

FRANÇAIS

**Vers une modélisation mathématique du comportement du plasma d'arc dans le procédé de refusion à l'arc sous vide** ..... 683  
P. Chapelle, J.-P. Bellot, H. Duval, A. Jardy, D. Ablitzer

Dans le cadre d'une première étape vers une description théorique complète de l'arc électrique dans le procédé de refusion à l'arc sous vide VAR, une modélisation de la colonne de plasma créée par un seul cluster de microspots cathodiques est développée. L'objet de cette modélisation est en particulier de calculer la distribution d'énergie transmise par le plasma à la surface du bain liquide anodique. La démarche suivie combine deux modèles : l'un, cinétique, rend compte de la formation du plasma dans la région cathodique et l'autre, hydrodynamique, décrit l'expansion du plasma dans le vide au sein de l'espace interélectrode.

**Production d'aciers à ultra haute résistance par un dispositif de refroidissement à turbulence contrôlée (TWICE)** ..... 697  
D. Bouqueneau, A. Fouarge, V. Lhoist, J. Crahay, P. Klinkenberg, P. Simon

Le nouveau procédé industriel présenté permet d'atteindre des vitesses de refroidissement très élevées dans la section de refroidissement après maintien d'une ligne de recuit en continu de bandes minces d'acier. Il représente l'aboutissement d'un programme de recherches mené conjointement par le CRM et Arcelor Cockerill-Sambre depuis trois ans, comprenant des essais en laboratoire et à l'échelle pilote ainsi que plusieurs campagnes industrielles. Il constitue le prolongement des développements réalisés dans le cadre du procédé HOWAQ. Le procédé combine une étape de refroidissement modéré (600°C/s pour des tôles de 0,8 mm) dans un bain d'eau bouillante, et une étape de refroidissement rapide (supérieur à 700°C/s), dans un caisson d'eau froide agitée. Ses atouts sont la simplicité, fruit de développements avancés, la robustesse, la souplesse et l'homogénéité de refroidissement. Les tôles ainsi traitées présentent des propriétés mécaniques améliorées, un état de surface exceptionnel et une planéité excellente. Ce procédé est appliqué industriellement depuis le premier semestre 2002.

**Résultats opérationnels de la lubrification au laminoir à chaud d'Eko Stahl** ..... 707  
R.-P. Bösler, K.-P. Kahle, H.-W. Lamp, N. Naumann, R. Schrödter, R. Blees

En 2001, Eko Stahl a installé un système de lubrification de l'emprise sur les cages F2-F4 de son train à chaud. Les objectifs principaux étaient de réduire la consommation d'énergie, de diminuer l'usure des cylindres et les vibrations. L'exposé décrit l'équipement et son démarrage, les conséquences de la lubrification, les angles des boucleuses et l'AGC, la diminution des coûts qui en résulte en raison de l'économie d'énergie et de la réduction de l'usure des cylindres. L'influence sur la qualité de surface et l'environnement sont décrits ainsi que l'optimisation en cours du processus.

**La modernisation du laminoir à chaud de Shagang (R.P. de Chine)** ..... 713  
L. Jian, J. Maiertl, R. Pichler, O. Silbermann

Après transfert en R.P. de Chine et modernisation dans de nombreux domaines des installations d'une ancienne usine

sidérurgique allemande, le sidérurgiste chinois Shagang disposera également à l'avenir d'une usine permettant la fabrication de produits plats de haute qualité. Des actions nombreuses et importantes de modernisation sont réalisées par VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI, Autriche). Dans le cas du train à bandes à chaud, ces actions concernent en premier lieu l'implantation d'ensembles de haut niveau technique pour les équipements de laminage, l'automatisation et l'optimisation du procédé.

**Développement des aciers THR sur le laminoir à chaud de Sollac Lorraine** ..... 729  
D. Petitjean, A. Puissant, D. Launet

Pour réussir le laminage de formats larges en fines épaisseurs en nuance raide THR sur notre train de faible motorisation, une optimisation globale a été menée. Pour respecter les contraintes de limite de puissance du finisseur sans dépasser les contraintes de température de défournement, les schémas de laminage ont été revus pour limiter au maximum les pertes thermiques. L'optimisation a porté sur l'augmentation de l'épaisseur d'ébauche jusqu'aux limites de la cage préfinisseuse, sur un schéma de vitesse particulier, sur l'utilisation du système de refroidissement et sur la lubrification des cylindres de travail.

**Nouvelles méthodes de qualification et d'affectation des produits sur lignes de galvanisation et recuit continu** ..... 735  
E. Hoogstoël

La modélisation des caractéristiques mécaniques et le développement de nouveaux outils et méthodes de contrôle amènent de profondes mutations dans l'activité des techniciens de métallurgie-qualité pour la qualification et l'affectation des produits sur les lignes de production. L'aboutissement de ces projets permet ainsi aux métallurgistes postés de synthétiser sur une interface conviviale et interactive toutes les données nécessaires pour qualifier avec la plus grande fiabilité un produit : aspect de surface, propriétés mécaniques, caractéristiques critiques pour le produit et le process, consignes particulières, et permettre ainsi une prise de décision optimale pour évaluer la qualité du produit. Ce développement des compétences postées a pour conséquence une forte réduction des essais de caractérisation hors ligne, une mise à disposition accélérée des produits pour améliorer les délais et limiter les stocks. Enfin et surtout, les alertes sur le produit et le process augmentent notre réactivité sur l'ensemble de la filière de fabrication et contribuent ainsi à consolider nos résultats de qualité interne et en clientèle.

