet, en milieu non lubrifié, de réduire fortement le coefficient de frottement ainsi que l'usure et, en milieu lubrifié, d'accélérer la cinétique de formation du film de lubrification. Ces avantages sont plus ou moins marqués selon le type de nitrocarburation utilisé.

<http://www.cetim.fr>

IMPACT DE LA CARBONITRURATION PROFONDE ET DU GRENAILLAGE SUR LA FATIGUE DE CONTACT (S1548)

De nombreuses études ont montré que la carbonitruration « profonde » (0,7 à 0,8 mm) réalisée à une teneur en azote supérieure à 0,5 % atomique pouvait être particulièrement avantageuse pour les pièces travaillant en fatigue de contact (pitting). Devant le fort accroissement des contraintes auxquelles sont soumises les pièces mécaniques (en particulier les engrenages de transmis-

sion automobile), les industriels souhaitent améliorer encore la tenue en fatigue des pièces, notamment la résistance à la fatigue de contact des dents en conditions de fortes sollicitations.

Ce document (S1548) présente les principaux résultats d'une série d'essais réalisés au Cetim concernant l'influence du type de carbonitruration ainsi que celle d'un grenailage subséquent sur les limites d'endurance en fatigue de contact, en fonction du nombre de cycles. De façon générale, il apparaît que les divers paramètres de traitement (type de carbonitruration, grenailage), s'ils n'ont qu'un faible effet lorsque les durées de vie sont importantes (supérieures à 10^7 cycles), ont une influence beaucoup plus marquée pour l'endurance limitée (autour de 10^6 cycles).

<http://www.cetim.fr>

MAITRISE DES DEFORMATIONS DES PIÈCES MISES EN FORME SOUS PRESSES ET TRAITÉES THERMIQUEMENT

Ce guide (9Q202), réalisé dans le cadre d'une action collective du Cetim soutenue par deux professions (le découpage emboutissage et le traitement thermique) vise à accompagner les industriels dans la réalisation de pièces en tôles mises en forme sous presse et traitées thermiquement. Il s'avère en effet que la maîtrise géométrique de telles pièces est complexe. D'où la nécessité de faciliter la compréhension de chaque partenaire aux particularités de l'autre profession afin de pouvoir développer des actions d'amélioration concertées de la fabrication des pièces.

Le guide couvre les domaines suivants :

1. Les pièces en aciers au carbone ou faiblement alliés.
2. Les pièces plates obtenues par découpage, et les pièces déformées par pliage ou par emboutissage sur presses.
3. Les pièces dont les propriétés mécaniques finales sont obtenues à partir d'un traitement thermique ou thermochimique, à l'exclusion des traitements de durcissement après chauffage superficiel.
4. Toutes les pièces sujettes à des défauts géométriques après mise en forme ou traitement thermique : perte de cote, ouverture ou fermeture, vrillage, galbe, etc.

Tous les procédés de mise en forme sous presse sont concernés : outils à suivre, découpage fin, presses à coulisseaux multiples, machines spéciales, etc.

<http://www.cetim.fr>

GUIDE PRATIQUE EN VUE DE L'UTILISATION D'UN FOUR DE TRAITEMENT THERMIQUE

Pourquoi faut-il brûler les suies ? Comment laver les pièces ? Quel rôle joue les additifs ? Comment allonger la durée de vie des tapis tissés ou à plaquettes, des soles, des moufles ou des chaînes ? Quelle est l'utilité d'une opération de pré-oxydation ? Sous forme de questions/réponses élaborées sur la base d'expériences d'entreprises et d'essais réalisés par le Cetim, cette synthèse (S1525) de la collection Performances du Cetim recense, tout ce qu'il faut savoir pour utiliser un four de traitement thermique de manière optimum.

<http://www.cetim.fr>

ANALYSE DES CARACTERISTIQUES DE COUCHES PRODUITES PAR DES OPERATIONS SEQUENTIELLES DE COUPE.

(ANALYSIS OF SURFACE LAYER CHARACTERISTICS FOR SEQUENTIAL CUTTING OPERATIONS).

V.Schulze, J. Osterried, T. Strauss, F. Zanger.

(Texte en anglais).

Lors des opérations de fraisage, brochage, biseautage, des outils avec de multiples arêtes de coupe sont utilisés. La géométrie et les caractéristiques des composants usinés, sont le résultat de coupes séquentielles. Un modèle par éléments finis a été élaboré qui tient compte de l'état de la pièce entre les séquences. Le modèle est ensuite comparé à des résultats de mesures de contraintes. Le maillage fin utilisé permet une description détaillée des différents états et les contraintes sont considérées avec leur profil en épaisseur. L'influence des paramètres du processus d'usinage et le nombre de séquences sont pris en compte lors de cette recherche. L'étude montre que les coupes séquentielles ont une influence sur les contraintes résiduelles. On constate que les contraintes décroissent pour les faibles vitesses de coupe et s'accroissent faiblement pour les fortes vitesses. Les contraintes de tension concerne des profondeurs de couches plus importantes lorsque l'on accroît le nombre de passes. Les contraintes de compression passent par un maximum significatif avant de décroître à une valeur constante. Un état stable des contraintes est constaté vers dix séquences de coupe.

HTM 67 (2012) 6, pages 347 à 356.

INFLUENCE DU TRAITEMENT THERMIQUE ET DU MATERIAU SUR LES DEFORMATIONS DE TRIPODES OBTENUS PAR EXTRUSION LATERALE.

(EINFLUSS DER WÄRMEBEHANDLUNG UND DES WERKSTOFFS AUF DEN VERZUG VON QUERFLIESSGEPRESSTEN TRIPODEN).

D. Nadolski, A. Schulz, F. Hoffmann, H.-W.Zoch, S. Hänisch, A. Jäger, A.E. Tekkaya, M. Meidert. *(Texte en allemand).*

Le formage à froid permet la production économique de composants complexes proches des formes finales. Pour obtenir les propriétés d'usage, ces pièces sont habituellement traitées et après traitement on constate fréquemment des changements de taille et de forme qui sont indésirables. Les travaux présentés concernent la réalisation de tripodes par extrusion latérale à partir de trois variantes d'acier de cémentation et un acier pour trempe et revenu. Après le processus de fabrication, des tripodes correspondant à tous les matériaux utilisés ont subi un traitement à 600°C pour quantifier les déformations que l'on peut attribuer à la relaxation des contraintes résiduelles. Les pièces cémentées ont été traitées conformément à la pratique industrielle et les pièces en acier pour trempe et revenu ont été trempées après chauffage superficiel par induction. L'étude a permis d'évaluer et de quantifier l'influence sur les déformations du procédé de travail à froid de son interaction avec le matériau et celles des traitement thermiques spécifiques.

HTM 67 (2012) 6, pages 357 à 365.

ETUDE EXPERIMENTALE ET PAR MODELISATION DU DURCISSEMENT PAR TREMPRE APRES CHAUFFAGE PAR INDUCTION DE RAILS GUIDES PROFILES.

(EXPERIMENTELLE UND NUMERISCHE UNTERSUCHUNG ZUM INDUKTIVEN VORSCHUBBÄRTEN VON PROFIL FÜHRUNGSSCHIENEN)

M. Hahn, H. Autenrieth, O. Meyer, A. Schulz, H.-W. Zoch.

(Texte en allemand).

