

FRANÇAIS

**Optimisation des mélanges de charbon dans les cokeries d'Arcelor** ..... 487  
S. Deplechin, P. Pernot

Différents mélanges de charbons sont préparés dans les cokeries d'Arcelor, avec différentes teneurs en charbons LV, MV, HV ou en charbons non cokéfiant. Une étude comparative complète des mélanges de charbons des cokeries d'Arcelor a été réalisée avec deux approches successives : la caractérisation des mélanges en laboratoire ; des essais de cokéfaction dans le four du CPM de 400 kg à panaches mobiles. Une sélection rigoureuse des charbons en termes de cendres permet de garder un niveau de CSR satisfaisant. Les éléments non fusibles diminuent la pression en cours de cokéfaction mais ils diminuent aussi les indices I40 et I10, ce qui limite leur teneur à un maximum de 10 %. Ces éléments détériorent également le CSR. Les essais industriels confirment l'effet de l'addition de charbon LV non cokéfiant. On observe une réduction de l'effort de défournement, une augmentation de la température des émissions et une détérioration de la qualité du coke.

**Solutions pour le maintien de la capacité de production de batteries de fours à coke** ..... 495  
M. Reinke, R. Worberg

Outre la construction de nouvelles batteries, il existe d'autres options susceptibles de maintenir et d'augmenter la capacité de production d'une cokerie. Il convient de tenir compte des exigences économiques et environnementales qui peuvent conduire à des solutions très simples telles que la remise à température de vieilles batteries refroidies, des réparations partielles à chaud, des réparations de piédroits et des reconstructions sur la dalle de béton. Dans la plupart des cas, des modernisations peuvent être effectuées au niveau des systèmes d'ancrage, des conditions de chauffage et de la réduction des émissions caractéristiques.

**Contrôle des émissions de polluants et de la consommation thermique à la cokerie de CST** ..... 503  
J.-M. Clemente, C.-H. Sampaio d'Andréa, O.-J. da Silva,  
O. Brandenberger Valente, M. Liévana, G. Rabelo de Faria

Pour anticiper les demandes en termes d'énergie et d'environnement, un suivi des batteries de four à coke a été fait pour identifier les causes probables de production de polluants et de pertes thermiques. Les résultats du suivi des gaz consommés et produits dans les fours à coke ont mené à un changement des pratiques opérationnelles traditionnelles, visant à réduire les émissions dans l'air et la consommation d'énergie des fours à coke.

**Évolution du contrôle des émissions à la cheminée de l'agglomération de CST** ..... 509  
A.-M. Ferreira, E.-L. M. Harano, H.-L. Oliveira, M.-A. Medeiros,  
G.-C. Abreu, M.-W. M. Andrade, I. Soella

CST a parmi ses priorités le développement durable, ce qui engage l'agglomération à réduire ses émissions atmosphériques en menant les actions qui assurent l'amélioration continue du process et le

développement d'équipements liés au contrôle environnemental et aussi aux matières premières consommées. Les auteurs présentent toute l'évolution en matière de contrôle environnemental à l'agglomération, vis-à-vis des poussières et des émissions de SO<sub>2</sub>, et aussi la visibilité du panache de la cheminée.

**Réfection et agrandissement du haut-fourneau n° 4 de Rogesa en 2003** ..... 517  
W. Hartig, F. Reufer, R. Beermann

L'augmentation de la demande de fonte a nécessité d'avancer la réfection du haut-fourneau n° 4 de Rogesa. Simultanément, le haut-fourneau a été agrandi pour atteindre une capacité de production journalière de 6 400 t. Les travaux ont été réalisés par un consortium Paul Wurth - SMS Demag avec plusieurs sociétés de sous-traitance. Le travail a été si efficace que le planning initial a pu être réduit de 99 à 90 jours. Au maximum, il y a eu plus de 600 personnes travaillant sur le chantier, et surtout sans accident. Le budget total s'est élevé à 60 M€ pour le fourneau lui-même et à 20 M€ pour l'installation de granulation du laitier.