**Four de recuit avec section carburante pour la production de bandes d'acier à « bake-hardening »** ..... 741  
A. Hennion, J.-F. Noville, P. Simon, J. Crahay

La possibilité de produire des aciers hyper-emboutissables avec propriétés de « bake-hardening », par introduction de carbone dans la tôle après sa recristallisation, a été démontrée à l'échelle du laboratoire il y a déjà quelques années. Une zone de réaction contenant d'importantes teneurs en CO et H<sub>2</sub> a été installée sur la ligne pilote de recuit continu et de galvanisation au trempé du CRM. Les bandes d'acier IF de 0,7 mm d'épaisseur sont carburées en moins de 15 s avec des prises en carbone de 10 à 70 ppm. Les développements réalisés pour isoler les atmosphères gazeuses peuvent également bénéficier à d'autres traitements réactifs (nituration, oxydation-réduction, ...) visant à améliorer l'aptitude à la galvanisation au trempé des aciers à haute résistance. La

conception du réacteur, la démonstration de la faisabilité du procédé et les potentialités des produits sont présentées.

**Refroidissement rapide dans les lignes de recuit continu et de galvanisation** ..... 751  
M. Renard, J.-B. Gouriet, Ph. Planquart, J. Van Beek, J.-M. Buchlin

La production de nouvelles qualités d'acier – telles que les aciers à très haute résistance, dual phase et aciers TRIP – requièrent des améliorations des procédés et équipements des lignes de galvanisation. En particulier, des progrès sont requis dans la technologie de refroidissement afin d'obtenir les propriétés mécaniques souhaitées. Cet exposé présente une étude des paramètres permettant d'optimiser le système de refroidissement rapide par jets multiples de gaz. L'étude thermique met en jeu la thermographie infrarouge et la simulation numérique tridimensionnelle. En outre, une étude dynamique est réalisée afin de réduire les vibrations de la tôle.

**Production et évolutions en cours pour les tôles à tubes de grades X80 et plus élevés** ..... 757  
V. Schwinn, P. Fluess, J. Bauer

L'article présente l'état de l'art pour les grades X80 et X100, du point de vue d'un producteur de plaques. Les perspectives d'extension des possibilités et de développements nouveaux sont aussi indiquées. Elles peuvent être résumées comme suit : 1) l'épaisseur des plaques pour gazoducs de grade X80 peut maintenant atteindre une valeur maximale de 25,4 mm, avec le même niveau de fiabilité et de reproductibilité pour le X80 que les grades moins élevés ; 2) l'extension du grade X80 à des plaques de plus forte épaisseur, même pour des applications à très basse température est accessible ; 3) différentes voies ont été suivies pour le développement du grade X100. Pour produire des tôles à tubes pour emploi à 0°C, la solution actuellement retenue est une faible teneur en carbone, associée à un niveau de carbone équivalent moyen. Le procédé connu sous le nom de HACCII est utilisé pour produire ces plaques. Des plaques d'épaisseur maximale 20 mm pour des tubes de diamètre maximal de 36" (-914 mm) ont été produites avec les propriétés requises ; 4) les développements futurs concernent l'extension du grade X100 à de plus fortes épaisseurs, à de plus gros diamètres, à des applications à plus basse température.

**L'extrusion-couchage de thermoplastiques sur les aciers pour emballage : une évolution technologique en marche** ..... 767  
F. Depez

Le monde des Aciers pour Emballage (APE) est à la veille d'une évolution importante. Après deux décennies d'amélioration permanente des revêtements organiques des emballages, principalement le vernissage, un procédé totalement nouveau dans le monde de l'acier est en train de se développer : l'extrusion-couchage. Cet article vous invite à découvrir les enjeux, le mode de fabrication et les évolutions de ces nouveaux emballages en acier qui feront prochainement partie de votre vie quotidienne.

**Situation actuelle et propriétés des aciers à très haute résistance pour l'industrie automobile japonaise** ..... 779  
K. Yamazaki

Des aciers UHS avec des résistances à la traction de 1 000 à 1 200 MPa ont été employés pour les pare-chocs et les renforts de porte depuis 15 ans au Japon. Récemment, on vient d'essayer de les appliquer à des pièces de renforcement telles que les montants

intérieurs. Leurs applications ont tendance à s'étendre. L'on décrit leurs propriétés de formabilité, de soudabilité et de résistance à la fatigue. La formabilité des aciers à très haute limite d'élasticité est différente de celle de l'acier doux, et elle est régie par l'allongement local ou par leur aptitude au relevage de collerette qui peut être évaluée par leur aptitude au pliage. L'allongement local est en corrélation négative avec l'allongement total. Quand la résistance excède 1 000 MPa, on a tendance à avoir une rupture différée. Cependant, si des mesures pour éviter la rupture différée sont prises, il n'y a aucun cas d'utilisation d'acier à très haute résistance (jusqu'à 1 500 MPa) ayant conduit à des problèmes.

**Comparaison de deux méthodes de mesure du module d'élasticité de tôles métalliques** ..... 787  
S. Konieczka, P. Kaszynski, E. Zani

Le module de Young des aciers (E) varie suivant leur composition chimique, les procédés d'élaboration, le sens de prélèvement dans une même tôle. Afin d'optimiser le choix de la nuance d'acier à utiliser pour la fabrication de pièces structurales, il est important de connaître sa valeur exacte. Il existe plusieurs façons de déterminer le module d'élasticité. La méthode utilisée au LEDEPP est fondée sur un essai de traction, mais la mise au point d'un système fondé sur la mesure de la fréquence de résonance doit nous permettre de bénéficier d'un meilleur temps de réponse. Le caractère non-destructif de cette méthode autorise l'exploitation simultanée de plusieurs axes de recherche comme l'étude de l'évolution de E avec la température ou la pré-déformation. Nous proposons ici de détailler les méthodes et les résultats obtenus à partir de ces deux systèmes lors d'essais croisés.