Les méthodes numériques permettent de modéliser les procédés de production et de réaliser ensuite des études paramétriques permettant de fixer les conditions expérimentales et de les optimiser.

Ceci est particulièrement vrai pour les grandes pièces coûteuses sur lesquelles les expérimentations sont souvent difficiles. Lors de l'étude objet de l'article, les deux types d'approche ont été réalisés pour le traitement de rails de guidage profilés. Le modèle de simulation utilisé permet de calculer les distributions de température, les microstructures obtenues et les profils de dureté de la pièce en fonction des paramètres de traitement. Une bonne corrélation entre simulation et expérimentation a été observée.

HTM 67 (2012) 6, pages 366 à 377.

L'EFFET SIMULTANE DE L'EXTRUSION ET D'UN TRAITEMENT T6 SUR LES PROPRIETES MECANQUES D'UN COMPOSITE AL-15% EN MASSE MG2SI.

(THE SIMULTANEOUS EFFECT OF EXTRUSION AND T6 TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF AL-15WT% MG2SI COMPOSITE).

N.Soltani, A. Bahrami, F.M Moghimi, M.I Pech-Canul,

A. Hajaghasi. *(Texte en anglais).*

Le composite Al-15% en masse Mg₂Si a été présenté comme une nouvelle classe de matériau léger, mais le caractère fragile du Mg₂Si primaire qui est formé pendant la solidification limite son application. Dans cette étude, le composite brut de coulée a été extrudé en barre en utilisant trois matrices différentes. Après le traitement T6 des échantillons extrudés, la microstructure a été étudiée par microscopie optique et par MEB. Les résultats des travaux démontrent que les composites extrudés et traités présentent des caractéristiques de résistance à la traction considérablement plus élevées ainsi qu'une ductilité améliorée par rapport à l'état brut de coulée. L'étude a également montré que le traitement thermique et l'extrusion modifient considérablement la morphologie du Mg₂Si et sa taille s'accroît si le ratio d'extrusion décroît. L'examen des surfaces de rupture révèle une évolution du mode de fracture qui est fragile dans l'état brut de fonderie vers un mode ductile dans les états traités et extrudés. Ce changement peut être attribué aux changements de morphologie du composé intermétallique Mg₂Si et à la quantité de porosités.

HTM 67 (2012) 6, pages 378 à 385.

RECUIT DE RECRISTALLISATION AVEC DES TEMPS COURTS DE MICROCOMPOSANTS EN X5CRNI18-10 PENDANT LA CHUTE DANS UN FOUR TUBULAIRE.

(KURTZEIT-RECRISTALLISATIONGLÜHEN VON MIKROBAUTEILEN AUS X5CRNI18-10 IM FALLROHRHOFEN).

R. von Barga, A. Von Hehid, H.-W. Zoch.

(Texte en allemand).

Pour faire face à une demande croissante concernant la production de composants de petite taille, de nouveaux procédés de production doivent être conçus dans l'objectif du respect des coûts et de la qualité. A l'université de Brème, le centre de recherche collaboratif 747 « microélaboration à froid » a été créé pour traiter ce type de problème.

Lors du travail à froid, les propriétés du matériau sont modifiées et les caractéristiques finales du produit doivent être optimisées.

A cet effet, des traitements de très courte durée ont été réalisés dans une nouvelle installation dans laquelle les pièces sont traitées en chute dans un four de 5,5 m de hauteur à tube rotatif.

Les pièces déformées à froid en X5CrNi18-10 subissent un recuit de recristallisation à différentes températures qui conduit à une structure à grain fin homogène.

HTM 67 (2012) 6, pages 386 à 392.

ETUDE COMPARATIVE DES DIFFERENTES METHODES DE MESURE DE LA TENEUR EN AUSTENITE DANS LES FONTES BAINITIQUES A GRAPHITE SPHEROIDAL (ADI).

(VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR BESTIMMUNG DES AUSTENITGEHALTS AUSTENITISCH FERRITISCHEN GUSSEISENS MIT KUGELGRAPHIT (ADI))

S. Morgenbrodt, L. Speiss, G. Teicheert, M. Bamberger, P. Schaaf. (Texte en allemand).

La teneur en austénite résiduelle des matériaux affecte leurs propriétés mécaniques et chimiques, la détermination de ce constituant est donc très importante dans le cadre du contrôle de la qualité. Il existe de nombreuses méthodes de détermination et, dans la recherche présentée, les méthodes par courant de Foucault, par induction magnétique, par spectroscopie Mössbauer, par micrographie optique et par diffraction de rayons X ont été comparées pour l'appréciation des quantités d'austénite résiduelle (ADI) dans une fonte bainitique à graphite sphéroïdal. Toutes les méthodes indiquent la tendance de la teneur, mais les volumes mesurés sont différents. Ces résultats indiquent que la micrographie, n'est pas une méthode correcte de mesure car il est difficile de distinguer l'austénite au sein de la structure martensitique.

HTM 67 (2012) 6, pages 393 à 401.

NITRURATION IONIQUE D'ACIERS A OUTILS POUR FORMAGE DE PIECES MASSIVES.

(PLASMANITRIEREN VON WARMARBEITSTÄHLEN FÜR DIE MASSIVUMFORMUNG).

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

Pour résister aux très fortes contraintes occasionnées lors du formage de pièces massives, les surfaces des outils sont souvent niturées. La nituration gazeuse et la nitrocarburation en bains de sels sont utilisées le plus souvent ; la nituration ionique l'est plus rarement. Pourtant, ce dernier procédé possède des avantages par rapport à la nituration gazeuse : facilité de nituration partielle, effet de nettoyage des surfaces qui facilite le traitement des aciers très alliés. Le présent article décrit une étude comparative entre différents procédés pour la nituration d'aciers X38CrMoV12 et X40CrMoV5-1 qui sont souvent utilisés pour la production de pièces massives. Les traitements de nituration ont été réalisés dans un four de nituration gazeuse et également dans deux fours de nituration ionique. Ainsi, ont pu être comparés : les milieux de traitement et différents types de plasma, car l'un des deux fours était équipé d'un écran actif. Les avantages et inconvénients des différentes solutions font l'objet d'une discussion dans l'article dans l'optique du traitement des outils de forge.

HTM 67 (2013) 1, pages 3 à 12.

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE LA FIABILITE DES PROCÉDES DE CARBONITRURATION.

(BEITRAG ZUR VERBESSERUNG DER PROZESSSICHERHEIT VON CARBONITRIERPROZESSEN).

B. Clausen, F. Hoffmann, H.-W. Zoch. (Texte en allemand).

De par les propriétés qu'il confère le traitement de carbonituration est d'un grand intérêt industriel. Toutefois, l'interaction du carbone et de l'azote dans l'atmosphère réactive conduit souvent à des essais préliminaires fastidieux si des profils carbone et azote sont spécifiés et doivent être respectés. Par ailleurs, les résultats obtenus dans un four ne sont pas applicables à d'autres fours et souvent ils ne sont pas reproductibles dans le même four si d'autres traitements sont réalisés dans ce four. L'expérience pratique montre de forts effets de conditionnement et de mémoire dans les fours en relation avec les matériaux réfractaires utilisés. Dans l'étude présentée les changements d'atmosphère sur le long terme avec un garnissage réfractaire sont présentés. A partir de la composition gazeuse, les niveaux de carbone et d'azote sont calculés

et comparés aux résultats pratiques observés sur des feuillards. Les conditionnements à court terme et à long terme sont ainsi visualisés. Les résultats montrent que par calcul, le procédé de carbonituration est suffisamment bien décrit et comment une maîtrise des traitements est possible.

