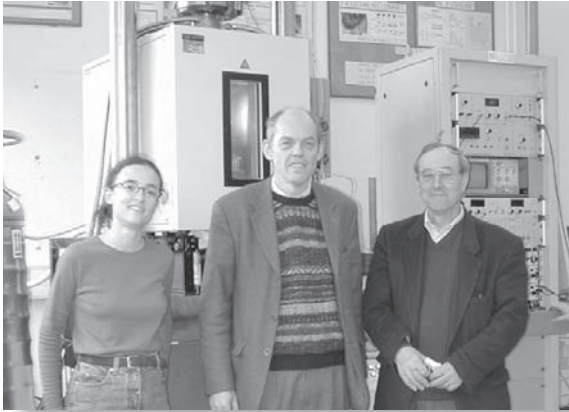


Sciences et génie des matériaux



Les sociétés se sont toujours définies par les matériaux qu'elles maîtrisent et les techniques qu'elles utilisent pour leur donner une fonction. Ce qui était vrai à l'âge du Fer l'est tout autant aujourd'hui à l'âge du Silicium (nouvelles technologies de l'information et de la communication).

La maîtrise des matériaux, de leur élaboration, de leur mise en forme, de leurs propriétés est aujourd'hui, plus que jamais, au cœur du développement de nos sociétés : les nouveaux matériaux pour l'automobile qui permettent d'accroître la sécurité tout en allégeant le véhicule, la miniaturisation des microprocesseurs, les fils textiles "antiboulochage", les mâts des voiliers de la "Route du Rhum", les implants cardiaques...

L'élaboration et la mise en forme des matériaux représentent un secteur économique extrêmement important : de très grandes entreprises multinationales, mais également des PME extrêmement dynamiques. Les propriétés d'emploi des matériaux sont un enjeu décisif dans tout le secteur aval (automobile - aéronautique - électroménager - biens de consommation - électronique).

Au sein de l'option, les sujets traités concernent tous les types de matériaux, métaux et alliages métalliques, polymères, matières agroalimentaires, verres, céramiques, composites...

Les thèmes traités recouvrent la mise en œuvre, la micro-structure, les propriétés et les performances des matériaux. Certains sujets sont plus centrés sur l'analyse physico-chimique des matériaux, d'autres sur la simulation numérique de leur mise en œuvre et de leurs propriétés.

Jean-François AGASSANT, André PINEAU

<http://www.mat.ensmp.fr/Enseignement/OptionSGM/>

Sciences et génie des matériaux

Lundi 26 et mardi 27 juin 2006 - Amphi Schlumberger (V107)

Lundi 26 juin 2006

10h-11h

Numerical modeling of cracking phenomena in solids



Sidney
BURKS

The aim of this study is to approach the problems of analyzing cracks in materials and structures. With most objects, structural failure begins on a microscopic level as a tiny fissure. When this fissure reaches a certain size, the exterior forces on the material can begin to overcome the internal forces holding the material together, thus making the structure fail. Therefore, it is of tremendous interest to engineers to be able to predict how and when a given structure may fail, which may lead to the development of better products, or make better estimates of the lifetimes of structures.

In order to have a thorough understanding of how a crack will propagate through a material, we must first be able to correctly model the entire system. When looking at cracks at their focal point, we see that the stresses and forces vary very rapidly over a tiny region. Any tool that will allow us to calculate the properties of the crack must first be able to account for this rapid variation.

One of the most common approaches to solving such a problem in Material Science uses methods of Finite Elements to computationally calculate certain properties. While these methods may work well for situations in 2-D, we see that the accuracy of the calculations begins to fall apart once we start to analyze

certain cases in 3-D. Therefore, we explore several different techniques which may allow us to better model the geometry of simple materials, and better estimate properties such as their energy.

The analysis of the cracks and materials happens with a software package in C++ called Zebulon, which was created from a joint venture between l'Ecole des Mines, and l'Onera. The goal of the stage is to help implement certain capabilities in this software package, which will help achieve the overall goal of analyzing 3-D structures. As this stage incorporates mathematical as well as programming challenges, the overall goal is broken down into several sub processes in order to more appropriately address the larger issue.

