

FRANÇAIS

État actuel et nouveaux défis de l'usine à fonte 161 J.-M. Steiler, F. Hanrot

L'usine à fonte repose sur une technologie à maturité qui, au cours des décennies, a atteint un haut niveau d'excellence. Elle a démontré sa capacité d'adaptation aux changements de disponibilité des matières premières, des ressources énergétiques et de la demande de fonte. Le fort développement de l'injection de charbon a permis de réduire la dépendance en coke, tout en atteignant des taux de réducteur proches de la limite théorique. Les nouveaux défis, en particulier ceux qui sont à relever dans le domaine de l'environnement et des émissions de CO₂, constitueront de fortes incitations au progrès technologique. Pour satisfaire ces exigences, des améliorations complémentaires des performances sont nécessaires à court terme. Augmenter l'utilisation de ferrailles sera une solution efficace. À moyen ou long terme, des innovations et des sauts technologiques doivent être proposés. On peut citer, par exemple, le concept de haut-fourneau sans azote, avec recyclage de gaz de gueulard décarbonaté et séquestration du CO₂.

Production écologique de fonte par le procédé du haut-fourneau et de la cokerie 171 P. Schmöle, H.-B. Lungen

La filière cokerie/haut-fourneau restera prédominante pour l'élaboration d'acier à partir de minerai de fer. Il y a un destin commun pour la cokerie et le haut-fourneau, car des raisons physiques interdisent la marche du haut-fourneau sans consommation de coke. Pour optimiser les coûts, il était et il est important de réduire au minimum la mise au mille de coke dans le haut-fourneau et de valoriser les co-produits du haut-fourneau et de la cokerie. Dans cet exposé, on discute, pour un réseau de conduites de gaz dans une usine sidérurgique intégrée, les usages possibles de gaz de cokerie et de gaz de haut-fourneau. Le gaz de cokerie peut être utilisé pour la production d'électricité ou de chaleur, pour la conversion en hydrogène et en méthanol, ainsi que comme gaz réducteur dans le haut-fourneau ou dans une installation DRI. Le gaz de haut-fourneau peut être utilisé de manière traditionnelle pour les cowpers, pour le chauffage de la batterie de fours à coke et la production d'énergie ou il peut être renvoyé vers le haut-fourneau dans le procédé de haut-fourneau sans azote ou dans le procédé de haut-fourneau à plasma. On fait également une analyse critique de ces solutions sous l'angle des émissions de CO₂.

Conduite optimisée pour le creuset du haut-fourneau n° 2 de CST 183 J.-A. Pereira Novaes, R. da Cruz Jr, M. Correa da Silva, J. Issamu Gushiken, R.-J. Tauffer Barros, M. Azevedo de Oliveira

Le haut-fourneau n° 2 de CST a démarré en juillet 1998, portant ainsi la production de fonte de 3,6 à 5,0 millions de tonnes. En juillet 2004, au terme de six années de fonctionnement, le haut-fourneau n° 2 a atteint une production cumulée de 8,16 millions de tonnes, avec un bon niveau de performance. L'article présente les actions menées pour limiter l'usure du creuset tout en maintenant une forte productivité et une faible consommation d'énergie. Les résultats obtenus sont analysés en détail avec une description précise de la démarche suivie et des moyens de contrôle qui ont été mis en service.

Analyse numérique de la conduite du haut-fourneau avec recyclage du gaz de gueulard 189 H. Nogami, M. Chu, J.-I. Yagi

On a étudié numériquement des marches innovatrices du haut-fourneau avec recyclage du gaz de gueulard après extraction du CO₂. Le modèle mathématique totalement cinétique a été appliqué aux marches avec injection de gaz recyclé aux tuyères ou dans la cuve du fourneau, ainsi qu'avec recyclage de gaz de gueulard combiné à l'injection de matières plastiques. Les résultats des simulations ont prouvé que le recyclage du gaz de gueulard diminuait la mise au mille d'agents réducteurs et augmentait la productivité.