## ENGLISH

**Mathematical modelling of the plasma arc behaviour in the vacuum arc remelting process** ..... 683  
P. Chapelle, J.-P. Bellot, H. Duval, A. Jardy, D. Ablitzer

As part of a complete theoretical description of the behaviour of the electric arc in the vacuum arc remelting process, a model has been developed for the column of plasma generated by a single cluster of cathode microspots. The model aims in particular to calculate the distribution of thermal energy transferred by the plasma to the surface of the anodic melt pool. The theoretical approach combines a kinetic model, taking into account the formation of the plasma in the cathodic region, and a hydrodynamic model, describing the expansion of the plasma in the vacuum between the electrodes.

**Production of ultra high strength steels by turbulent water cooling equipment (TWICE)** ..... 697  
D. Bouquegneau, A. Fouarge, V. Lhoist, J. Crahay, P. Klinkenberg, P. Simon

A new industrial process allowing to reach very high cooling rates in the cooling section after soaking of a continuous annealing line for steel sheets is presented. This process constitutes the successful conclusion of a long term research programme, jointly carried out at CRM and Arcelor Cockerill-Sambre for three years, including laboratory experiments, pilot scale trials and several industrial campaigns. It is running on from developments performed in the framework of the HOWAQ (Hot Water Quench) process. The process successively combines a moderate cooling step (600°C/s for 0.8 mm thick strips), in boiling water, and a faster cooling step (above 700°C/s), by impinging turbulent cold water in a box. Its main

features are simplicity, resulting from advanced developments, soundness, flexibility and cooling homogeneity. As treated steel products are characterized by improved mechanical properties, outstanding surface quality (corrosion resistance) and exceptional flatness. The process is implemented industrially since the beginning of 2002.

**Operational results of roll gap lubrication at Eko Stahl's hot strip mill** ..... 707  
R.-P. Bösler, K.-P. Kahle, H.-W. Lamp, N. Naumann, R. Schrödter, R. Blees

Eko Stahl installed a roll gap lubrication system in stands F2-F4 of its HSM in 2001. The main objectives were energy saving, reduction of roll wear and vibration. The paper describes the equipment and its startup, the consequences of roll gap lubrication, looper angles and AGC, the cost saving results by energy saving and roll wear reduction. The influence on surface quality and environment is described as well as the ongoing optimization process.

**Hot-strip mill modernization at Shagang (China)** ..... 713  
L. Jian, J. Maierl, R. Pichler, O. Silbermann

After transfer to the P.R. of China and modernization in many respects of the installation of a former German steel plant, the Chinese steel producer Shagang will also be able in the future to make high quality flat products. Many important modernization projects are carried out by VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI, Austria). In the case of the hot strip mill, these projects concern in the first place the implementation of high standard technical solutions for rolling technology, automation and process optimization.

**The rolling of very high strength steels on the Sollac Lorraine HSM** ..... 729  
D. Petitjean, A. Puissant, D. Launet

In order to roll thin and wide material of very high strength grades on our low powered mill, a global optimization of the process has been done. Taking account of the finisher power limit and furnace maximum drop out temperature, improvements have been made on the thickness of the transfer bar regarding the load of the prefinishing stand, on the finisher speed schedule and preset, on the use of the cooling system and on work roll lubrication.

**New methods for product qualification and allocation at the exit of galvanizing and continuous annealing lines** ..... 735  
E. Hoogstoel

Mechanical properties models and the development of new control tools and methods induce radical changes in the activity of metallurgy quality technicians with regards to product qualification and allocation on the production lines. The conclusion of these projects enables the metallurgists to summarize on a work-friendly and interactive interface all the data required for qualifying the product with the greatest reliability in terms of surface finish, mechanical properties, product and process critical parameters, special instructions, and thus to take the best quality decision possible. The development of these skills leads to an important reduction in the number of off-line tests, and a faster product release, which improves lead times and limits the stock levels. Finally and above all, the warnings on product and process increase our reactivity on the whole production process and contribute to the improvement of our internal and customer quality results.

**Carburizing section of the continuous annealing furnace for BH steel strip production** ..... 741  
A. Hennion, J.-F. Noville, P. Simon, J. Crahay

The possibility to produce deep drawing quality – bake hardenable steel grades, by introducing carbon into the strip after its recrystallization, was shown few years ago at the laboratory scale. A closed reactive zone with high contents of CO and H<sub>2</sub> was implemented on the CRM's pilot line of continuous annealing and hot-dip galvanizing. The 0.7 mm-thick strip is carburized in less than 15 seconds with C pick-up between 10 and 70 ppm. Developments performed to isolate atmospheres could also benefit to other reactive treatments (nitriding, oxidation-reduction, etc.) aiming to improve the response of high strength steel grades to hot-dip galvanizing. The reactor design, process feasibility demonstration and product potentialities are presented.

**Rapid cooling in continuous annealing and galvanizing lines** ..... 751  
M. Renard, J.-B. Gouriet, Ph. Planquart, J. Van Beek, J.-M. Buchlin

The production of new steel grades – such as dual phase and TRIP steels – requires improvements to both process and equipment of continuous galvanizing lines. In particular, progress has to be obtained in cooling technology in order to get the desired mechanical properties. This paper presents a study of design parameters allowing the optimization of fast gas multi-jet cooling systems. The thermal study involves the application of infrared thermography and three-dimensional numerical simulations. Furthermore, a dynamic study is performed in order to reduce steel strip vibration.