An initial task involves integrating an open-source geometrical analysis library into the Zebulon software. This will provide Zebulon with the capability to perform Boolean operations on intersections of 3-D shapes – a critical step in properly modeling the geometry of the final solid. Once the object can be properly modeled by the computer, we can then proceed with an accurate calculation of its properties.

*ONERA (CHÂTILLON-SOUS-BAGNEUX-
ET CENTRE DES MATÉRIAUX EMP (EVRY)*

11h-12h

Thermomécanique des couches minces



Xiaolei
ZHAO

L'utilisation de couches minces (multicouches ou monocouche de quelques nm à quelques μm) déposées sur verre est aujourd'hui de plus en plus répandue afin d'ajouter de nombreuses fonctionnalités au verre (filtre IR, électrode transparente, hydrophilie, hydrophobie etc.). Les couches développées par Saint-Gobain sont déposées sur verre plat de grande dimension avant de suivre les cycles de transformation spécifiques au produit final. Au cours de ces transformations, les couches peuvent subir de nombreuses sollicitations ou modifications thermiques et mécaniques. Pour limiter leur endommagement pendant ces transformations, Saint-Gobain désire

approfondir ses connaissances sur le comportement des systèmes verre-couches et, notamment, sur les effets thermo-mécaniques mis en jeu.

Une première partie expérimentale sur différents systèmes verre-couche est réalisée afin de décrire les phénomènes physico-chimiques mis en jeu dans ces systèmes soumis à des cycles de chauffage, ainsi que de comprendre la mécanique des systèmes à couches. Par la suite, un modèle FEM "verre-couche" est développé afin de reproduire les mesures expérimentales, dans un premier temps sur un système simple de couche élastique sur substrat viscoélastique. Par la suite, le modèle est étendu aux systèmes

plus complexes à haute température en prenant en compte des phénomènes de relaxation dans le substrat et/ou dans la couche.

La mise en place de préconisations de conditions de dépôt et/ou de cycles de transformation des couches,

préconisations spécifiques à chaque problématique industrielle résulte, de cette étude.

*SAINT-GOBAIN RECHERCHE (AUBERVILLIERS)
CENTRE DES MATÉRIAUX EMP (EVRY)*

13h30-14h30

Modélisation micromécanique de l'effet bake-hardening dans les aciers pour l'automobile

L'entreprise ARCELOR fait face à la vive concurrence qui caractérise l'industrie sidérurgique en développant des aciers de très haute technologie qui répondent aux exigences croissantes de sa clientèle.

En particulier, l'industrie automobile nourrit des attentes en apparence contradictoires : réduction du poids, économie de matière, bonnes propriétés mécaniques et malléabilité suffisante pour autoriser les formes de plus en plus complexes imaginées par les designers.

ARCELOR relève ce défi en proposant pour les pièces de peau (carrosserie du véhicule) des nuances d'acier qui présentent la particularité de durcir lors de la cuisson de la peinture. Ce durcissement est d'autant plus intéressant qu'il n'occasionne qu'un coût supplémentaire très faible : seuls quelques ppm (parties par million) de carbone sont requis. Ces aciers, dits à Bake-Hardening (vieillessement après peinture en anglais, en abrégé BH) allient ainsi facilité de mise en forme et résistance aux chocs après cuisson.

Les mécanismes physiques à l'œuvre sont liés à la diffusion d'atomes de carbone en solution. Ces atomes ancrent les dislocations, défauts linéaires à l'origine de la déformation des métaux. Une localisation de la déformation est alors observée.

Ces phénomènes, ayant fait l'objet de nombreuses études, sont connus dans le cadre de la traction simple. Ils restent cependant difficiles à modéliser dans le cadre de sollicitations complexes, comme celles qui sont mises en jeu lors de l'essai d'indentation, critère de choix de prédilection des constructeurs

automobiles. La prévision du comportement mécanique de ces matériaux nécessite donc le recours à la simulation numérique.