**La modernisation des laminoirs à chaud - Aspects essentiels et exemples de réalisation** ..... 525  
J. Maierl, G. Djumlija

La modernisation d'un train de laminage à chaud pour larges bandes en vue de réduire les coûts de production et de répondre aux exigences croissantes du marché représente un coût d'investissement inférieur à celui de la construction d'un nouveau train. Cette solution nécessite cependant la prise en compte d'un ensemble de problèmes complexes. Les auteurs présentent à l'aide d'exemples les approches utilisées par VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI) et les résultats auxquels elles ont conduit.

**Approche globale du chatter au tandem à froid de Mardyck et analyse des interactions mécaniques** ..... 535  
B. Petit, D. Decrequy, A. Jakubowski, F. Bertolini,  
J. Perret, S. Gouttebroze

Le chatter type 3<sup>e</sup> octave en laminage à froid est un sujet de préoccupation constant pour les sites industriels amenés à réaliser des produits à tolérances très serrées, tels que les aciers pour emballage par exemple. Dans ce contexte, une approche expérimentale et théorique, menée conjointement par Arcelor et VAI, a permis de dégager des analyses précises et des résultats innovants dans les domaines suivants : instrumentation on-line complète du tandem à froid et mise en œuvre de traitements du signal performants ; distinction précise entre brummer (mode non divergent) et chatter (mode divergent) ; modélisation (analytique et E.F.) des interactions chatter / technologie tandem ; monitoring avancé pour le chatter et application industrielle.

**Étude expérimentale et modélisation des microstructures des revêtements Zn-Al-Mg** ..... 543  
E. De Bruycker, B.-C. De Cooman, M. De Meyer

La résistance élevée à la corrosion apportée par les revêtements en alliage Zn + 5%Al peut être encore améliorée par de faibles additions de Mg dans le bain de galvanisation. L'effet des additions

de Mg sur la microstructure et sur les propriétés des revêtements a été étudié. La formation des microstructures des eutectiques a été modélisée par une approche thermodynamique. Des résultats expérimentaux concernant l'effet du Mg sur la ductilité et sur la résistance à la corrosion des revêtements sont également présentés.

**Les spectroscopies d'électrons dans la sidérurgie ou de l'outil d'investigation à l'outil de production ..... 551**  
**M.-J. Cornu**

Les techniques XPS et Auger sont fréquemment utilisées dans la sidérurgie pour des domaines d'activité très différents qui peuvent être classés en trois grands thèmes : la défectologie et l'expertise, la recherche et le développement des produits et des procédés, l'étude des mécanismes métallurgiques. Dans ces domaines d'activité, les résultats fournis à nos clients s'intègrent dans une démarche « Assurance Qualité - Certification ». Celle-ci repose sur les dispositions prises par le secteur de la Recherche du Groupe Arcelor pour leur donner confiance dans notre capacité à prévenir toute erreur de mesure. Les exemples présentés visent à montrer comment les analyses XPS et Auger d'échantillons de petites tailles sur lesquels sont étudiés des phénomènes à l'échelle du nanomètre peuvent venir au secours des lignes de production ou optimiser leur fonctionnement.

**ENGLISH**

**Coal blending optimization in Arcelor coke plants ..... 487**  
**S. Deplechin, P. Pernot**

Basically different blends are prepared in the Arcelor coke plants that incorporate coals of various ranks, LV, MV, HV, non-coking coals. A comprehensive comparison of these coal blends, within the Arcelor coke plants, has been performed using two successive approaches : characterization of each blend at laboratory scale ; coking tests performed in the CPM 400 kg Movable Wall Oven. CSR can be maintained to very satisfying values if coals entering in the blend composition are strictly selected as regards factors like rank and ashes composition. Non-fusible components decrease the coking pressure, impair the mechanical indices and the CSR. This limits their incorporation below 10 %. Industrial results confirm the effect of the addition of LV non-coking coals : the pushing forces are reduced, the flue temperatures must be increased to keep the stability of the cokemaking parameters and the coke quality is decreased.

**Options for maintaining the production capacity of coke oven plants ..... 495**  
**M. Reinke, R. Worberg**

Apart from installation of new batteries, there exist other options for keeping respectively increasing the production capacity of a coke plant. Economic and environmental requirements have to be taken into consideration leading to very simple solutions such as heating up of old batteries which have been cooled down followed by partial hot repairs, through-wall repairs and pas up rebuilds. Modernizations with regard to anchoring systems, heating conditions and reduction of typical emissions may be implemented in most cases.