La théorie du haut-fourneau : contribution de l'École Française 199 R. Nicolle

Le haut-fourneau a subi des évolutions radicales au cours des 250 dernières années, tant en ce qui concerne la technologie (dimensions, annexes, chargement, coulée) que la conduite (combustibles, minerais, température du vent, productivité). Ces évolutions ont été favorisées par une description plus fine du réacteur, grâce à des mesures internes et à des bilans matières et thermiques plus précis. Il a ainsi été possible de proposer une théorie définitive du haut-fourneau à la fin des années 1950. Du XVII^e au XX^e siècle, de nombreux scientifiques ont contribué à l'établissement de la théorie du haut-fourneau jusqu'à ce que se produise la coupure épistémologique des années cinquante. L'article souligne la contribution apportée par la science française à cette épopée technologique, en relation avec les progrès enregistrés dans les autres pays.

Nouvelle directive de qualité de l'air ambiant concernant le benzo(a)pyrène et ses conséquences sur les contrôles des émissions des cokeries 219 M. Hein, F. Huhn

La 4^e Directive Fille de la Directive sur la qualité de l'air fixe, pour 2012, une valeur cible de 1 ng/m³ pour la concentration en benzo(a)pyrène dans l'air ambiant. Cette limite ne peut pas être actuellement respectée par de nombreuses cokeries. Les cokiers doivent donc prendre toutes les mesures de bonne pratique pour approcher la qualité de l'air requise. Les mesures techniques pour réduire les émissions de benzo(a)pyrène concerneront principalement la pression dans les fours et l'étanchéité des portes de four. Les techniques de réduction des émissions de benzo(a)pyrène mises au point par Deutsche Montan Technologie GmbH sont présentées.

Amélioration chez Arcelor des poches à acier par optimisation des réfractaires, des coques et des conditions opératoires 233 P. Blumenfeld, S. Peruzzi, M. Puillet, J. de Lorgier

La capacité des poches a été accrue dans plusieurs aciéries pour produits plats en aciers au carbone (Dunkerque, Florange). La conception des nouvelles poches intègre plusieurs facteurs essentiels : la rigidité et le comportement en température des coques, fonction de la géométrie des renforts et de l'efficacité de l'isolation thermique ; la rigidité du blocage de haut de poche qui peut être améliorée avec des plaques d'acier protégées par du béton réfractaire ; l'usure des briques de MgO-C au niveau de la ligne de laitier qui peut limiter la durée de campagne de la poche si l'acier est décarburé au vide en cuve ; l'usure de la zone d'impact au fond de la poche.

Résultats d'exploitation du DSR® sur le laminoir tandem à froid n° 1 de Baoshan Iron and Steel 241
J.-F. Wang, L. Jao, J.-P. Faure

Le DSR® (« Dynamic Shape Roll »), puissant actionneur de planéité développé par VAI Clecim, a été installé sur le laminoir à froid n° 1 de Baoshan Iron and Steel en 1997, et une production cumulée de plus de 4 millions de tonnes a été réalisée avec cet équipement. Cette longue période d'exploitation permet d'ores et déjà de quantifier les premiers résultats opérationnels en termes de performances, de capacité et d'exploitation de cet actionneur, et ce sur une très grande variété de produits. Elle nous permet aussi de confirmer les apports potentiels de cette technologie innovante au regard des évolutions du marché.

Les laminoirs Steckel de VAI. Rentabilité et souplesse dans la production des bandes laminées à chaud et des tôles fortes 251
G. Thaller, G. Djumljija, W. Gruber, N. Champion, A. Marples

Grâce à de nombreuses évolutions techniques, les laminoirs Steckel modernes ne possèdent pas seulement de plus grandes capacités et des gammes de produits plus étendues, mais permettent aussi de produire des tôles fortes, en plus des bandes laminées à chaud. En s'appuyant sur des réalisations de VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI), cet article décrit différentes configurations possibles et présente des solutions inédites pour ce type d'installation. Ces exemples illustrent la souplesse et l'intérêt économique de ce mode de laminage.