**Production and progress work of plates for pipes with strength level of X80 and above** ..... 757  
V. Schwinn, P. Fluess, J. Bauer

The paper has compiled the actual status for grades X80 and X100 from a point of view of a plate manufacturer. An outlook for a possible extension of feasibility and further development is also given. It can be summarized : 1) plates for gas transporting pipes with strength level of grade X80 are nowadays available up to 25.4 mm and can be produced with the same reliability and reproducibility as lower grades ; 2) extension of grade X80 to higher plate thickness even in combination with very low design temperature is practicable ; 3) during development stages of grade X100 different approaches has been applied. The current preferred approach to produce plates for pipes with design temperature of 0°C makes use of a low carbon content in combination with a medium carbon equivalent. So called HACCII process is applied to produce these plates. Plates in thickness up to 20 mm for pipe diameter up to 36" (~914 mm) have been produced with adequate properties ; 4) further development is required and started to extent grade X100 to higher thickness, higher pipe diameter and lower design temperatures.

**Extrusion coating of thermoplastics on packaging steel : a technological evolution on the march** ..... 767  
P. Deprez

A major evolution is in sight in the area of packaging steel. After a period of twenty years of continuous improvement of organic coatings for packagings, mainly those applied by varnishing, a totally new process for the coating of steel is under development : extrusion coating. This paper explains the stakes, the fabrication method and the evolutions of these new steel packagings, which will soon be present in our daily life.

**Current situation and properties of ultra-high strength steel for automotive use in Japan** ..... 779  
K. Yamazaki

Ultra-high strength steels with a tensile strength of 1,000 MPa to 1,200 MPa have been used for bumper and door beam since 15 years in Japan. Recently, it has been tried to apply these steels to reinforcements such as B-pillars inner and so on. The application of these types of steel tends to spread. Their formability, weldability and fatigue properties are described. Formability of ultra-high strength steel is different from that of mild steel, and it is governed by local elongation or stretch flangeability that can be evaluated by bendability. Local elongation or stretch flangeability has a negative correlation with total elongation. When strength exceeds 1,000 MPa, delayed fracture tends to occur. However, when measures to avoid delayed fracture are taken, there are no application examples of ultra-high strength steel sheet with 1,500 MPa tensile strength restricted by the danger of delayed fracture.

**Comparison of two methods for the measurement of the modulus of elasticity of metallic sheets** ..... 787  
S. Konieczka, P. Kaszynski, E. Zani

The Young's modulus (E) of steels varies with their chemical composition, the manufacturing conditions of the products, the orientation of the test samples within a given sheet. The knowledge of its exact value is important for the optimum choice of the steel grade best suited for the production of structural parts. Several methods are available for the determination of the modulus of elasticity. At LEDEPP, a tension test method is used, but it is considered that a method based on the measurement of the resonance frequency should be advantageous. As it is a non-destructive method, various research directions can be explored, like the variation of E with orientation, temperature or prestrain. Both methods are described and their results compared.

**DEUTSCH**

**Zu einer mathematischen Modellierung des Verhaltens des Plasmas beim Prozess des Vakuumlichtbogenumschmelzens** ..... 683  
P. Chapelle, J.-P. Bellot, H. Duval, A. Jardy, D. Ablitzer.

Im Rahmen einer ersten Stufe zu einer vollständigen theoretischen Beschreibung des elektrischen Lichtbogens im VAR Prozess (Vakuumlichtbogenumschmelzen) wurde eine Modellierung der Plasma-Säule entwickelt. Zweck dieser Modellierung ist insbesondere die Verteilung der durch das Plasma auf die Oberfläche des flüssigen anodischen Bades übertragenen Energie zu berechnen. Der verfolgte Weg kombiniert zwei Modelle: das eine Modell, das Kinetische, betrifft die Bildung des Plasmas im Kathodenbereich und das andere Modell, das Hydrodynamische, beschreibt die Ausdehnung des Plasmas im Vakuum, im Raum zwischen den Elektroden.

**Herstellung ultrahochfester Stähle mittels einer Abkühlvorrichtung mit kontrollierter Turbulenz (TWICE)** ..... 697  
D. Bouquegneau, A. Fouarge, V. Lhoist, J. Crahay, P. Klinkenberg, P. Simon

Das vorgestellte industrielle Verfahren ermöglicht sehr hohe Abkühlungsgeschwindigkeiten im Abkühlungsabschnitt, nach dem Temperaturausgleichsabschnitt einer kontinuierlichen Glühstrecke

für Dünnbänder aus Stahl. Es stellt das Endergebnis eines Forschungsprogramms dar, das seit drei Jahren gemeinsam vom CRM und Arcelor Cockerill Sambre durchgeführt wurde und Laboruntersuchungen, Versuche im Pilotmaßstab sowie mehrere industrielle Kampagnen umfasste. Es bildet die Fortsetzung der Entwicklungen, die im Rahmen des HOWAQ-Verfahrens durchgeführt wurden. Das Verfahren kombiniert eine Stufe mässiger Abkühlung (600°C/s für Bleche von 0,8 mm Diche) in einem Bad mit kochendem Wasser mit einer Stufe beschleunigter Abkühlung (über 700°C/s), in einem Behälter mit bewegtem kaltem Wasser. Seine Trümpfe sind die Einfachheit (Ergebnis fortgeschrittener Entwicklungen), die Stabilität, die Flexibilität und Gleichmässigkeit der Abkühlung. Die so behandelten Bleche zeigen verbesserte mechanische Eigenschaften, einen aussergewöhnlichen Oberflächenzustand und eine ausgezeichnete Planheit. Dieser Prozess wird seit dem ersten Halbjahr 2000 industriell angewandt.