**Control of pollutants emissions and heat consumption of the CST's coke ovens ..... 503**  
**J.-M. Clemente, C.-H. Sampaio d'Andréa, O.-J. da Silva, O. Brandenberger Valente, M. Liévana, G. Rabelo de Faria**

To precede the energy and environmental demands, a follow-up of the coke oven batteries was made, to identify the probable causes of pollutants generation and thermal losses. The results of the follow-up of the in/out gases of the coke ovens led to a change of the traditional operational practices, aiming at reducing the air emissions and the energy consumption of the coke ovens.

**Emissions control evolution at the CST's sinter machine stack ..... 509**  
**A.-M. Ferreira, E.-L. M. Harano, H.-L. Oliveira, M.-A. Medeiros, G.-C. Abreu, M.-W. M. Andrade, I. Soella**

CST has among its priorities the sustainable development and based on it the sinter plant unit has a commitment to reduce the atmospheric emissions, by developing actions that assure the continuous improvement on process and the development of equipment linked with environmental control, and also with raw materials consumed in the process. This paper aims at showing all evolutions on the environmental control at the sinter plant, with reference to dust and SO<sub>2</sub> emissions, and also the visibility of the plume stack.

**Relining and enlargement of Rogesa No. 4 blast furnace in 2003 ..... 517**  
**W. Hartig, F. Reufer, R. Beermann**

The increase of the demand for hot metal made it necessary to anticipate the relining of Rogesa No. 4 blast furnace. At the same time, the furnace has been enlarged in order to reach a daily capacity of 6,400 t. The work has been carried out under a consortium of Paul Wurth and SMS Demag with many subcontracting companies. The performances on the site have been very successful so that the original schedule could be reduced from 99 to 90 days. At maximum there have been more than 600 people working on the site and above all without any accident. The total budget amounted to 60 M€ for the furnace itself and to 20 M€ for the slag granulation system.

**Aspects and examples of hot-strip-mill modernization ..... 525**  
**J. Maiertl, G. Djumlija**

The modernization of a wide-strip hot-rolling mill with the double objective of reducing production costs and satisfying the increasing demands of the market represents a lower investment than the construction of a new mill, but is connected with the consideration of highly complex aspects. The authors present three projects showing the approach used by VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI) and the results obtained.

**Global approach of 3rd octave chatter vibrations at Arcelor Mardyck cold rolling mill and analysis of technological interactions ..... 535**  
**B. Petit, D. Decrequy, A. Jakubowski, F. Bertolini, J. Perret, S. Gouttebroze**

The 3rd octave chatter in cold rolling mills is a major issue for the industrial production of thin sheets with very tight tolerances, like packaging steels for instance. In this context, an experimental and theoretical approach, completed in partnership by Arcelor and VAI, afforded a precise analysis and innovative results, in the following fields : global on-line tandem mill instrumentation and efficient signal treatments implementation ; clear differentiation between brummer

(non divergent mode) and chatter (divergent mode) ; modelling of interactions between chatter and technology (analytical and F.E. approaches) ; advanced chatter monitoring and industrial implementation.

**Experimental study and microstructure simulation of Zn-Al-Mg coatings** ..... 543  
E. De Bruycker, B.-C. De Cooman, M. De Meyer

The high corrosion resistance afforded by Zn + 5wt.%Al coatings is further improved by low level additions of Mg in the galvanizing bath. The effect of Mg additions on the microstructure and on the properties of the coatings has been investigated. Phase field modelling was used to simulate the influence of Mg on the eutectic microstructure. Experimental results on the effect of Mg on the ductility and on the corrosion resistance of the coating are also reported.