Développement d'un nouvel acier à 12 % Cr pour tubes pour utilisation jusqu'à des températures de vapeur de 650°C dans les centrales thermiques 263
B. Vandenberghe, B. Lefebvre, J. Gabrel, J.-C. Vaillant

Les aciers à 9 % de Cr récemment développés, comme les nuances T/P911 et T/P92, sont utilisés pour les centrales thermiques avec des conditions d'utilisation sévères, grâce à leur bonne résistance au fluage. Ils présentent en effet une augmentation des contraintes de fluage de 10 à 25 % par rapport au T/P91. Néanmoins leur domaine d'utilisation reste limité pour les hautes températures car leur résistance à l'oxydation est plus faible que celle des aciers classiques à 12 % de Cr tels que le X20CrMoV12-1 ou les aciers austénitiques. Dans le but de répondre à ces exigences d'utilisation, un nouvel acier, appelé VM12, a été développé par Vallourec et Mannesmann Tubes (V&M). L'objectif était de conserver les caractéristiques de fluage élevées du T/P92 tout en améliorant sa résistance à la corrosion en phase vapeur pour permettre une utilisation jusqu'à 650°C.

ENGLISH

Present state and innovative issues for ironmaking 161
J.-M. Steiler, F. Hanrot

Ironmaking is a mature technology that has reached over the last decades a high degree of excellence. It has proven its ability to adapt to the changing conditions regarding raw materials availability, energy resources and hot metal demand. The large development of coal injection practice has allowed reducing the dependency towards coke, while achieving total reductant rates close to the theoretical limit. New challenges, especially with respect to environment and CO₂ emissions, will be strong drivers for technological progress. To meet these requirements, further improvements of performance are

needed in the short term. Increased use of scraps will be an efficient solution. In the mid-long term, innovative and breakthrough solutions must be invented. An example is given by the concept of nitrogen-free blast furnace, involving recycling of decarbonated top gas and sequestration of CO₂.

Ecological hot metal production using the coke plant and blast furnace route 171
P. Schmöle, H.-B. Lungen

The coke plant/blast furnace will remain dominant for the production route from iron ores to crude steel. There exists a community of fate for the coke plant and the blast furnace as blast furnaces cannot be operated without coke for physical reasons. For cost optimization, it was and is important to minimize the coke rate in the blast furnace and to utilize the by-products of the blast furnace and of the coking plant. The paper discusses, for an interconnecting network of an integrated iron and steelworks, the potentials of the use of coke oven gas and blast furnace gas. The coke oven gas can be utilized for electric power and heat production, for conversion into hydrogen and methanol as well as reducing gas in the blast furnace or in a DRI plant. Blast furnace gas can be used conventionally for blast heating, coke plant underfiring and power production, or it can be recycled to the blast furnace in the nitrogen-free blast furnace process and in the plasma heated blast furnace process. A critical comprehensive assessment is also given for these potentials with respect to CO₂ emissions.

Actions and control of the hearth of the CST blast furnace No. 2 183
J.-A.-Pereira Novaes, R. da Cruz Jr, M. Correa da Silva,
J. Issamu Gushiken, R.-J. Tauffer Barros, M. Azevedo de Oliveira

The operation of blast furnace No. 2 started in July 1998, raising the CST yearly hot metal production from 3.6 Mt to the present level of 5.0 Mt. In July 2004, after a 6 years long operation, blast furnace No. 2 cumulated a production of 8.16 Mt, moreover ensuring good performance. The paper presents the actions that have been taken to control hearth wear, while sustaining high productivity and low fuel consumption. The results obtained are submitted to a detailed analysis with appropriate reference to the approach that has been followed and the controls that have been implemented.

Numerical analysis of blast furnace operations with top gas recycling 189
H. Nogami, M. Chu, J.-I. Yagi

Innovative blast furnace operations with top gas recycling after CO₂ scrubbing were numerically examined. The fully kinetic mathematical model was applied to the operations with recycled gas injections into the tuyere and stack parts of the furnace, and the top gas recycling combined with waste plastics injection. The simulation results showed that the top gas recycling decreased the reducing agent rate and increased the productivity.

Blast furnace theory : the contribution of the French School 199
R. Nicolle

Considerable changes of the blast furnace have occurred during the last 250 years including technology changes (dimensions, ancillaries, charging, casting) as well as operating parameters (fuels, ores, blast temperatures, productivity). Such evolutions have led to a better description of the reactor through internal measurements and more and more precise heat and mass

balances and to the formulation of the final blast furnace theory in the late fifties. From the 17th to the 20th century, a number of Scientists have brought their contributions to the blast furnace theory up until the final paradigm shift in the fifties. This paper highlights French contributions to this scientific history, in relation with the advances of blast furnace theory in other countries.