**Betriebsergebnisse der Schmierung im Warmwalzwerk von Eko Stahl** ..... 707  
R.-P. Bösler, K.-P. Kahle, H.-W. Lamp, N. Naumann, R. Schrödter, R. Brees

Im Jahr 2001 installierte Eko Stahl ein System zur Schmierung des Walzspaltes in den Gerüsten F2-F4 ihrer Warmstrasse. Die Hauptziele waren die Reduktion des Energieverbrauchs und die Verringerung des Walzenverschleisses und der Vibrationen. Der Bericht beschreibt die Ausrüstung und ihre Inbetriebnahme, die Konsequenz der Schmierung, die veränderten Bedingungen für die Orientierung der Spannrollen und die Arbeitsweise des AGC, sowie die Verringerung der Kosten, die sich aus der Energieeinsparung und der Reduktion des Walzenverschleisses ergeben. Der Wirkung auf die Qualität der Oberfläche und auf die Umgebung werden ebenso beschrieben, sowie die in Entwicklung stehende Prozessoptimierung.

**Die Modernisierung der Warmbreitbandstraße von Shagang (VR China)** ..... 713  
L. Jian, J. Maierl, R. Pichler, O. Silbermann

In einem in die VR China verlegten und in vielen Bereichen modernisierten ehemaligen deutschen Werk wird der chinesische Stahlerzeuger Shagang in Zukunft auch Flachprodukte hoher Qualität herstellen. Zahlreiche wichtige Modernisierungsmaßnahmen werden von VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI, Österreich) ausgeführt. Bei der Warmbreitbandstraße betreffen diese Maßnahmen in erster Linie die Implementierung von auf höchstem technischem Niveau stehenden Lösungspaketen für Walztechnologie, Automation und Prozessoptimierung.

**Entwicklung von höchstfesten Stählen im Warmwalzwerk der Sollac Lorraine** ..... 729  
D. Petitjean, A. Puissant, D. Launet

Um gute Ergebnisse beim Walzen der höchstfesten Sorten in breiten Formaten und kleinen Dicken mit unserer schwach motorisierten Strasse zu erzielen wurde eine Gesamtoptimierung durchgeführt. Zur Einhaltung der Beanspruchungen an der Leistungsgrenze der Fertigerüste, ohne die Temperaturbeanspruchungen am Ofenausstritt zu überschreiten, wurden die Walzschemata überprüft, um die thermischen Verluste soweit wie möglich zu begrenzen. Die Optimierung betrifft eine Erhöhung der Rohlingsdicke soweit es die Kapazität des ersten Fertigerüsts erlaubt, ein besonderes Geschwindigkeitsschema, die volle Ausnutzung des Kühlsystems und die Schmierung der Arbeitswalzen.

**Neue Methoden der Beurteilung und Prüfung bei der Zuteilung von Produkten am Ausgang der Verzinkungs- und kontinuierlichen Glühlinie ..... 735**  
E. Hoogstool.

Die Modellierung der mechanischen Eigenschaften und die Entwicklung neuer Geräte und Methoden der Kontrolle hat zu tiefgreifenden Veränderungen in der Tätigkeit der Techniker für Metallurgie- Qualität bei der Bewertung und Zuteilung der Erzeugnisse auf den Produktionsstrecken geführt. Das Endergebnis dieser Projekte ermöglicht so den Metallurgen alle erforderlichen Daten, mittels einer gebraucherfreundlichen und interaktiven MMS Interface zusammenzufügen, um ein Produkt mit grösster Zuverlässigkeit zu beurteilen : Oberflächenbeschaffenheit, mechanische Eigenschaften, kritische Kennwerte für das Produkt und den Prozess, besondere Anforderungen stehen zur Verfügung für eine optimale Entscheidungsfindung für die Beurteilung der Qualität des Produkts. Die Entwicklung dieser neuen Kompetenz hat eine starke Reduktion der Anzahl von Prüfungen ausserhalb der Linie zur Folge, sowie eine beschleunigtere Verfügung der Produkte, die es erlaubt Liefertermine zu verbessern und die Lagerhaltung zu begrenzen. Vor allem erhöhen die frühzeitigen Angaben über das Produkt und den Prozess die Reaktionsfähigkeit über den ganzen Herstellungsverlauf und tragen so zur Sicherung der Ergebnisse der eigenen Qualität und der der Kundschaft bei.

**Glühofen mit aufkohlendem Abschnitt für die Herstellung von Bändern aus « bake-hardening » Stahl ..... 741**  
A. Hennion, J.-F. Noville, P. Simon, J. Crahay

Die Möglichkeit der Herstellung hyper-tiefziehbarer Stähle mit «bake-hardening» Eigenschaften, durch die Einlagerung von Kohlenstoff in das Blech nach seiner Rekristallisation, wurde im Labormaßstab schon vor einigen Jahren nachgewiesen. Eine Reaktionszone mit beträchtlichen Gehalten an CO und H<sub>2</sub> wurde in der Pilotstrecke des CRM für das kontinuierliche Glühen und die Feuerverzinkung installiert. Die Bänder aus IF Stahl von 0,7 mm Dicke wurden in weniger als 15 s bei Kohlenstoffaufnahmen von 10 bis 70 ppm aufgekohlt. Die Entwicklungen, um die Gasatmosphären zu isolieren, können in gleicher Art andere reaktionsfähige Behandlungen (Nitrierung, Oxidation-Reduktion) begünstigen, mit dem Ziel einer Verbesserung der Eignung für die Feuerverzinkung hochfester Stähle. Das Konzept des Reaktionsgefässes, die Demonstration der Machbarkeit des Prozesses und das mögliche Potential der Produkte werden dargelegt.