**The electron spectroscopies in the steel industry or from investigation to production** ..... 551  
M.-J. Cornu

XPS and Auger spectroscopies are often used in several fields of activity of the steel industry that may be sorted into three items : defectology and expertise, research and development on products and process, study of metallurgical mechanisms. In these fields of activity the results, that we provide our customers with, are obtained within the frame of a "Quality insurance – Certification" approach. This approach is based on the appropriate measures taken by Arcelor Research to give customers every confidence that any error of measurement will be prevented. The few examples in this paper demonstrate how XPS and Auger analysis, performed on samples of small size to study phenomena at a nanometer scale, can be a great help to the industrial line management.

**DEUTSCH**

**Optimierung der Kohlemischungen in den Kokereien von Arcelor** ..... 487  
S. Deplechin, P. Pernot

In den Kokereien von Arcelor werden verschiedene Kohle-Mischungen, mit verschiedenen Anteilen von LV-, MV-, HV-Kohlen oder nicht verkokbaren Kohlen, aufbereitet. Eine Vergleichsuntersuchung aller Kohlemischungen der Kokereien von Arcelor wurde durchgeführt, mit zwei aufeinanderfolgenden Näherungen : Die Beschreibung der Mischungen im Labor ; Verkokungsversuche im CPM-Ofen von 400 kg mit beweglichen Wänden. Eine strenge Auswahl von Kohlen bezüglich ihrer Aschen erlaubt ein ausreichendes CSR Niveau einzuhalten. Die nicht schmelzbaren Elemente verringern den Druck während der Verkokung aber sie vermindern auch I40 und I10 Zahlen, was ihren Gehalt auf maximal 10 % begrenzt. Diese Elemente verschlechtern ebenso die CSR. Industrielle Versuche bestätigen die Wirkung des Zusatzes nicht verkokbarer LV- Kohle. Es wird eine Reduktion der Ausdrückkraft, eine Erhöhung der Emissionstemperaturen und eine Verschlechterung der Koksqualität beobachtet.

**Lösungen für die Aufrechterhaltung der Produktionskapazität von Koksofenbatterien** ..... 495  
M. Reinke, R. Worberg

Ausser dem Bau neuer Batterien gibt es andere Massnahmen, die geeignet sind die Produktionskapazität einer Kokerei zu halten und zu erhöhen. Dabei sind wirtschaftliche und Umwelt- Erfordernisse

zu berücksichtigen, die zu sehr einfachen Lösungen führen können, wie das Wiederaufheizen alter abgekühlter Batterien, Teilreparaturen unter Hitze, Reparaturen der Pfeiler und die Rekonstruktion auf den bestehenden Betonplatten. In der Mehrzahl der Fälle können Modernisierungen im Bereich der Verankerungssysteme, der Beheizungsbedingungen und der Reduktion typischer Emissionen durchgeführt werden.

**Überwachung der Emissionen von Schmutzstoffen und des Wärmeverbrauchs der Kokerei von CST** ..... 503  
J.-M. Clemente, C.-H. Sampaio d'Andréa, O.-J. da Silva,  
O. Brandenberger Valente, M. Liévana, G. Rabelo de Faria

Um den Anforderungen hinsichtlich Energie und Umwelt zuvorzukommen, wurde eine Überwachung der Koksofenbatterien vorgenommen, um die möglichen Ursachen für das Entstehen von Verunreinigungen und Wärmeverlusten zu erkennen. Die Ergebnisse der Überwachung der in den Koksöfen verbrauchten und erzeugten Gase haben zu einer Veränderung der traditionellen Betriebsführung geführt, mit dem Ziel die Emissionen in die Luft und den Energieverbrauch der Koksöfen zu senken.

**Entwicklung der Emissionsüberwachung am Rauchabzug der Sinteranlage von CST** ..... 509  
A.-M. Ferreira, E.-L. M. Harano, H.-L. Oliveira, M.-A. Medeiros,  
G.-C. Abreu, M.-W. M. Andrade, I. Soella

CST zählt zu seinen Prioritäten die nachhaltige Entwicklung, was die Sinteranlage dazu verpflichtet ihre Emissionen in die Atmosphäre zu reduzieren, indem Aktivitäten durchgeführt werden, die die kontinuierliche Verbesserung des Prozesses und die Entwicklung der Vorrichtungen, die mit der Umweltüberwachung und auch den verbrauchten Grundstoffen zusammenhängen, gewährleisten. Die Verfasser stellen die gesamte Entwicklung der Umweltüberwachung der Sinteranlage dar, was die Stäube und SO<sub>2</sub>-Emissionen und auch die sichtbare Rauchfahne des Kamins betrifft.