HTM 67 (2013) 1, pages 13 à 21.

INFLUENCE DES PARAMETRES DE COUPE, DES REVETEMENTS DES OUTILS ET DU FROTTEMENT SUR LE CHAUFFAGE ET LES TRANSFORMATIONS DE PHASES DANS LES COUCHES SUPERFICIELLES DES PIECES.

(INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS, TOOL COATINGS AND FRICTION ON THE PROCESS HEAT IN CUTTING PROCESSES AND PHASE TRANSFORMATIONS IN WORKPIECE SURFACE LAYERS).

V. Schulze, J. Michna, F. Zanger, C. Faltin, U. Maas, J. Schneider. (Texte en anglais).

Les états de surface et la fonctionnalité des pièces usinées sont influencés par les paramètres du procédé d'usinage et l'outil de coupe. En fonction de ces variables les charges mécaniques et thermiques subies par la pièce peuvent conduire à des changements de caractéristiques. Cette étude présente un outil de simulation 2D qui permet de prévoir les transformations de phases des couches superficielles des pièces induites par l'usinage, pour l'acier 42CrMo4 (AISI4110), en considérant de façon détaillée le frottement entre outil et pièce, sur la base d'expérimentation tribologiques. Le modèle de simulation a été développé en utilisant le logiciel commercial ABAQUS. Le frottement et les transformations sont mis en œuvre par le biais de sous-programmes utilisateurs. Le modèle calcule, le processus d'austénitisation et les volumes transformés en ferrite/perlite, bainite et martensite. Des simulations thermo dynamiques de transfert de chaleur utilisant le code INSFLA sont réalisées. Les températures simulées, efforts de coupe et transformations de phases sont comparées avec le résultat d'essais de coupe.

HTM 67 (2013) 1, pages 22 à 33.

OPTIMISATION PAR SIMULATION D'UN PROCÉDE DE TREMPÉ AU GAZ POUR MINIMISER LES DÉFORMATIONS D'UN ANNEAU A PAROI FINE.

(GAS QUENCHING PROCESS OPTIMIZATION TO MINIMIZE DISTORTION OF A THIN-WALL RING GEAR BY SIMULATION).

Z. Li, B. L. Ferguson. (Texte en anglais).

Parmi les différences entre la trempe à l'huile et la trempe au gaz, un élément majeur provient de la présence d'une phase d'ébullition dans la trempe à l'huile pendant les premiers instants du refroidissement qui a un effet important sur les transferts de chaleur au niveau local et globalement. L'absence de cette phase dans la trempe au gaz est un élément favorable à une minimisation des déformations. Toutefois la trempe au gaz présente également des difficultés et des hétérogénéités de débit gazeux autour de la pièce qui peuvent contribuer à la déformation. Le présent article discute des problèmes associés à la trempe au gaz dans le cas de couronne à faible toile dont la forme favorise les déformations.

La simulation a été utilisée pour modéliser la cémentation basse pression et la trempe au gaz sous haute pression d'une couronne en acier cémenté 5130. Les variables du procédé qui ont été prises en compte incluent la vitesse de turbine et la durée du refroidissement des différentes étapes. L'intention est de réduire la déformation en contrôlant la vitesse du gaz par l'ajustement de la vitesse de la turbine, ce qui permet de contrôler les taux de refroidissement locaux et ainsi mieux prendre en compte les changements dimensionnels associés aux transformations de phase durant la trempe.

HTM 67 (2013) 1, pages 35 à 41.

EVOLUTION DE LA MICROSTRUCTURE DE LA NUANCE LH800® DURCISSABLE PAR REFROIDISSEMENT A L'AIR PAR TRAITEMENT THERMIQUE.

(MICROSTRUCTURE EVOLUTION OF THE AIR-HARDENING STEEL LH800® DUE TO HEAT TREATMENT).

M. Schaper, O. Grydin, F. Nürnberger. (Texte en anglais).

Des expérimentations ont été conduites pour déterminer les relations entre traitements thermiques et microstructures de la nuance LH800® qui durcit par refroidissement à l'air. Parmi les éléments déterminés : la courbe TTA entre 700 et 1000°C avec indication des tailles de grain ; la courbe TRC ; les courbes de revenu.

Ces données sont ainsi mises à disposition pour permettre l'amélioration du processus de traitement et pour une utilisation dans les modélisations.

HTM 67 (2013) 1, pages 42 à 48.

CORROSION ELECTROCHIMIQUE DE COUCHES SUPERFICIELLES RESISTANT A L'USURE.

(ELEKTROCHEMISCHE KORROSIONPRÜFUNG VERSCHLEISSBESTÄNDIGER SCHICHTEN).

B. Haase. (Texte en allemand).

La résistance à la corrosion dépend de la composition chimique, mais également de la structure de la couche résistante à l'usure qui, elle même, est contrôlée par le procédé de fabrication. Si la résistance chimique n'est pas suffisante, il se produit une corrosion généralisée ; si la couche contient des porosités ou des fissures, la corrosion est locale. Les essais de corrosion sont souvent destructifs et ils demandent du temps, comme par exemple le brouillard salin. Les méthodes électrochimiques sont rapides et peuvent être non destructives selon la nature du milieu corrosif utilisé. Ces méthodes permettent de tirer des conclusions sur l'oxydabilité du métal (méthodes potentiostatiques comme la détermination de l'OCP (potentiel en circuit ouvert), ou la résistance de la surface pour empêcher le transfert du métal vers les composants corrosifs environnant méthodes (potentiodynamiques et spectroscopie d'impédance électrochimique EIS). Ces trois méthodes sont discutées dans l'optique de leur applicabilité et de la valeur de l'information qui en est tirée.

HTM 67 (2013) 1, pages 49 à 55.

DETERMINATION DES ENDOMMAGEMENTS LOCAUX ET DE LA CONDITION DES MATERIAUX DANS LES COMPOSANTS A HAUTE PERFORMANCE – TECHNIQUES DES COURANTS DE FOUCAULT HAUTE FREQUENCE ET THERMOGRAPHIE PAR INDUCTION. (NON DESTRUCTIVE DETERMINATION OF LOCAL DAMAGE AND MATERIAL CONDITION IN HIGH-PERFORMANCE COMPONENTS – HIGH-FREQUENCY EDDY CURRENT AND INDUCTION THERMOGRAPHY TECHNIQUES).

W. Reimche, O. Bruchwald, W. Frackowiak, Fr.-W. Bach, H.J. Maier. (Texte en anglais).

Dans les moteurs d'avion, un grand nombre de composants complexes à haute performance sont utilisés, qui sont partiellement soumis à de très fortes charges. Par exemple, les ailettes de turbine de haute pression du premier étage après la combustion, sont très sollicitées thermo-mécaniquement et exposées à de sévères corrosions. C'est pourquoi elles sont fournies avec plusieurs systèmes de protection de façon à améliorer la tenue en fatigue et la fiabilité du matériau à haute température. Un dépôt céramique est utilisé comme barrière thermique contre les gaz chauds et une couche sous jacente (PtAl, Al, MCrAlY) protège le substrat contre les attaques corrosives et l'oxydation. A cause de la faible conductivité électrique des matériaux employés dans les systèmes multicouches des ailettes de turbine haute pression, avec des couches d'épaisseur de 20 à 150 µm, les courants de Foucault conventionnels et les technologies thermographiques ne sont utilisables que jusqu'à un certain niveau et essentiellement pour la caractérisation des couches individuelles. En revanche, l'utilisation de technologies de courants de Foucault haute fréquence et multiparamètres

et de thermographie induction qui utilise une excitation pulsée, permet de limiter la pénétration à la très proche surface, avec des standards de pénétration <50 µm qui rendent possible l'étude différenciée du dépôt et du substrat. L'objectif de la présente étude était : de caractériser de manière non destructive le dépôt, de déterminer l'épaisseur du revêtement, d'évaluer la condition du substrat et d'analyser les dommages et défauts locaux.