L'étude présentée a pour objet la compréhension de ces phénomènes ainsi que leur modélisation, à l'aide de modèles de changement d'échelle. Ces modèles s'appuient sur une description du matériau à l'échelle microscopique pour déterminer son comportement macroscopique. La représentation des aciers polycristallins prend notamment en compte la texture cristallographique du matériau et les mécanismes de plasticité cristalline au sein des grains. Il est alors possible de simuler des trajets de sollicitations complexes. Une large campagne d'essais, menée au sein d'ARCELOR, permettra enfin la validation du modèle retenu.

L'objectif à terme de l'ensemble du projet est la prévision du durcissement des aciers BH après traitement thermique et l'implantation du comportement du matériau dans un logiciel d'éléments finis. L'enjeu d'un tel projet est double. En premier lieu, la prévision du test d'indentation par simulation constitue un levier important pour le développement de nouveaux produits pour ARCELOR. Les constructeurs automobiles sont également très intéressés par le développement de programmes qui permettraient d'effectuer des séries de simulations sur carrosserie en tenant compte de l'effet Bake-Hardening.

*ARCELOR RESEARCH (MAIZIÈRES-LES-METZ)
CENTRE DES MATÉRIAUX EMP (EVRY)*



**Emilie
VAN HOVE**

14h30-15h30

Etude des défauts de solidification en coulée continue d'acier

Dans l'industrie sidérurgique, le procédé de coulée continue se situe entre l'élaboration de l'acier (convertisseur ou four à arc, puis métallurgie secondaire) et le laminage. Il consiste à couler l'acier en fusion, initialement contenu dans une poche, dans une lingotière sans fond refroidie par eau. Au cours de ce refroidissement dit "primaire", une peau solide se forme au contact de la lingotière, ce qui permet l'extraction du produit coulé (brame ou billette) par des rouleaux extracteurs situés sous la lingotière. Entre ces rouleaux, dont certains sont motorisés pour faire avancer

le produit dans la machine, un deuxième système de refroidissement, dit "secondaire" est constitué de jets d'eau. Il a pour objet d'achever la solidification au fur et à mesure que le produit progresse dans la machine, l'épaisseur de la croûte solidifiée augmentant jusqu'à disparition de la phase liquide. En sortie de machine, le produit est découpé en tronçons par oxycoupage, puis stocké ou envoyé directement vers un four avant d'être laminé.

Les principaux défauts que peuvent présenter les produits de coulée continue sont les ségrégations majeure-



**Maria
KOUKLINA**

res, des criques internes et des criques de surface. Les ségrégations majeures se forment dans la partie basse de la machine de coulée continue, en fin de solidification. Elles peuvent être accompagnées de criques internes, généralement associées à des déformations subies par le métal à l'état pâteux (semi-solide, dans l'intervalle de solidification). Dans cette étude, nous nous intéressons surtout aux criques qui peuvent se former en surface du produit à l'état solide.

Ces criques de surface apparaissent, d'une part, en lingotière (criques généralement longitudinales, en général en milieu de face) et, d'autre part, sous la lingotière ou lors du cintrage ou du décintrage du produit (criques transversales, en général près des angles). L'objectif de l'étude consiste à prévoir l'apparition des criques de surface en utilisant une modélisation numérique du procédé. Pour cela, nous disposons du logiciel

d'éléments finis THERCAST. Dans le cadre de cette étude, il est prévu d'implanter dans ce logiciel divers critères d'endommagement tirés de la littérature. Nous nous intéresserons, d'une part, à la sensibilité de ces calculs à la finesse de discrétisation (surtout pour les calculs menés en lingotière dans une croûte solidifiée de faible épaisseur). D'autre part, nous étudierons l'influence de la convection forcée du métal liquide, dont la résolution est en cours de développement dans le logiciel. Enfin, les résultats seront confrontés aux données expérimentales, provenant des unités du groupe Arcelor, ainsi que de mesures effectuées sur le refroidissement secondaire de la coulée pilote d'Arcelor Research.