**Wiederinstandsetzung und Vergrößerung des Hochofens Nr. 4 der Rogesa im Jahr 2003** ..... 517  
W. Hartig, F. Reufer, R. Beermann

Die zunehmende Nachfrage nach Roheisen erforderte die Wiederinstandstellung des Hochofens Nr. 4 der Rogesa vorzuzulegen. Gleichzeitig wurde der Hochofen vergrössert um eine Produktionskapazität von täglich 6.400 t zu erreichen. Die Arbeiten wurden durch ein Konsortium, Paul Wurth – SMS Demag mit mehreren Untergesellschaften ausgeführt. Die Arbeit verlief so wirkungsvoll, dass die anfängliche Planung von 99 auf 90 Tage reduziert werden konnte. Maximal arbeiteten über 600 Personen auf der Baustelle und das ohne Unfall. Das Gesamtbudget belief sich auf 60 M€ für den Hochofen selbst und 20 M€ für die Granulationsanlage der Schlacke.

**Die Modernisierung von Warmbreitbandstraßen – wesentliche Aspekte und Ausführungsbeispiele** ..... 525  
J. Maierl, G. Djumlija

Die Modernisierung einer Warm-Breitbandstraße mit dem zweifachen Ziel der Senkung der Produktionskosten und der Erfüllung der steigenden Ansprüche des Markts ist mit einem geringeren Investitionsaufwand verbunden als ein Neubau, bringt jedoch hoch komplexe Aufgabenstellungen mit sich. Die Autoren präsentieren beispielhaft drei von VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI) realisierte Ansätze und deren Ergebnisse.

**Globale Näherung für das Rattern (Chatter) beim Kaltwalz-Tandem von Mardyk und Untersuchung der mechanischen Wechselwirkungen ..... 535**

B. Petit, D. Decrey, A. Jakubowski, F. Bertolini,  
J. Perret, S. Gouttebroze

Das Rattern der Tonart 3.Oktave beim Kaltwalzen ist in Industriebereichen, wo Erzeugnisse mit sehr engen Toleranzen hergestellt werden, z.B. Stähle für Verpackungen, Gegenstand ständiger Sorge. In diesem Zusammenhang ermöglichte eine gemeinsam von Arcelor und VAI durchgeführte experimentelle und theoretische Untersuchung genaue Analysen und innovative Ergebnisse auf folgenden Gebieten vorzulegen : Vollständige on-line Instrumentierung des Kaltwalz-Tandems und Einsatz einer leistungsfähigen Signalverarbeitung ; präzise Unterscheidung zwischen Brummern (nicht divergenter Modus) und Rattern (divergenter Modus) ; Modellierung (analytisch und F.E.) der Wechselwirkungen zwischen Geratter und Tandem-Technologie ; fortgeschrittenes Monitoring für das Rattern und industrielle Anwendung.

**Experimentelle Untersuchung und Modellierung der Gefüge von Zn-Al-Mg-Beschichtungen ..... 543**

E. De Bruycker, B.-C. De Cooman, M. De Meyer

Die hohe Korrosionsfestigkeit durch Beschichtungen aus Legierungen mit Zn+5%Al kann durch geringe Zusätze von Mg im Verzinkungsbad noch verbessert werden. Die Wirkung der Mg-Zusätze auf das Gefüge und auf die Eigenschaften der Beschichtungen wurde untersucht. Die Bildung der Mikrogefüge der Eutektika wurde mittels einer thermodynamischen Näherung modelliert. Die experimentellen Ergebnisse, die die Wirkung des Magnesiums auf die Verformbarkeit und die Korrosionsfestigkeit der Beschichtungen betreffen, werden ebenfalls dargelegt.