HTM 67 (2013) 2, pages 59 à 68.

CAPTEUR POUR LE CONTROLE DU TRANSFERT DE CARBONE AU COURS D'UNE CARBONITURATION BASSE PRESSION.

(SENSOR FÜR DIE REGELUNG DER KOHLENSTOFFÜBERTRAGUNG BEI DER NIEDERDRUCKAUFKOHHLUNG).

W. Gräfen, H.J. Berg, K. Seehafer, J. Zozel.

(Texte en allemand).

Le contrôle en temps réel de fours de carbonituration basse pression requiert des capteurs et des systèmes robustes qui produisent un signal corrélé au transfert instantané du carbone dans le matériau. Dans cette optique, un capteur coulométrique à électrolyte solide basé sur une zircone stabilisée a été développé.

Ce capteur est utilisé pour doser l'oxygène en continu sur une partie aliquote des gaz d'échappement. Des essais en laboratoire ont montré que dans le cas d'un four simple chambre, le temps de réponse du système de mesure était significativement plus court que celui d'un détecteur H2 à conductivité thermique ; et, qu'un étalonnage sur site rend possible l'interprétation du signal coulométrique comme mesure en temps réel du carbone transféré. Les résultats du contrôle en continu avec la sonde ont ensuite été comparés aux profils carbone obtenus sur les pièces traitées et l'accord est satisfaisant.

HTM 67 (2013) 2, pages 69 à 76.

INFLUENCE DES CONDITIONS DE TRAITEMENT A CYCLE COURTS SUR LA RELATION DURETE TENACITE D'ACIERS 51CRV4, 74NICR2 MOD ET 100CR6.

(INFLUENCE OF SHORT-CYCLE HEAT TREATMENT CONDITIONS ON THE HARDNESS-TOUGHNESS-RELATIONSHIP OF THE STEELS 51CRV4, 74NICR2 MOD ET 100CR6).

K. Steineder, R. Schneider. (Texte en anglais).

L'article couvre l'effet de conditions diverses de traitement en se focalisant plus particulièrement sur les cycles courts et avec pour but de vérifier l'influence des paramètres de traitement sur la relation dureté-ténacité. Pour déterminer cette relation, des éprouvettes de micro-résilience ont été traitées dans des conditions variées dans un dilatomètre. Les échantillons ont ensuite été testés en résilience et des mesures de dureté Vickers ont été réalisées. En outre, ils ont fait l'objet de contrôles de microstructure (en micrographie optique) de dosages d'austénite (XDR) et d'examen des fractures (MEB). Des mesures ciblées de dilatométrie ont complété ce programme.

Dans tous les cas un revenu dans la gamme des 200°C est favorable à la relation dureté ténacité. Les cycles courts de traitement réduisent légèrement la ténacité pour des duretés similaires ; la surchauffe conduit à une perte plus importante de ténacité avec une sévérité qui est différente selon les nuances. L'étude microstructurale fournit des informations complémentaires pour expliquer ces comportements.

HTM 67 (2013) 2, pages 76 à 84.

NITRURATION ET NITROCARBURATION MICROSTRUCTURE – PROPRIETES – NITRURATION CONTROLEE.

(NITRIEREN UND NITROCARBURIEREN GEFÜGE – EIGENSCHAFTEN – KONTROLLIERTES NITRIEREN).

H.-J. Spies. (Texte en allemand).

Comparés aux autres technologies d'ingénierie des surface les nitrurations et nitrocarburations sont caractérisées par une grande variété d'applications basée sur la structure des couches formées

et la multitude des matériaux nitrurables. On peut ainsi obtenir la combinaison d'une couche de céramique dure à caractère non métallique supportée par une zone de fer α durcie par précipitation qui n'est réalisable que par nitruration et qui n'est pas réalisable par les autres traitements thermo-chimiques. Tous les matériaux ferreux sont nitrurables : les fontes, les aciers alliés, les aciers inoxydables et également des aciers à outils fortement alliés issus de la métallurgie des poudres. L'exploitation optimale des hautes propriétés des couches nitrurées nécessite de concevoir leur construction grâce au contrôle du procédé.

HTM 67 (2013) 2, pages 86 à 96.

DEFORMATION DE PRODUITS ANNULAIRES PLATS EN ACIER PENDANT LE CYCLE DE PRODUCTION.

(DISTORTION OF STEEL FLAT RING PRODUCTS DURING THE PRODUCTION CYCLE).

D. Cesnik, V. Bratus, M. Bizjak. (Texte en anglais).

L'étude porte sur la déformation d'anneaux plats en aciers produit par découpage fin et carbonitrurés. Tous les produits analysés ont été réalisés à partir de la même bobine et dans les mêmes conditions de découpage fin. Le traitement thermique a été mis en œuvre selon trois procédures différentes : carbonituration ; traitement de relaxation des contraintes ; traitement en atmosphère neutre dans les mêmes conditions de temps et température que celles de la carbonituration. La contribution aux déformations, du découpage fin, de la relaxation des contraintes et des hétérogénéités au chauffage et au refroidissement, a été évaluée. Ces éléments ont été complétés par des mesures de dureté et des examens micrographiques. Cette recherche est un premier pas vers une compréhension des mécanismes et facteurs qui influencent la qualité des produits durant le cycle de production.

HTM 67 (2013) 2, pages 97 à 102.

PERSPECTIVE DE L'USINAGE A CHAUD UTILISANT LA CHAUDE DE FORGE.

(PERSPEKTIVEN DER HEISSZERSPANUNG AUS DER SCHMIEDEWÄRME).

F. Egorov, M. Garbrecht, E. Brinksmeier. (Texte en allemand).

L'usinage à chaud fait l'objet de recherches depuis plus de 60 ans et il est utilisé dans certains cas pour l'usinage de matériaux difficiles à usiner. Pour une utilisation extensive, le choix d'une méthode de chauffage efficace est de la plus haute importance.

Depuis 2010, l'usinage à chaud d'aciers ferritoperlitiques à durcissement par précipitation pendant la chaude de forge, est étudié à l'IWT (Stiftung Institut für Werkstofftechnik) de Brême. Ce travail de recherche fait partie d'une étude plus large réalisée dans le cadre du projet EcoForge. Il consiste à évaluer le potentiel de l'usinage à haute température pour réduire la chaîne de production et son intégration éventuelle pendant le traitement thermique.

Dans cet article, les résultats des essais d'usure des outils pendant le tournage d'un 38MnVS6 traité selon deux variantes de structure, ferrite-perlite et bainite inférieure, à 20°C et 500°C, sont présentés et discutés

HTM 67 (2013) 2, pages 103 à 109.