ARCELOR RESEARCH (MAIZIÈRES-LES-METZ) ET CENTRE DE MISE EN FORME DES MATÉRIAUX EMP (SOPHIA-ANTIPOLIS)

15h30-16h30

Identification et simulation du comportement des matériaux mousse utilisés dans la sécurité passive ferroviaire



Rengasamy MOOTHEN

Dans le cadre du projet de recherche européen SAFEINTERIORS, la SNCF a proposé de mieux protéger les occupants d'un train en cas de choc secondaire contre son environnement lors d'une collision frontale accidentelle. Une possibilité est de recouvrir les zones pouvant présenter un risque de blessure en cas de choc (pupitre, dossier de siège, table, tablette, cloison ...) de mousse d'amortissement. L'utilisation de mousses polymères entre autres, permet de diminuer considérablement l'énergie transmise au passager, si celui-ci vient à heurter l'intérieur de l'habitacle.

L'objectif du stage est d'aider la SNCF à la conception d'habillages en mousse (choix de la mousse, de la forme, etc ...) pour ses véhicules, via la modélisation numérique macroscopique de la (ou des) mousses(s) envisagée(s). Un modèle élastoplastique compressible incluant un critère d'endommagement doit être écrit en grandes déformations afin de simuler correctement le compactage de la mousse lors d'un crash.

Les différentes phases envisagées sont :

- 1) Le recensement des matériaux utilisés à ce jour dans le domaine ferroviaire, aéronautique et automobile (état de l'art européen),
- 2) l'intégration des exigences normatives et règles d'entretien sur l'emploi des matériaux dans les espaces occupés des matériels ferroviaires,
- 3) l'identification des zones nécessitant un revêtement mousse,
- 4) le choix du ou des matériaux pouvant être employés,
- 5) la caractérisation du ou des matériaux choisis,
- 6) l'implémentation dans un logiciel de calcul permettant de simuler la réponse d'une structure en mousse en conditions quasi-statiques ou lors d'un impact.

SNCF (LE MANS) ET CENTRE DE MISE EN FORME DES MATÉRIAUX EMP (SOPHIA-ANTIPOLIS)

16h30-17h30

Economie d'énergie dans un moteur diesel liée à la présence d'une barrière thermique en zircone sur les pistons



Paul DELOUCHE

Toyota a connu récemment un succès considérable en commercialisant le modèle Prius propulsé par un moteur hybride (moteur thermique et moteur électrique). Dans le cadre de la recherche de nouveaux moyens de propulsion pour l'automobile et face à l'augmentation du prix du pétrole, Toyota s'intéresse à la réalisation de moteurs diesel moins consommateurs de carburant et par conséquent aussi plus

respectueux de l'environnement.

Le sujet du stage consiste à étudier l'impact en termes de performances moteur du dépôt d'une couche de céramique ayant des propriétés d'isolation thermique (Zircone Yttriée) sur le dessus des pistons des moteurs diesel. Le fait est que, dans le bilan thermique du cycle d'un moteur à combustion interne, l'énergie thermique dégagée par la combustion

du carburant se répartit en une partie dissipée par frottement, une partie évacuée dans les gaz d'échappement, une partie évacuée à travers les pièces sous forme de chaleur et enfin une partie constituant le travail moteur. L'ajout d'une couche ayant des propriétés isolantes dans la chambre de combustion diminue la part évacuée à travers les pièces sous forme de chaleur et augmente la part du travail utile. Il se pourrait cependant que cette énergie récupérée vienne aussi augmenter la part évacuée dans les gaz d'échappement. C'est précisément l'équilibre entre les différentes contributions qu'il s'agit d'étudier dans ce travail.

Dans un premier temps, le stage a consisté à réaliser des dépôts de céramique sur le dessus des pistons par projection plasma (1 mois au centre des matériaux). Cette phase a conduit au développement d'un modèle mathématique simple pour contrôler

l'épaisseur déposée sur des objets tournants. Dans un deuxième temps, les pistons avec différents types de dépôts ont été testés sur banc moteur. Ces essais ont donné lieu à un déplacement d'un mois au Japon. Enfin les résultats obtenus sont analysés et un modèle permettant de prévoir la conductivité thermique effective du dépôt en fonction de sa porosité et de son épaisseur est proposé (méthode d'homogénéisation et approche probabiliste). La connaissance des propriétés effectives du matériau permettra de les intégrer au sein d'un calcul par éléments finis simulant le fonctionnement global d'un moteur et d'étudier ainsi l'effet d'une barrière thermique en termes de performances moteur.