**Die Elektronen-Spektroskopien in der Eisenhüttenindustrie oder vom Forschungswerkzeug zum Produktionswerkzeug ..... 551**

M.-J. Cornu

Die XPS- und Auger-Verfahren werden in der Eisenhüttenindustrie häufig in sehr verschiedenen Tätigkeitsbereichen angewandt, die in drei grosse Themengruppen eingeteilt werden können : Die Fehlstellenkunde und fachmännische Beurteilung, die Forschung und Entwicklung von Produkten und Verfahren, die Untersuchung metallurgischer Vorgänge. In diesen Tätigkeitsbereichen sind die unseren Kunden weitergegebenen Ergebnisse Gegenstand einer Behandlung gemäss eines « Qualitätssicherung – Zertifikation » Handbuchs. Dieses beruht auf den Verfügungen des Sektors Forschung der Arcelor Gruppe, um den Kunden Vertrauen in unsere Befähigung zu geben Fehlern und Irrtümern vorzubeugen. Die dargelegten Beispiele sollen zeigen, wie die XPS- und Auger- Analysen an Proben kleiner Abmessungen, an denen die Erscheinungen im Nanometer- Bereich untersucht werden, den Produktionslinien helfen oder ihre Betriebsweise optimieren können.

## ESPAÑOL

**Optimización de las mezclas de carbon en las coquerías de Arcelor ..... 487**

S. Deplechin, P. Pernot

Diferentes mezclas de carbones son preparadas en las coquerías de Arcelor, con diferentes contenidos en carbones LV, MV, HV o en

carbones no coquerizables. Un estudio comparativo completo de las mezclas de carbones de las coquerías de Arcelor se ha realizado con dos aproximaciones sucesivas : la caracterización de las mezclas en el laboratorio ; los ensayos de coquización en el horno del CPM de 400 kg con capas de ladrillos móviles. Una selección rigurosa de los carbones en término de cenizas permite guardar un nivel satisfactorio de CSR. Los elementos no fusibles disminuyen la presión pendiente la coquización pero disminuyen también índices I40 y I10, limitando su contenido a un máximo de 10 %. Estos elementos deterioran igualmente el CSR. Las pruebas industriales confirman el efecto de la adición de carbon LV no coquerizable. Se observa una reducción del esfuerzo de deshormiento, un aumento de la temperatura de las emisiones y una deterioración de la calidad del coque.

**Soluciones para el mantenimiento de la capacidad de producción de las baterías de los hornos de coque ..... 495**

M. Reinke, R. Worberg

Además de la construcción de nuevas baterías, existen otras opciones susceptibles de mantener y de aumentar la capacidad de producción de una coquería. Conviene tener en cuenta las exigencias económicas y medio ambientales que pueden conducir a soluciones muy simples tales como retornar a la temperatura de las viejas baterías refrigeradas, las reparaciones parciales en caliente, las reparaciones de pilares y las reconstrucciones sobre la losa de hormigón. En la mayor parte de los casos, las modernizaciones pueden ser efectuadas al nivel de los sistemas de anclaje, las condiciones de calentamiento y de la reducción de las emisiones características.

**Control de las emisiones contaminantes y del consumo termico en la coquería de CST ..... 503**

J.-M. Clemente, C.-H. Sampaio d'Andréa, O.-J. da Silva,  
O. Brandenberger Valente, M. Liévana, G. Rabelo de Faria

Para prevenir las demandas en términos de energía y medio ambiente, se ha hecho un seguimiento de las baterías del horno de coque para identificar las probables causas de producción de contaminantes y pérdidas térmicas. Los resultados del seguimiento de los gases consumidos y producidos en los hornos de coque han conducido a un cambio de las prácticas operacionales tradicionales, enfocadas a reducir las emisiones en el aire y al consumo de energía de los hornos de coque.

**Evolución del control de las emisiones en la chimenea de aglomeración de CST ..... 509**

A.-M. Ferreira, E.-L. M. Harano, H.-L. Oliveira, M.-A. Medeiros,  
G.-C. Abreu, M.-W. M. Andrade, I. Soella

CST tiene entre sus prioridades el desarrollo durable, lo que coloca a la aglomeración a reducir sus emisiones atmosféricas dirigiendo las acciones que aseguran la mejora continua del proceso y el desarrollo de equipos ligados al control medio ambiental y también a las materias primarias consumidas. Los autores presentan toda la evolución en materia de control medio ambiental en aglomeración, respecto de los polvos y las emisiones de SO<sub>2</sub> y también la visibilidad de la antorcha de la chimenea.