APPLICATIONS ET INNOVATIONS EN PROJECTION THERMIQUE.

M. Ducos

Compte rendu des journées de Pau de décembre 2013 déjà donné sous une forme moins complète, dans A3TS Science & Technique N°7.

Traitements et Matériaux N°420 pages 14 à 18.

LE CHROME DECORATIF : UNE SOLUTION POUR DURER.

Y. Gevaudan, T. Clarke. MacDermid

Le chrome électrolytique décoratif reste une solution prisée. De nouveaux aspects en termes de brillance ou de satinage et

nuances de gris, jusqu'au noir intense ont été développés. La finition Dark-chrome répond à ces demandes. Les procédés Twilite et Moonlite sont développés à partir de chrome 3, sans chrome 6 mettant en jeu des consommations d'énergie réduites.

Traitements et Matériaux N°420 pages 19 à 20.

LES AVANTAGES DE LA TREMPE PAR LASER

A. Anne, L. Dubourg (Institut Maupertuis)

La technologie laser (laser à diodes, à fibre optique ou à disque) peut être une méthode de durcissement avec l'avantage d'être très localisée. Elle est robotisable, le faisceau peut être transporté par fibre optique. Les limites sont le montant des investissements, la largeur des zones traitées, les risques photoniques. Le chauffage s'effectue de proche en proche avec un spot allant de 0,3 à 30mm de diamètre. Les vitesses de déplacements sont entre 0,1 et 10m/min, pour des profondeurs de 100µm à 3 mm. La trempe par point créant une dispersion de points durs est une solution pour améliorer la tenue au frottement (temps d'interaction 10 ms à 1s).

Des exemples de durcissement d'un acier 50CrMo4 trempé avec une puissance de 4 KW, et d'une fonte FGS 600 comparés à la trempe par induction sont décrits. L'influence du recouvrement et de la géométrie sont étudiés.

Traitements et Matériaux N°420 pages 23 à 26.

INFLUENCE DE LA COMPOSITION DU MILIEU DE TREMPE SUR LA VITESSE DE REFROIDISSEMENT

B. Matijevic, L. Viasic (Université de Zagreb).

La classification et propriétés des fluides de trempe sont rappelés. Les compositions chimiques correspondantes sont décrites et le rôle des additifs est examiné et les restrictions de certains d'entre eux sont envisagées, la présence de baryum est à exclure et a conduit à de nouvelles formulations. Les principales normes de contrôle et de détermination ces propriétés sont également décrites.

Traitements et Matériaux N°420 pages 27 à 30.

NOUVEAUX DEVELOPPEMENTS POUR L'OPTIMISATION DES DEFORMATIONS APRES CEMENTATION - TREMPE.

Dr K. Loeser ALD, J. P. Bétend (MTC).

L'optimisation des conditions de traitements de cémentation BP-trempe gaz sur des couronnes dentées a permis de maîtriser les déformations (ovalisation et angle d'hélice) en agissant sur le choix des montages de positionnement des pièces dans le four (emploi de montages en carbone) en optimisant les conditions de refroidissement (hélium) avec inversions successives du sens d'arrivée des gaz et mise en place d'un palier de refroidissement au voisinage de Ms.

Traitements et Matériaux N°420 pages 31 à 35.

TRAITEMENT THERMIQUE OPTIMISE POUR LA TRANSFORMATION D'ACIER.

E. Heinkele (Messer).

L'article décrit la régulation des atmosphères de protection à base de propane - azote et diverses applications.

Traitements et Matériaux N°420 pages 36 à 38.

LES LIQUIDES IONIQUES : QUELQUES APPLICATIONS EN TRAITEMENT DES SURFACES

P. Benaben (ENSM St Etienne).

L'auteur rappelle la particularité des liquides ioniques constitués de sels fondus à basse température de fusion (< 100°C). Ils peuvent être utilisés comme solvants (« verts ») et comme électrolyte. Alors que les réactions de réduction sont impossibles ou difficiles avec les solvants aqueux, elles deviennent possibles avec les liquides ioniques. L'application est donc envisageable pour les dépôts d'aluminium, galium, indium, tungstène. Les chloroaluminates

sont les plus connus. Une liste des composés les plus utilisés selon le métal est proposée. D'autres liquides ioniques à partir de $ZnCl_2$ sont également possibles, ils sont moins réactifs à l'humidité. Différentes applications sont présentées en dégraissage, en préparation des matières plastiques avant métallisation, en électropolissage et dépôts électrolytiques (chromage, dépôts sur aluminium). Le développement se heurte pour l'instant aux coûts susceptibles d'évoluer avec la demande.

Traitements et Matériaux N°420 pages 39 à 45.

SIMULATION NUMERIQUE DU TRAITEMENT THERMIQUE DES ENGRENAGES.

J. Loigerot (CETIM).

Ce texte issu d'une note de veille technologique fait l'état des perspectives de simulation selon les traitements. Les logiciels commercialisés recensés sont Forge 2D et 3D (édité par Transvalor) avec extension aux TT ; Deform-HT (logiciel CFD édité par Scientific Forming Technologies) qui simule un TT afin d'évaluer les contraintes résiduelles, les déformations et la dureté, il s'applique aux traitements thermiques des aciers, du titane, de l'aluminium et des superalliages (exploitations sous Windows ou Unix ; Dante (édité par Deformation Control Technology Inc) qui prévoit les microstructures, les variations dimensionnelles, les profils carbone de cémentation, les contraintes résiduelles. Il permet de modéliser le refroidissement de trempe, et permet d'intervenir sur la conception du bac de trempe ; Thost (Thermal Optimisation of SysTems) projet d'un regroupement d'Industriels Français ; Fluent (commercialisé par Ansys), logiciel CFD de simulation des écoulements fluides. Une étude bibliographique sur la modélisation en TT est présentée sur les items : trempe gaz, trempe par induction, distortions, géométries complexes, modélisation de la thermique des pièces dans les bacs et fours, trempe de pièces obtenues par métallurgie des poudres, trempe de pièces forgées. Une synthèse des logiciels les plus utilisés est donnée.

Traitements et Matériaux N°421 pages 17 à 23.

INTEGRATION DE LA TREMPÉ SOUS PRESSE SUR PIÈCES CIRCULAIRES DANS UNE INSTALLATION ENTIÈREMENT AUTOMATISÉE.

M. A. Métais (MTC).

L'auteur décrit une installation de trempe sous presse automatisée sur des baladeurs de boîte de vitesses d'automobile. Les pièces manipulées 3 par 3 par un bras robot sont réchauffées dans un four à sole tournante, puis transférées sur une station de trempe à l'huile sur montage, avant d'être lavées dans une machine à laver avec déshuilage par centrifugation. Différents types de fours sont utilisés : fours à petits rouleaux, four tournant, four annulaire, four poussant, four sous vide.

Traitements et Matériaux N°421.

LES AVANTAGES DES EQUIPEMENTS EN CARBONE/ CARBONE SUR LES ECONOMIES D'ENERGIE.

F. Guichard (Herakles-Groupe SAFRAN).

Le produit SepCarb présente des caractéristiques intéressantes en termes de résistances aux hautes températures. Une application en brasage sous vide comprenant des outillages et des systèmes de maintien sous pression durant le cycle, remplaçant l'inox réfractaire, est présentée. Le gain d'énergie pour chauffer l'outillage est réduit par 5. Le gain de remplissage du four est significatif, le gain de poids également ainsi que la durée de vie et la qualité.