*TOYOTA MOTOR EUROPE (BRUXELLES)
CENTRE DES MATÉRIAUX EMP (EVRY)*

Mardi 27 juin 2006

9h-10h

Tolérance aux dommages dans l'industrie automobile

Face à l'intense concurrence régnant dans l'industrie automobile, les constructeurs sont forcés de réduire continuellement leurs coûts de production. PSA possédant toujours ses propres forges à Mulhouse, il est crucial pour ce secteur d'activité fortement concurrentiel d'effectuer d'importants gains de productivité. L'un des aspects sur lesquels PSA a décidé de jouer se situe au niveau des critères d'acceptabilité des pièces forgées.

Jusqu'à maintenant, aucun défaut sur les pièces de forge (moyeux, triangles, vilebrequins...) n'était toléré en sortie de ligne. Etant donné qu'il est difficile de limiter le nombre de pièces à défaut du fait de la multitude de causes génératrices (défauts dans la matière première, problèmes de process...), un gain important de productivité pourrait être effectué en acceptant certaines d'entre elles. Pour cela, il est nécessaire de prouver que certains défauts n'ont aucune influence sur la tenue de la pièce tout au long du cycle de vie du véhicule. Il s'agit du concept de tolérance au dommage déjà largement utilisé dans l'industrie aéronautique.

Le but de cette étude est donc de développer un outil permettant de caractériser la tenue des pièces de forge possédant des défauts générés au cours du cycle de production. En s'appuyant sur différentes

théories de la mécanique de la rupture et sur des calculs par éléments finis, l'outil doit permettre d'affirmer qu'un défaut ne mettra pas en péril la tenue de la pièce forgée. Une fois validé, il permettra de réviser les critères d'acceptation des pièces forgées et de faciliter la rédaction de nouveaux cahiers des charges.

Une première partie du travail consiste donc à analyser les pièces à défaut afin de les classer selon leurs caractéristiques géométriques et de comprendre les mécanismes qui entrent en jeu dans l'endommagement des pièces fissurées.

La seconde partie consiste à développer l'outil proprement dit qui permettra de caractériser le défaut. A partir des données du matériau, des conclusions pourront être tirées sur la tenue des pièces défectueuses.

La dernière partie du travail sera consacrée à la validation de l'outil et du critère mis en place, à l'aide d'essais destructifs.

*PSA PEUGEOT-CITROËN (LA GARENNE COLOMBES)
CENTRE DES MATÉRIAUX EMP (EVRY)*



**Apollinaire
VANDIER**

10h-11h

Formage en revenu des ailes d'avion



**Baptiste
ESCOFFIER**

Dassault travaille sur le développement de nouveaux procédés pour mettre en forme certaines pièces de ses avions, en particulier les ailes du tout nouveau falcon f7x. Celles-ci sont en alliage aéronautique léger d'aluminium de haute technologie. La mise au point de ces procédés est essentielle pour l'amélioration de la productivité et de la fiabilité de la production, en particulier pour assurer des succès commerciaux comme celui du 7x, dont la cadence de fabrication doit être grande pour répondre à la demande.

L'étude consiste à développer l'un de ces procédés de mise en forme qui permet de façonner des pièces de formes complexes tout en procédant à un durcissement structural du métal. Ainsi l'aile (à la base une tôle raidie de 15 m de long) est placée dans un moule et mise sous contrainte. Puis on fait subir à l'ensemble un cycle thermique précis. Après décharge et refroidis-

sement, il y a un retour élastique. Ainsi la pièce finale n'a pas la même forme que le moule. Or ce qui nous intéresse est la pièce au repos ! Il est alors nécessaire de pouvoir anticiper ce retour élastique. Pour arriver à nos fins nous étudions le comportement mécanique de l'alliage et son évolution microscopique. Nous obtenons alors une modélisation thermomécanique par une loi rhéologique s'appuyant sur les phénomènes physiques et métallurgiques qui ont lieu lors des revenus thermiques sous contrainte. Enfin une simulation numérique sous Abaqus permet de déduire la forme du moule. Cette méthode, si elle s'avère prévisible simplement, a des débouchés industriels très intéressants et les enjeux sont importants.