**Reconstrucción y ampliación del alto-horno n° 4 de Rogesa en 2003 ..... 517**

W. Hartig, F. Reufer, R. Beermann

El aumento de la demanda de fundición ha necesitado adelantar la reconstrucción del alto-horno n° 4 de Rogesa. Simultáneamente, el alto-horno ha sido ampliado para alcanzar una capacidad de

producción diaria de 6 400 t. Los trabajos han sido realizados por un consorcio Paul Wurth - SMS Demag con varias sociedades subcontratistas. El trabajo ha sido tan eficaz que el planning inicial ha podido reducirse de 99 a 90 días. Al máximo ha habido mas de 600 personas trabajando en la obra, y sobretodo sin accidente. El presupuesto global se eleva a 60 M€ para el horno y a 20 M€ para la instalación del granulado de escoria.

**Diferentes aspectos de la modernización de los trenes de bandas, ejemplos de realización ..... 525**  
J. Maierl, G. Djumlija

La modernización de un tren de laminado en caliente para bandas anchas con vistas a reducir los costos de producción y responder a las crecientes exigencias del mercado representa un costo de inversión inferior al de construcción de un nuevo tren. Esta solución necesita sin embargo tomar en cuenta un conjunto de problemas complejos. Los autores presentan con la ayuda de ejemplos las aproximaciones utilizadas por VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI) y los resultados a los que les han conducido.

**Aproximación global al tandem en frío de Mardyck y análisis de las interacciones mecánicas ..... 535**  
B. Petit, D. Decrey, A. Jakubowski, F. Bertolini,  
J. Perret, S. Gouttebroze

El chatter tipo 3<sup>a</sup> octava en laminado en frío es una causa de preocupación constante para las perspectivas industriales llevadas a realizar productos con tolerancias muy estrechas, tales como los aceros para embalajes por ejemplo. En este contexto, una aproximación experimental y teórica, llevada conjuntamente por Arcelor y VAI, ha permitido realizar los análisis precisos y los resultados innovadores en los dominios siguientes : instrumentación on-line precisa del tandem en frío y puesta en obra de tratamientos de la señal de actuación ; distinción precisa entre bruma (modo no divergente) y chatter (modo divergente) ; modelización (analítica y E.F.) de las interacciones chatter/tecnología tandem ; monitorización avanzada para el chatter y aplicación industrial.

**Estudio experimental y modelización de las microestructuras de los revestimientos Zn-Al-Mg ..... 543**  
E. De Bruycker, B.-C. De Cooman, M. De Meyer

La resistencia elevada a la corrosión aportada por los revestimientos de aleación Zn + 5%Al puede ser todavía mejorada por pequeñas adiciones de Mg en el baño de galvanización. El efecto de las adiciones de Mg sobre la microestructura y sobre las propiedades de los revestimientos ha sido estudiada. La formación de las micro estructuras de los eutécticos ha sido modelizada por una aproximación termodinámica. Los resultados experimentales relativos al efecto del Mg sobre la ductilidad y sobre la resistencia a la corrosión de los revestimientos están igualmente presentes.

**Las espectroscopias de electrones en la siderurgia o del util de investigación al util de producción ..... 551**  
M.-J. Cornu

Las técnicas XPS y Auger son frecuentemente utilizadas en la siderurgia para campos de actividad muy diferentes que pueden estar clasificados en tres grandes temas : la defectología y la experiencia, la investigación y el desarrollo de los productos y de los procedimientos, el estudio de los mecanismos metalúrgicos. En estos dominios de actividad, los resultados suministrados a nuestros clientes se integran en una gestión « Assurance Qualité - Certification ». Esto descansa en las disposiciones tomadas por el sector de Investigación del Grupo Arcelor para dar confianza en nuestra capacidad de prevenir todo error de medida. Los ejemplos presentados vienen a mostrar como los análisis XPS y Auger en probetas de pequeño tamaño sobre las que son estudiados los fenómenos a escala del manómetro pueden venir en ayuda de las líneas de producción o optimizar su funcionamiento.