Traitements et Matériaux N°421.

HISTORIQUE DU TRAITEMENT THERMIQUE DE LA PIGNONNERIE CHEZ PSA PEUGEOT – CITROËN

M. Martin (PSA Montbéliard).

L'auteur retrace l'histoire du traitement thermique des engrenages de boîte de vitesses dans les usines Peugeot et Citroën avec les

différentes solutions utilisées. Il rappelle l'historique de la cémentation basse pression avec trempe gaz dont l'idée est née dans l'équipe dirigée par Y. Pourprix à Belchamp et dont la contribution au développement de ce procédé avec le constructeur de fours ECM a été déterminante. La première installation a été mise en service en 1988. Les autres procédés utilisés chez PSA, sont mentionnés : nitruration ionique et grenailage de précontrainte ainsi que les développements de nuances d'aciers, notamment à trempeabilité modifiée.

Traitements et Matériaux N°421.

INFLUENCE DES TRAITEMENTS THERMIQUES SUR L'USINABILITE EN TOURNAGE D'ARBRES EN 27MNCR55 FORGES A FROID.

C. Combe, A. Fleurentin et al. (CETIM).

L'étude compare les performances en usinage en tournage, apportées par le recuit isotherme, le recuit de globulisation, le recuit de détente (2h à 610°C), dont les structures obtenues ont été caractérisées. Les résultats des essais de tournage incluent la morphologie des copeaux, l'usure de l'outil en dépouille et en entaille, de correction de diamètre. La conclusion dégagée est que le recuit isotherme est supérieur au recuit globulaire, les effets de la microstructure sur l'usinabilité sont examinés.

Traitements et Matériaux N°421.

TREMPÉ PAR INDUCTION DES BAGUES DE ROULEMENT DE GRANDS DIAMETRES DES TURBINES D'EOLIENNES.

G. Gouvier (SMS).

L'article décrit les procédés de trempe par induction des couronnes d'orientation de grands diamètres, trempe des dentures et trempe des pistes de roulement. Les pistes de roulement peuvent être traitées en single shot pour les plus petits diamètres. Les grands diamètres sont trempés au défilé de proche en proche. Les problèmes de recouvrement sont abordés, une solution proposée par la société fabricante permet d'éviter ce problème. Dans le cas de deux pistes voisines, la trempe des pistes avec le même inducteur permet d'éviter les risques de recuit de la première piste lors de la trempe de la seconde. Un système de contrôle des paramètres et monitoring en temps réel garantit la productivité et la qualité.

Traitements et Matériaux N°421 pages 46 à 50.

ZINTEK NOIR, UNE TECHNOLOGIE LONGUE DUREE.

Système de zinc lamellaire réalisé par association de couches successives déjà décrites dans le N°7 de Science & Technique dans le compte rendu de la commission aluminium rédigé par C. Brault.

Galvano Organo N°816 page 34.

PASSIVATIONS SANS COBALT, LES PROCEDES DEVELOPPES PAR COVENTYA.

Les passivations au Cr 6 ont un temps été réalisées par des passivations au cobalt, elles mêmes déclarées toxiques en 2010. Coventya préconise un revêtement Zn-Ni à 12-15% de Ni avec une passivation sans cobalt telle que la passivation Lanthane 316F associée au produit FINIDIP 128CF qui satisfait aux normes comprenant le choc thermique de 24h à 120°C.

Galvano Organo N°816 pages 36 à 37.

LES SPECIFICITES DU DOMAINE DE LA CORROSION. LES RISQUES DES FINITIONS DE SURFACE

R. Dise (PENN Engineering).

L'auteur envisage lors de la fixation de panneaux en tôles fines à l'aide de systèmes de fixation à sertir, les différentes solutions de

traitements de surface et leurs vulnérabilité ou inconvénients. Il aborde le cas des panneaux en aluminium (fixations en alliages 2024 T4 et 7075 T6 ou en acier inox sur les panneaux formés à chaud), des panneaux en acier (fixations en acier électrozingué). L'attention est attirée sur les panneaux plaqués qui seront décapés avant préparation pour finition, et sur lesquels les fixations traitées dur, comme la cémentation, peuvent être sensibles à la fragilisation). Certains panneaux en acier peuvent être nitrurés, la nature de l'acier et la gamme de nitruration sont à considérer.

Galvano Organo N°816 pages 52 à 54.

UNE ETUDE DE L'EFFET DE LA TENEUR EN AGENT REDUCTEUR SUR L'EPaisseur DE DÉPOT DE NICKEL CHIMIQUE Ni_3P SUR DES NANO PARTICULES DE B_4C . A STUDY ON THE EFFECT OF REDUCING AGENT CONTENT ON THE THICKNESS OF ELECTROLESS Ni_3P DEPOSITS ON B_4C NANOPARTICLES.

M. Hajizamani, A. Alizadeh and al.

Des dépôts chimiques de Ni_3P en nanocouches sur des nanoparticules de B_4C ont été réalisés avec quatre teneurs en hypophosphite de soude (5, 10, 15, 30 g/l) comme agent réducteur, pour étudier l'influence de ce dernier sur l'épaisseur du dépôt Ni_3P .

Le pH de la solution était de 5.5 et la température de 85 °C, le temps de revêtement étant fixé à 25 min. La caractérisation des poudres a été effectuée par microscopie électronique à transmission (TEM) et par microscopie électronique à balayage (MEB) et les phases présentes ont été caractérisées par diffraction de rayons X. Les teneurs en nickel et en phosphore des dépôts ont été mesurées par analyse plasma inductif (ICP).

Les résultats montrent que l'accroissement de l'agent réducteur de 5 à 30 g/l conduit à une augmentation de l'épaisseur moyenne de dépôt de 19 à 28 nm. Bien que l'effet de l'augmentation de l'hypophosphite soit conservé sur toute l'étendue, il existe une quantité critique de l'hypophosphite pour l'augmentation de l'épaisseur.

Revue de Métallurgie / Volume 110 / Issue 02 / 2013, pages 147-152.

EFFET DE LA PHOSPHATATION AU ZINC SUR LA RESISTANCE A LA CORROSION PAR PIQUES DES ACIERS ROND A BETON

H. Bensabra^{a1}, N. Azzouz^{a1} and J. P. Chopart^{a2}

^{a1} Université de Jijel, Laboratoire des Interactions Matériaux Environnement (LIME), Algérie.

^{a2} Université de Reims Champagne Ardenne, UFR Sciences.

Le but de ce travail est une contribution à l'étude de l'efficacité d'utilisation du traitement de phosphatation au zinc pour la lutte contre la corrosion des armatures dans le béton. Pour réaliser cette conversion chimique superficielle, des échantillons en acier rond à béton ont subi une phosphatation cristalline dans un bain de phosphate de zinc modifié par des ions Ni^{2+} . Leur comportement à la corrosion dans une solution simulée du béton au moyen de différentes techniques électrochimiques a été évalué. Les résultats obtenus montrent que le traitement de phosphatation permet d'améliorer d'une manière significative la résistance à la corrosion de l'acier.

En effet, les échantillons phosphatés, par rapport à ceux non phosphatés, présentent des valeurs de potentiel de corrosion et de piqûration plus nobles ainsi que des densités de courant de corrosion plus faibles. Les mesures d'impédances confirment cette tendance, les spectres obtenus montrent une nette augmentation de la résistance de transfert de charges conjointement à une diminution de la capacité de la double couche électrochimique des échantillons traités.