*DASSAULT (SAINT-CLOUD) ET CENTRE DE MISE EN FORME
DES MATÉRIAUX EMP (SOPHIA-ANTIPOLIS)*

11h-12h

Etude de défauts de peinture sur des pièces en ABS/PC destinées à l'automobile



**Eponine
RAYNAUD**

L'industrie automobile est une industrie exigeante sur la qualité, particulièrement pour l'aspect. Pour encadrer la qualité souhaitée, les constructeurs ont développé de nombreux tests, repris dans leurs cahiers des charges. Cette étude, réalisée auprès d'un équipementier automobile, doit régler des problèmes de défauts d'aspect sur pièces peintes. Elle porte principalement sur deux pièces (un becquet et un enjoliveur de plaque de police) injectées en ABS/PC (mélange d'Acrylonitrile Butadiène Styrene et Polycarbonate).

Après l'application de la peinture, apparaissent à la surface de ces pièces de nombreux défauts en forme de cratère (moins d'un demi-millimètre de diamètre) qui rendent ces pièces non conformes. Il a été établi que les défauts sont dus à la présence de microfissures dans le polymère, résultant du procédé d'injection. Lors de l'étuvage des trois couches constituant la pein-

ture (apprêt, base-coat, vernis), ces cratères sont créés par expulsion de l'air ou des gaz emprisonnés dans la fissure pendant le dépôt de la peinture. Ces microfissures apparaissent préférentiellement au niveau du plan de joint et peuvent résulter de contraintes de moulage, de démoulage, un taux d'humidité dans la matière trop important, un écoulement de la matière turbulent lors de l'injection, un mauvais dégazage de l'empreinte ou encore des paramètres d'injection mal adaptés.

L'étude de la sensibilité à la fissuration sous l'action de solvants devra permettre de mieux comprendre les mécanismes de formation du défaut et ainsi de préconiser une solution industrielle pour rendre les pièces conformes.

*MECAPLAST (MONACO) ET CENTRE DE MISE EN FORME
DES MATÉRIAUX EMP (SOPHIA-ANTIPOLIS)*

13h-14h

Analysis of warpage for short fiber reinforced thermoplastics



**Marion
HOULIÈRE**

Short fiber reinforced thermoplastics are interesting composite materials since short fibers enhance the material properties. These composites can be processed by injection molding, which is a commonly used and cheap process for mass production. This kind of material is implemented on car components and various other technical applications. During the injection process, the mold is filled with the molten

material. The packing stage enables to compact the material whose volume gets smaller as it cools and solidifies. Once the part is cold enough, it is ejected from the mold. The material flow, the injection conditions and the mold shape impact on fiber orientation inside the part. Cooling induces anisotropic shrinkage due to the anisotropic orientation of the fibers. This brings about deformations of the part. This pheno-

menon is called "warpage". Warpage is an important issue in the industry since it demands modifying mold shape so that it compensates the deformation of the part. The cavity of a mold with a wrong, pre-corrected shape is used to produce well-shaped parts according to requested dimension tolerances. Optimization of the mold to obtain well-shaped part is made in an experience based way that slows down the process and increases its cost.

The main objective of the study is to assess a new software at Bosch called Rem 3D. This software is capable to simulate the filling of the mold, the packing stage and the cooling stage. It includes a 3D resolution of thermal and dynamics equations. It enables to calculate physical parameters during the injection process like temperature or pressure and a new module models fiber orientations in the part. Rem 3D is compared to Moldflow MPI 3D which is usually used by Bosch and to experimental fiber orientation and warpage measurements.