**Schnelle Abkühlung in kontinuierlichen Glüh- und Verzinkungsstrecken ..... 751**  
M. Renard, J.-B. Gouriet, Ph. Planquart, J. Van Beek, J.-M. Buchlin

Die Herstellung neuer Stahlgüten – wie die hochfesten Stähle, Dualphasen-Stähle und TRIP Stähle – erfordert Verbesserungen der Prozesse und Ausrüstungen der Verzinkungsstrecken. Insbesondere sind Fortschritte bei der Technologie der Abkühlung notwendig um die gewünschten mechanischen Eigenschaften zu erzielen. Dieser Bericht legt eine Untersuchung der Parameter vor, die es erlauben, das System der schnellen Abkühlung durch Mehrfachgasstrahlen zu optimieren. Bei der thermischen Untersuchung werden die Infrarot Thermografie und die dreidimensionale numerische Simulation eingesetzt. Darüber hinaus wurde eine dynamische Untersuchung durchgeführt, um die Vibrationen des Blechs zu reduzieren.

**Herstellung und laufende Entwicklung von Blechen der Sorten X80 und höher für Rohre ..... 757**  
V. Schwinn, P. Fluess, J. Bauer

Der Bericht legt den Stand der Technik bei den Sorten X80 und X100, vom Gesichtspunkt eines Herstellers der Bleche, dar. Auf die Perspektiven weiterer Anwendungen und neuer Entwicklungen wird ebenfalls hingewiesen. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen: 1) Die Dicke von Blechen für Gasleitungen der Güte X80 kann zur Zeit maximal 25,4 mm erreichen, bei gleichem Niveau an Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit für den X80 wie bei den weniger hohen Güten ; 2) Die Erweiterung der Güte X80 auf Bleche grösserer Dicke, selbst für Anwendungen bei sehr tiefen Temperaturen, ist erreichbar ; 3) Verschiedene Wege wurden bei der Entwicklung der Güte X100 verfolgt. Bei der Herstellung von Blechen für Rohre und einer Anwendung bei 0°C ist die gegenwärtig verfolgte Lösung ein niedriger Kohlenstoffgehalt, in Verbindung mit einem mittleren Kohlenstoffäquivalent. Das unter dem Namen HACCII bekannte Verfahren wird angewandt, um solche Bleche herzustellen. Bleche bis maximal 20 mm Dicke für Rohre mit maximal 36" Durchmesser (bis 914 mm) werden mit den verlangten Eigenschaften hergestellt; 4) Die zukünftigen Entwicklungen betreffen die Erweiterung der Güte X100 auf grössere Dicken, grössere Durchmesser und Anwendungen bei tieferer Temperatur.

**Das Extrusions- Beschichten von thermoplastischen Kunststoffen auf Stählen für die Verpackung: Eine in Gang befindliche technologische Entwicklung ..... 767**  
F. Deprez

Die Welt der Stähle für Verpackungen (APE) steht kurz vor einer bedeutenden Entwicklung. Nach zwei Jahrzehnten der permanenten Verbesserung organischer Beschichtungen für Verpackungen, hauptsächlich des Lackierens, beginnt sich ein vollkommen neuer Prozess in der Welt des Stahls zu entwickeln : das Extrusions-Beschichten. Dieser Bericht lädt dazu ein den Einsatz aufzuzeigen, sowie die Art der Herstellung und die Weiterentwicklungen dieser neuen Verpackungen aus Stahl, die demnächst Teil ihres täglichen Lebens sein werden.

**Aktueller Stand und Eigenschaften hochfester Stähle für die japanische Automobilindustrie ..... 779**  
K. Yamazaki

Höchstfeste Stähle (UHS) mit Zugfestigkeiten von 1 000 bis 1 200 MPa werden für Stoßstangen und Türverstärkungen seit 15 Jahren in Japan eingesetzt. Vor kurzem wurde versucht sie für Verstärkungsteile, wie die inneren Verstrebungen, zu verwenden. UHS Stähle werden immer mehr für solche Anwendungen eingesetzt. Ihre Eigenschaften, die Verformbarkeit, die Schweissbarkeit und die Dauerfestigkeit werden beschrieben. Die Verformbarkeit der Stähle mit sehr hoher Streckgrenze ist von der der weichen Stähle verschieden, und sie wird durch die örtliche Dehnung oder durch ihre Abstreckbarkeit bestimmt, die durch ihre Biegefähigkeit ermittelt werden kann. Die lokale Dehnung steht in negativer Korrelation zu der Gesamtdehnung. Wenn die Festigkeit 1 000 MPa überschreitet, besteht die Tendenz zu einem verzögerten Bruch. Wenn Massnahmen zur Vermeidung dieser Bruchart ergriffen wurden, ist kein Fall bei der Verwendung von hochfestem Stahl (bis 1 500 MPa) bekannt, der zu Problemen geführt hätte.

<b>Vergleich von zwei Methoden zur Messung des Elastizitätsmoduls metallischer Bleche</b> .....	<b>787</b>
S. Konieczka, P. Kaszynski, E. Zani	

Der Young-Modul (E) von Stählen variiert entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung, den Herstellungsverfahren und der Richtung der Probenentnahme im gleichen Blech. Um die Wahl der Stahlsorte zu optimieren, die für die Herstellung von Strukturteilen zu verwenden ist, ist es wichtig seinen genauen Wert zu kennen. Es existieren mehrere Methoden zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls. Eine davon wertet Feindehnungsmessungen beim Zugversuch aus, aber die Entwicklung eines Systems, dass auf die Messung der Resonanzfrequenz beruht, scheint vorteilhafter. Diese Methode ist zerstörungsfrei und erlaubt den Einfluss von Orientierung in der Blechebene, Temperatur oder Vorverformung bequem zu untersuchen. Beide Methoden sind gründlich beschrieben und die Ergebnisse von Vergleichsprüfungen erörtert.