Cette action protectrice est due au fait que la couche de phosphate obtenue joue le rôle de barrière physique face à la diffusion des ions chlorures d'une part, sa dissolution en surface dans la solution simulée fortement alcaline libère les ions PO_4^{3-} rentrant dans la réaction de formation d'un film de passivation jouant le rôle de barrière chimique face à l'amorçage de la corrosion par piqûres,

d'autre part.

Revue de Métallurgie / Volume 110 / Issue 02 / 2013, pages 153 - 163

RENFORCEMENT DE LA RESISTANCE A LA CORROSION LOCALISEE DE L'ACIER INOXYDABLE 304L GRACE AU TRAITEMENT DE SURFACE PAR LASER IMPULSIONNEL

W. Pacquentin^{a1}, C. Blanc^{a1} et al.^{a1} CEA, DEN/DANS/DPC/SEARS/LISL, Gif-sur-Yvette.

L'acier inoxydable 304L est utilisé dans de nombreux domaines. Cependant, il peut, dans certaines conditions, être sensible à la corrosion par piqûration. Dans cette étude, on s'est intéressé aux potentialités du traitement de fusion superficielle par laser impulsé pour l'amélioration de la résistance à la corrosion de cet acier.

Ce traitement consiste à focaliser un faisceau laser sur la surface du matériau, provoquant sa fusion quasi instantanée sur quelques microns, immédiatement suivie d'un refroidissement ultra-rapide allant jusqu'à 1011K/s. Les paramètres laser impliquent des modifications des propriétés physico-chimiques. Nous avons notamment étudié l'influence du recouvrement des impacts d'un laser à fibre ytterbium sur la résistance à la corrosion de l'acier inoxydable 304L dans des conditions d'une solution aérée, agitée de NaCl (concentration de 30 g/L). Une augmentation du potentiel de piqûration de l'ordre de 220 mV a été obtenue, traduisant une amélioration de la résistance à la corrosion.

Les modifications chimiques et structurales ne suffisent pas à elles seules à expliquer l'amélioration de la résistance à la corrosion. D'autres phénomènes doivent être pris en compte, comme la qualité de la couche d'oxyde, tant en terme de propriétés physico-chimiques, que mécaniques.

Revue de Métallurgie / Volume 110 / Issue 02 / 2013, pages 175-183.

Nota : les éléments concernant la revue de métallurgie et Matériaux et Techniques sont issus du site EDP Sciences, éditeur de la revue.

SIMULATION DE LA CINETIQUE DE CROISSANCE DES COUCHES Fe_2B SUR UN SUBSTRAT EN FER EN UTILISANT DEUX APPROCHES

Z. Nait Abdellah, M. Keddou et al. (USTHB, Alger).

Le présent travail évalue, en utilisant deux approches, la cinétique de croissance des couches Fe_2B générées sur la surface du fer par le procédé de boruration par les pâtes pour différentes températures (1223, 1253, 1273 et 1323 K) et un temps de traitement variable : (1, 2, 4 et 6 h). Il a été possible d'estimer la constante parabolique à l'interface (Fe_2B /substrat) au moyen de l'équation de conservation de matière sous certaines hypothèses et en considérant l'effet du temps d'incubation.

Une deuxième approche, l'analyse dimensionnelle basée sur le théorème-Pi de Buckingham, a été aussi utilisée pour l'étude de la cinétique de croissance des couches Fe_2B . Un bon accord a été observé entre les constantes paraboliques expérimentales et celles prédites par la première approche, sur la base des résultats expérimentaux tirés de la littérature. De plus, ces deux approches peuvent être utilisées comme un outil de sélection des épaisseurs optimales des couches Fe_2B en relation avec l'utilisation pratique dans l'industrie.

Matériaux & Techniques 100, 581-588 (2012)

CEMENTATION SOUS VIDE POUR APPLICATIONS AUX GRANDS ENGRENAGES.

(VACUUM CARBURIZING FOR LARGE GEAR APPLICATIONS).

N. Plough.

Présentation d'une application de cémentation trempe huile dans un four SECO WARWICK (chambre de 1500 mm au cube).

Les avantages et résultats sont présentés.

Industrial heating, juin 2013.

AMS 2750 E : QU'EST-CE QUE CELA IMPLIQUE POUR VOS CAPTEURS DE TEMPERATURE ?

(AMS 2750 E: WHAT DOES IT MEAN FOR YOUR TEMPERATURE SENSORS?).

J. Popovich and D. T. Praznik.

Présentation des évolutions de cette norme à l'indice E par rapport à l'indice précédent.

Industrial heating, mai 2013.

ENERGIE, ECONOMIES D'ENERGIE DES MOUFLES METALLIQUES.

(ENERGY, COST SAVINGS OF ALL-METAL HOT ZONES).

R. O'Neill.

Comparaisons de coûts des investissements et répercussion sur les consommations d'énergie des moufles (hot zone) de fours sous vide selon le mode de construction métallique (molybdène) et non métallique (graphite).

Industrial heating juin 2013.

AUTOMATISATION DE VOS PROCÉDES DE TRAITEMENT PAR INDUCTION.

(AUTOMATING YOUR INDUCTION HEATING PRODUCTION PROCESS).

L. Dumigan.

L'article balaye les options et les conditions qui peuvent conduire au choix de l'automatisation.

Industrial heating mai 2013.

UN SYSTEME DE CEMENTATION UNIQUE PROUVE SA VALEUR.

(A UNIQUE CARBURIZING SYSTEM PROVES ITS WORTH).

B. Baker, G. Remner, and J. Vanas.

Un générateur endothermique a été installé directement sur le dessus d'un four de cémentation. Dispositif appelé Endocarb. L'exploitation et contrôles de ce dispositif sont décrits. Les résultats sur la cémentation : temps, profondeur, qualité de la microstructure sont examinés.

Industrial Heating avril 2013.

MONTAGE COMPOSITE C/C POUR FOUR DE BRAZAGE. (CARBON-CARBON (C/C) COMPOSITE JIG FOR FURNACE BRAZING).

Hirota Nagao.

L'utilisation d'éléments en carbone-carbone pour réaliser les montages de positionnement et de maintien d'éléments à braser sous vide est présentée avec ses différents avantages.

Industrial Heating avril 2013.

EFFET DU TRAITEMENT CRYOGENIQUE SUR LES PROPRIETES DES ACIERS A OUTILS.

(EFFECT OF CRYOGENIC TREATMENT ON PROPERTIES OF TOOL STEELS).

P. Jurci and al.

L'étude réalisée sur deux nuances d'acier rapide (Uddeholm SVERKER 21 (AISI D2) et VANADIS 4 EXTRA), comprend différentes gammes :

Trempe trempé-froid dans différentes conditions et revenu :

froid 4 h à -90°C ; 10 h à -90°C ; 4 h à -196°C ; 10 h à -196°C.

La résistance à la flexion trois points est améliorée par le séjour de 4 h à -90°C. La durée du séjour ne semble pas avoir d'influence.

La dureté chute de 1 à 2 points HRC. L'effet sur les nuances obtenues par métallurgie des poudres est supérieur.

Industrial Heating mars 2013.

OPTIMISATION DES PERFORMANCES DE LA TREMPÉ AU GAZ EN FOUR SOUS VIDE.