The study focused on the warpage of a short glass fiber reinforced PBT. The material is made of 30 weight

% glass fiber. The mean fiber lengths vary between 300 and 500 μm in the injection molded part and their diameter measures about 10 - 12 μm . Injected plates of this material were modeled with REM-3D. Mechanical and rheological properties of the materials were measured. Injection with various process parameters were carried out. A quantification of fiber orientation in some points of the injected parts was pursued with a 2D image analysis method, so called surface ellipse method on polished surfaces. Experimental measurements and computations made with Moldflow MPI 3D were used to assess REM-3D modeling. REM-3D computed fiber orientations were transferred to ABAQUS code to carry out a warpage analysis. The results were then compared to real measurement made on the injected parts. Finally, the ability for REM-3D to predict warpage with accuracy was evaluated. The chain of analysis was studied to determine what may jeopardize the result quality.

BOSH GMBH (WAIBLINGEN, ALLEMAGNE) ET CENTRE DE MISE EN FORME DES MATÉRIAUX EMP (SOPHIA-ANTIPOLIS)

14h-15h

Augmenter à la fois la résistance et la résilience des aciers : un compromis difficile à atteindre... le traitement thermique comme solution ?

Vallourec, leader mondial des tubes en acier sans soudure, développe des produits de plus en plus performants afin de satisfaire le niveau d'exigence de tous ses clients dans les différents marchés : pétrole, automobile, mécanique, chimie...

Parallèlement, dans un contexte où le carnet de commandes est rempli et les usines fonctionnent souvent à pleine capacité, la maîtrise et l'optimisation des traitements thermiques est un atout majeur, surtout si cela permet une augmentation de la productivité.

Il se trouve aussi que, pour certains produits, le traitement industriel ne donne pas toujours le compromis résistance/résilience escompté. Il est alors impératif de modifier le traitement thermique pour rendre les produits conformes aux spécifications clients.

La majorité des tubes Vallourec est obtenue par traitement thermique de trempe et revenu, ce qui conduit à une microstructure de "martensite revenue". La structure martensitique, obtenue après un refroidissement très rapide, est la plus résistante possible pour l'acier. Cependant elle est aussi celle qui est la plus fragile, c'est-à-dire, la moins résiliente. Le revenu est un autre traitement thermique qui permet d'augmenter la résilience de la martensite, mais impose aussi une réduction de sa résistance mécanique. Le résultat final, la martensite revenue, est le matériau permettant d'atteindre le meilleur compromis entre ces deux propriétés essentielles.

La microstructure de l'acier définit en grande partie

ses propriétés mécaniques. Cette microstructure est très dépendante du chemin thermique que les produits parcourent. Il y a quatre paramètres principaux à tenir en compte lors des traitements thermiques : la vitesse de chauffe, la température du traitement, le temps de maintien à cette température et la vitesse de refroidissement. Cependant, chaque paramètre n'a pas la même influence pour les différents types de traitements.

Cette étude est basée sur les interactions entre trois aspects : les traitements thermiques, les propriétés mécaniques et les microstructures. Après avoir défini des conditions de traitement reproductible, nous analysons l'impact de différents cycles de traitement sur les propriétés de dureté, de traction et de résilience. La compréhension de cet impact se fait au travers d'une étude des phases et des précipités formés, à la fois par des observations et des simulations. Le besoin sous-jacent est de comprendre plus finement les phénomènes qui régissent les transformations métastables étudiées.

Le but final de cette étude est d'explorer différentes voies métallurgiques permettant d'améliorer à la fois résistance et résilience, par une séquence de trempe(s) et revenu(s) appropriés.



**Daniel
APARICIO**

*VALLOUREC (AULNOYE)
CENTRE DES MATÉRIAUX EMP (EVRY)*

15h-16h

Procédé d'injection de lentilles épaisses en polycarbonate pour projecteurs automobiles à LED et au xenon



Ye
YUAN

L'industrie automobile évolue rapidement et les constructeurs cherchent toujours des moyens pour améliorer leurs produits afin d'attirer les clients potentiels. De ce fait, ils imposent des spécifications de plus en plus exigeantes à leurs fournisseurs équipementiers. C'est le cas de Valeo Lighting System (VLS), un des leaders mondiaux de la fabrication des projecteurs.