## ESPAÑOL

<b>Hacia una modelización matemática del comportamiento del plasma de arco en el procedimiento de refusión al arco bajo vacío</b> .....	<b>683</b>
P. Chapelle, J.-P. Bellot, H. Duval, A. Jardy, D. Ablitzer	

En el marco de una primera etapa hacia una descripción teórica completa del arco eléctrico en el procedimiento de refusión con el arco bajo vacío VAR, se desarrolla una modelización de la columna de plasma. El objeto de esta modelización es en particular calcular la distribución de energía transmitida por el plasma a la superficie del baño anódico líquido. La marcha seguida combina dos modelos : el uno, cinético, informando de la formación del plasma en la región catódica y el otro, hidrodinámico, describe la expansión del plasma en el vacío en el seno del espacio interelectrodo.

<b>Producción de aceros de ultra alta resistencia por un dispositivo de enfriamiento con turbulencia controlada (TWICE)</b> .....	<b>697</b>
D. Bouquegneau, A. Fouarge, V. Lhoist, J. Crahay, P. Klinkenberg, P. Simon	

El nuevo procedimiento industrial que se presenta alcanza velocidades de enfriamiento muy elevadas en la sección de enfriamiento después de mantenimiento de una línea de recocido en continuo de bandas delgadas de acero. Representa el resultado de un programa de investigación realizado conjuntamente por el CRM y Arcelor Cockerill-Sambre después de tres años, comprendiendo ensayos de laboratorio y a escala piloto así como varias campañas industriales. Constituye la prolongación de los desarrollos realizados en el marco del procedimiento HOWAQ. El procedimiento combina una etapa de enfriamiento moderado (600°C/s para chapas de 0,8 mm) en un baño de agua hirviendo, y una etapa de enfriamiento rápido (superior a 700°C/s), en un cajón de agua fría agitada. Sus ventajas son la simplicidad, fruto de desarrollos avanzados, la robustez, la flexibilidad y la homogeneidad de enfriamiento. Las chapas así tratadas presentan mejores propiedades mecánicas, un excepcional estado de superficie y una excelente planeidad. Este procedimiento se aplica industrialmente desde el primer semestre de 2002.

<b>Resultados operacionales de la lubricación en el laminador en caliente de Eko Stahl</b> .....	<b>707</b>
R.-P. Bösler, K.-P. Kahle, H.-W. Lamp, N. Naumann, R. Schrödter, R. Bleeß	

En 2001, Eko Stahl ha instalado un sistema de lubricación de las cajas F2-F4 de su tren en caliente. Los objetivos principales eran reducir el consumo de energía, disminuir el desgaste de los cilindros y las vibraciones. La exposición describe el equipo y su arranque, las consecuencias de la lubricación, los ángulos de los bucles y el AGC, la disminución de costos que resulta en razón de la economía de energía y de la reducción del desgaste de los cilindros. Se describe la influencia sobre la calidad de superficie y el medio ambiente así como la optimización durante el proceso.

<b>Modernización del tren de bandas de Shagang en China</b> .....	<b>713</b>
L. Jian, J. Maierl, R. Pichler, O. Silbermann	

El siderurgista chino Shagang, que es actualmente en China el mayor suministrador de productos largos, ha decidido ampliar sus actividades a los productos planos. Con este fin, la sociedad ha comprado los equipos de una fábrica siderúrgica integral alemana, que serán desmontados y remontados en China. En el centro de este proyecto de ampliación, está la modernización del tren de bandas. Este laminador en caliente va a estar provisto por VAI de los sistemas técnicos, automatismos y soluciones de automatización las más modernas.

<b>Desarrollo de los aceros THR sobre el laminador en caliente de Sollac Lorraine</b> .....	<b>729</b>
D. Petitjean, A. Puissant, D. Launet	

Para conseguir el laminado de formatos anchos a espesores finos en la clase TER sobre nuestro tren de pequeña motorización, se ha realizado una optimización global. Para respetar las tensiones límite de potencia de acabado sin sobrepasar las tensiones de temperatura de deshornamiento, los esquemas de laminado han sido revisados para limitar al máximo las pérdidas térmicas. La optimización ha conducido al aumento del espesor de los desbastes hasta los límites de la caja de preacabado, sobre un esquema de velocidad particular, en la utilización del sistema de enfriamiento y en la lubricación de los sistemas de trabajo.

<b>Nuevos métodos de cualificación y de control de afectación de los productos a la salida de la línea de galvanización y recocido continuo</b> .....	<b>735</b>
E. Hoogstoel	

La modernización de las características mecánicas y el desarrollo de nuevos útiles y métodos de control traen profundas mutaciones en la actividad de los técnicos de metalurgia-calidad para la cualificación y la afectación de los productos en las líneas de producción. El resultado de estos proyectos permite a los metalurgistas colocados sintetizar sobre una interfase convivial e interactiva todos los datos necesarios para cualificar con la mayor fiabilidad un producto : aspecto superficial, propiedades mecánicas, características críticas para el producto y el proceso, consignas particulares, y permitir así una toma de decisión óptima para evaluar la calidad del producto. Este desarrollo de competencias mencionadas tiene como consecuencia una fuerte reducción de los ensayos de caracterización fuera de la línea, una puesta a disposición acelerada de los productos para mejorar los retrasos y limitar los stocks. Finalmente y sobretodo, las alertas sobre el producto y el proceso aumentan nuestra reactividad sobre el conjunto de la hilera de fabricación y contribuyen así a consolidar nuestros resultados de calidad interna y en clientela.