(MAXIMIZING VACUUM FURNACE GAS-QUENCHING PERFORMANCE).

N. Cordisco.

Les performances en refroidissement d'un four sous vide utilisant l'azote et l'argon entre 2 et 20 bar sont améliorées en mettant en place un système dit SDC : « Synchronous Design Concept », agissant sur la possibilité de variation de vitesse de la turbine, la conception du moteur et de la turbine.

On arrive à obtenir les mêmes résultats avec une pression de 10 bar azote sur le four modifié qu'avec 20 bar sur le four non modifié.

Industrial Heating mars 2013.

FOUR SOUS VIDE : OPTIMISATION DE LA ZONE DE TRAVAIL PAR L'UTILISATION DE MONTAGES INNOVANTS.

(VACUUM FURNACES: MAXIMIZING THE WORK ZONE WITH CREATIVE FIXTURING).

R. Kornfeld.

L'article est consacré à l'optimisation des montages dans les fours sous vide afin d'optimiser les conditions de remplissage et de coûts d'exploitation, grâce à l'emploi d'éléments en carbone.

TRAITEMENTS AUTOMATISES DE COMPOSANTS AUTOMOBILES LEGERS EN ALUMINIUM.

(AUTOMATED HEAT TREATMENT OF LIGHTWEIGHT ALUMINIUM AUTOMOTIVE STRUCTURAL COMPONENTS).

T. Donofrio (Can-Eng Furnaces International, Canada).

Les objectifs de réduction d'émission de CO₂, doivent s'accompagner de réduction de poids. L'emploi des alliages d'aluminium est une voie en croissance dans l'automobile, d'ici 2025 on prévoit 65% de progression du tonnage.

Les pièces sont le plus souvent réalisées par moulage haute pression. Les traitements thermiques type T4, T5, T6 assurent les caractéristiques. Différents exemples sont donnés. Une trempe au gaz PAQ® (Précision Air Quench) remplaçant la trempe aux fluides liquide a été développée afin de réduire les déformations.

La trempe aux émulsions est pilotée par un système CFD (Computational Fluid Dynamics) optimisant les brassages et la conception du bac.

Les différentes gammes de traitement thermique sont rappelées.

Industrial heating février 2013.

FORMATION D'OXYDES PROTECTEURS ANODIQUES SUR ALUMINIUM PAR ANODISATION DANS L'ACIDE SULFURIQUE AVEC DES ADDITIONS DE NITRATE DE CERIUM 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. Castaño, F. Echeverría, G. E. Thompson.

(Texte en anglais).

Les effets du potentiel d'anodisation et d'additions combinées d'acide tartrique et de nitrate de cérium à un bain d'anodisation sulfurique sur le comportement à la corrosion d'aluminium de haute pureté et sur un 2024 ont été systématiquement analysés.

Le potentiel d'anodisation s'avère critique pour déterminer les performances anticorrosion ; un bas potentiel génère de fines porosités qui améliorent la protection contre la corrosion par rapport aux grosses porosités obtenues avec de plus hauts potentiels.

Aux deux potentiels d'anodisation, l'addition de nitrate de cérium au bain d'acide sulfurique n'accroît pas significativement la tenue à la corrosion. En revanche, l'addition d'acide tartrique seule est généralement bénéfique. Et finalement lorsque le nitrate de cérium est ajouté à l'acide tartrique, un accroissement supplémentaire de tenue à la corrosion est observé.

Transaction of the Institute of Metal Finishing, Volume 90, numéro 6, novembre 2012 pages 290-297.

ETUDE DE LA CORROSION ATMOSPHERIQUE A LONG TERME DE DEPÔTS ELECTROLYTIQUE DE ZINC ET ALLIAGES DE ZINC.

(STUDY ON LONG TERM ATMOSPHERIC CORROSION OF ELECTRODEPOSITED ZINC AND ZINC ALLOYS)

A. Narkevičius, D. Bučinskienė, A. Ručinskienė, V. Pakštas, G. Bikulčius. (Texte en anglais).

Des études de corrosion atmosphériques ont été effectuées sur des revêtements électrolytiques obtenus en milieu acide de Zn et d'alliages de Zn-0,8% de Fe, Zn-0,8% de cobalt, Zn-0,8% nickel. Les essais de corrosion ont été réalisés sur des sites en milieu urbain, rural et marin, en Lituanie.

L'étude portait sur des expositions pendant de longues périodes et également en réalisant des mesures accélérées au brouillard salin. Les résultats indiquent que les taux de corrosion du Zn-0,8%Co et Zn-0,8%Ni sont faibles dans les trois environnements. La résistance à la corrosion du Zn-0,8%Co est supérieure en milieu urbain et rural, alors que le Zn-0,8%Ni résiste mieux en milieu marin.

Dans tous les cas, la résistance du Zn-0,8%Fe est inférieure à celles des Zn-0,8%Co et Zn0,8% Ni.

Transaction of the Institute of Metal Finishing, Volume 91, numéro 2, mars 2013 pages 68-73.

UN ETAT SUR LA RECHERCHE ACTUELLE CONCERNANT LES FINITIONS DE SURFACE ET REVÊTEMENTS POUR COMPOSANTS AERONAUTIQUES.

(CURRENT RESEARCH ON SURFACE FINISHING AND COATINGS FOR AEROSPACE BODIES AND STRUCTURES : A REVIEW).

C. Larson, J.R. Smith, G.J. Armstrong. (Texte en anglais).

Cet article présente une étude bibliographique (basée sur 138 documents) des développements récents concernant les traitements et revêtements de surface pour les composants aéronautiques. Les avancées dans ce domaine ont été guidées par la nécessité d'accroître les performances des matériaux et par la pression des lois et réglementations environnementales. Les domaines de la résistance à la corrosion et à l'usure ont reçu une attention particulière, mais d'autres propriétés ont également été étudiées et l'on constate la croissance continue de l'utilisation des composites.

Transaction of the Institute of Metal Finishing, Volume 91, numéro 3, mai 2013 pages 120-132.

AMELIORATION DE L'ADHERENCE DU CUIVRE CHIMIQUE SUR UNE RESINE ABS GRACE A UN SYSTEME D'ATTAQUE A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL.

(ADHESION IMPROVEMENT OF ELECTROLESS COPPER TO ABS RESIN BY LOW ENVIRONMENTAL POLLUTION SURFACE ETCHING SYSTEM).

W.X. Zhao, Z.LWang. (Texte en anglais).

La force d'adhérence entre une résine ABS et du cuivre chimique peut être améliorée de façon significative en utilisant pour l'attaque un système contenant un colloïde H₂SO₄-MnO₂-Na₄P₂O₇-H₂O en remplacement des solutions classiques d'attaque chromique. Dans cet article, les effets des concentrations en H₂SO₄ et Na₄P₂O₇ sur la topographie de surface, la rugosité et la force d'adhésion ont été étudiés. Lorsque la concentration d'H₂SO₄ était de 12,9M de bonnes performances d'attaque ont été obtenues.

La force d'adhésion moyenne entre le cuivre et le substrat ABS atteint 1,3 kN m⁻¹.

La mesure de l'angle de contact indique que l'ABS devient hydrophile et ainsi l'angle de contact décroît de 92,1 à 31,2°

Transaction of the Institute of Metal Finishing, Volume 91, numéro 3, mai 2013 pages 149-155.

Comité de rédaction : C. Brault, P. Jacquot, C. Leroux, 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