Une des innovations récentes dans l'éclairage de signalisation des automobiles vise à remplacer la source de lumière traditionnelle, la lampe halogène, par des nouvelles sources comme les lampes Xénon ou à base de LED. Ces nouvelles sources permettent de concevoir des composants optiques améliorant la vision de conducteur.

Jusqu'à présent, la plupart de ces composants optiques sont en verre. L'utilisation de ce matériau soulève des difficultés, comme sa faible résistance au choc, son poids élevé, son coût important et sa faible liberté de forme. Ceci conduit à le remplacer par des polymères transparents comme les PVC, PMMA, PC, mis en forme par injection.

Différentes difficultés doivent être résolues. Dans le cas des grandes épaisseurs de paroi, le retrait volumique au refroidissement est important, et oblige le recours à de fortes pressions pour le compenser au mieux. Les contraintes figées qui en résultent modifient les propriétés optiques. Le temps de refroidissement dans le moule doit être maîtrisé pour avoir des temps de cycle acceptables. Le polycarbonate peut, par ailleurs, jaunir au cours du temps.

Ces problèmes sont abordés dans cette étude consacrée à l'injection de lentilles épaisses en polycarbonate. Nous étudions ce procédé au niveau fondamental : le comportement pendant le remplissage viscoélastique dans une cavité relativement ouverte, les arrangements de la chaîne de polymère pour les différents modes de remplissage, le refroidissement et son influence sur les retraits et déformations de la pièce, etc. Des solutions seront proposées et testées.

VALEO ECLAIRAGE SIGNALISATION (BOBIGNY) ET CENTRE DE MISE EN FORME DES MATÉRIAUX EMP (SOPHIA-ANTIPOLIS)

16h-17h

Aide à la sélection de matériaux performants et fiables pour pistons de moteur F1



Camille
MOREAUX

Toujours plus de performances, moins de masse et la fiabilité au rendez-vous. C'est le compromis qui est demandé pour toutes les pièces de F1, notamment celles qui sont mobiles dans un moteur qui tourne à 20000 tr/min. La sélection des matériaux est indispensable pour trouver un compromis résistance-poids satisfaisant. Elle se fait actuellement par comparaison de critères simples tels que la limite de fatigue et la densité, mais ce n'est pas suffisant afin que les solutions classiques soient performantes pour de nouveaux matériaux plus exotiques dans leurs caractéristiques.

Des facteurs de sécurité ont été établis par expérience pour les matériaux utilisés habituellement dans la conception et la fabrication des pièces les plus sollicitées, mais ils sont ajustés empiriquement suivant les zones considérées car les contraintes ne sont pas forcément bien connues et on ne prend pas en compte tous les paramètres matériaux. Lorsqu'on cherche à changer de matériau, il faut recréer ces facteurs de sécurité, car les anciens ne sont pas forcément adaptés aux propriétés inhabituelles des nouveaux matériaux qui sont, souvent, plus fragiles.

L'objectif de l'étude est de proposer des combinaisons de caractéristiques qu'il faudrait prendre en compte

pour établir des indices de performance plus objectifs sur un éventail de matériaux et de comportements sans cesse plus grand. Cela permettra de mieux cibler les caractéristiques intéressantes pour le but recherché et de faire ainsi des choix matériaux plus adaptés. Une autre utilité sera aussi de faire des calculs de résistance plus prédictifs et d'améliorer la conception des pièces en utilisant au mieux toutes les spécificités de chaque matériau.

L'étude comporte une partie théorique afin de mieux comprendre la mécanique d'endommagement des pistons, d'analyse de calculs permettant de comprendre quels sont les efforts que subissent ces pièces critiques (il est en effet impensable de faire des relevés sur des pièces en mouvement dans un moteur), d'analyse de pistons endommagés et de mise en relation de tout cela.

Les nouveaux critères ainsi trouvés doivent être testés sur des modèles fonctionnant pour validation, et être ensuite appliqués aux nouveaux matériaux.

*RENAULT F1 (VIRY-CHATILLON)
CENTRE DES MATÉRIAUX (ÉVRY)*