**Horno de recocido con sección carburante para la producción de bandas de acero con « bakehardening » ..... 741**  
A. Hennion, J.-F. Noville, P. Simon, J. Crahay

La posibilidad de producir aceros hiper-embutisables con propiedades de « bakehardening », por introducción de carbono en la chapa después de su recristalización, ha sido demostrado a escala de laboratorio hace ya algunos años. Una zona de reacción conteniendo importantes contenidos en CO y H<sub>2</sub> ha sido instalado en la línea piloto de recocido continuo y de galvanización por inmersión del CRM. Las bandas de acero IF de 0,7 mm de espesor son carburadas en menos de 15 s con tomas de carbono de 10 a 70 ppm. Los desarrollos realizados para aislar las atmósferas gaseosas pueden igualmente beneficiar a otros tratamientos reactivos (nitruración, oxidación-reducción, ...) con vistas a mejorar la aptitud a la galvanización por inmersión de los aceros de alta resistencia. Se presentan la concepción del reactor, la demostración de la factibilidad del procedimiento y las potencialidades de los productos.

**Enfriamiento rápido en las líneas de recocido continuo y de galvanización ..... 751**  
M. Renard, J.-B. Gouriet, Ph. Planquart, J. Van Beek, J.-M. Buchlin

La producción de nuevas calidades de acero – tales como los aceros de muy alta resistencia, fase dual y aceros TRIP – requieren mejoras de los procedimientos y equipamientos de las líneas de galvanización. En particular, se requieren progresos en la tecnología de enfriamiento con el fin de obtener las propiedades mecánicas deseadas. Este trabajo presenta un estudio de los parámetros que permiten optimizar el sistema de enfriamiento rápido por chorros múltiples de gas. El estudio térmico pone en juego la termografía infra-roja y la simulación numérica tridimensional. Por otro lado, se realiza un estudio dinámico con el fin de reducir las vibraciones de la chapa.

**Producción y evoluciones en curso para las chapas para tubos de grados X80 y más elevados ..... 757**  
V. Schwinn, P. Fluess, J. Bauer

El artículo presenta el estado del arte para los grados X80 y X100, desde el punto de vista de un productor de placas. Las perspectivas de ampliación de las posibilidades y de nuevos desarrollos son indicados también. Pueden resumirse como sigue : 1) espesor de las placas para gaseoductos de grado X80 puede ahora alcanzar un valor máximo de 25,4 mm, con el mismo nivel de fiabilidad y de reproducibilidad para el X80 que los grados menos elevados ; 2) la extensión del grado X80 a las placas de mayor espesor, aún para aplicaciones a muy baja temperatura es accesible ; 3) diferentes vías han sido seguidas para el desarrollo del grado X100. Para producir las chapas para tubos para empleo a 0°C, la solución actualmente retenida es un débil contenido en carbono, asociado a un nivel de carbono equivalente medio. El procedimiento conocido bajo el nombre de HACCI se utiliza para producir estas placas. Las placas de espesor máximo de 20 mm para los tubos de diámetro máximo de 36" (~ 914 mm) se han producido con las propiedades requeridas ; 4) los desarrollos futuros relativos a la extensión del grado X100 a mayores espesores, a mayores diámetros y aplicaciones a más baja temperatura.

**La extrusión-revestimiento de termoplásticos sobre los aceros para embalaje : una evolución tecnológica en marcha ..... 767**  
F. Depez

El mundo de los Aceros para Embalaje (APE) se encuentra en una evolución importante. Después de dos decenios de mejoras permanentes de los revestimientos orgánicos de los embalajes, principalmente el barnizado, un procedimiento totalmente nuevo en el mundo del acero está en tren de desarrollarse : la extrusión-revestimiento. Este artículo les invita a descubrir su utilización, procedimientos de fabricación y las evoluciones de estos nuevos embalajes de acero que próximamente serán parte de vuestra vida cotidiana.

**Situación actual y propiedades de los aceros de muy alta resistencia para la industria del automóvil japonesa ..... 779**  
K. Yamazaki

Los aceros UHS con resistencias a la tracción de 1 000 a 1 200 MPa han sido utilizados para parachoques y los refuerzos de puertas han sido utilizados en Japón desde hace 15 años. Recientemente, se viene de ensayar de aplicarlos a piezas de refuerzo tales como los montantes interiores. Sus aplicaciones tienen tendencia a ampliarse. Se describen sus propiedades de conformabilidad, soldabilidad y de resistencia a la fatiga. La conformabilidad de los aceros a muy alto límite de elasticidad es diferente de los aceros dulces, y está regido por el alargamiento local o por su aptitud a la embutición que puede ser evaluada por su aptitud al plegado. El alargamiento local está en correlación negativa con el alargamiento total. Cuando la resistencia excede 1 000 MPa, hay tendencia a tener una ruptura diferida. Sin embargo, se toman las medidas para evitar la ruptura diferida, no hay ningún caso de utilización de acero a muy alta resistencia (hasta 1 500 MPa) que haya generado problemas.

**Comparación de dos métodos de medida del módulo de elasticidad de chapas metálicas ..... 787**  
S. Konieczka, P. Kaszynski, E. Zani

El módulo de Young de los aceros (E) varía según su composición química, los procedimientos de elaboración, el sentido de la toma de muestras en una misma chapa. Con el fin de optimizar la elección de la clase de acero a utilizar para la fabricación de piezas estructurales, es importante conocer su valor exacto. Existen varias formas de determinar el módulo de elasticidad. El procedimiento utilizado en el LEDEPP se funda en un ensayo de tracción, pero la puesta a punto de un sistema basado en la medida de la frecuencia de resonancia nos debe permitir beneficiarnos de un mejor tiempo de respuesta. El carácter no destructivo de este método autoriza la utilización simultánea de varios ejes de investigación como el estudio de la evolución de E con la temperatura y la pre-deformación. Se propone aquí detallar los métodos y los resultados obtenidos a partir de estos dos sistemas a partir de ensayos cruzados.