New ambient air quality standard for benzo(a)pyrene and its influence on demands for emission control on coke plants 219
[M. Hein, F. Huhn](#)

The 4th Daughter Directive to the Air Quality Directive sets, for year 2012, a target value of 1 ng/m³ for the concentration of benzo(a)-pyrene in ambient air. This target cannot be met at present in the ambient air of numerous coke plants. Operators are thus requested to take every reasonable measure in order to come closest to the desired air quality standard. Technical measures for minimizing benzo(a)pyrene emissions will focus on optimizing the pressure conditions in the oven chamber as well as on improving the sealing capabilities of coke oven closure facilities. The techniques for reduction of benzo(a)pyrene emissions, developed by Deutsche Montan Technologie GmbH, are presented.

Recent improvements in Arcelor steel ladles through optimization of refractory materials, steel shell and service conditions 233
[P. Blumenfeld, S. Peruzzi, M. Puillet, J. de Lorgeril](#)

Capacity of the ladles is in way to be increased in several steelplants for flat carbon steel products (Dunkirk, Florange). The new steel ladles have been designed, taking into account several key points : the stiffness and the service temperature of the steel shell, which is controlled by the geometry of shell reinforcements and by the efficiency of the thermal insulation layer ; the stiffness of the lip-rings, which can be greatly improved by using steel plates protected by refractory concrete ; the wear of the slag line in MgO-C bricks, which can limit the ladle campaign if vacuum tank degassing process is used for ULC steels production. Slag control is required. Numerous trials are also in way to limit the wear of the bottom impact zone of the steel ladle, including pre-shaped alumina-spinel cast bottom, in Arcelor Dunkirk.

Operational results of the DSR® installed on the No. 1 tandem cold mill of Baoshan Iron and Steel 241
[J.-F. Wang, L. Jao, J.-P. Faure](#)

The DSR® (Dynamic Shape Roll), a powerful flatness actuator developed by VAI Clecim, has been installed and commissioned on the No. 1 tandem cold rolling mill of Baoshan Iron and Steel in 1997 and more than 4 million tons have been rolled with this equipment. This long operation period allows us to quantify the first operational results in terms of performance, capacity and operation of this actuator on a wide range of products. This also allows us to confirm the potential gains induced by this innovative technology with regard to the market changes and requirements.

VAI Steckel mill technology. Economical and flexible production of hot-rolled strip and plates 251
[G. Thaller, G. Djumljija, W. Gruber, N. Champion, A. Marples](#)

Thanks to many technological developments, modern Steckel mills are not only characterized by increased capacities and extended product ranges, but can also deliver plates in addition to hot-rolled strip. Some recent examples of supplies by VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI) show possible Steckel configurations and

introduce the innovative solutions developed at these occasions. These examples demonstrate the flexibility and economical efficiency of this technology.

Development of a new 12%Cr-steel for tubes and pipes in power plants with steam temperatures up to 650°C 263
[B. Vandenberghe, B. Lefebvre, J. Gabrel, J.-C. Vaillant](#)

Today, newly developed 9% Cr-steels, such as T/P911 and T/P92, are used for power plants with advanced steam parameters, thanks to their high creep rupture strength values. They show an increase of creep values by around 10 to 25 %, compared with T/P91. Nevertheless, their range of use is limited for high temperature because their oxidation resistance is lower than that of the classical 12%Cr-steels, such as X20CrMoV12-1 or the austenitic steels. In order to meet higher design parameters, a new steel, named VM12, has been developed by Vallourec and Mannesmann Tubes (V&M). The aim was to keep the high creep level of the T/P92 together with improvement of the steam oxidation resistance to fit with design steam temperature up to 650°C.

DEUTSCH

Gegenwärtiger Zustand und neue Herausforderungen an die Roheisenerzeugung 161
[J.-M. Steiler, F. Hanrot](#)

Die Roheisenerzeugung beruht auf einer ausgereiften Technologie, die im Verlauf der Jahrzehnte ein ausgezeichnetes Niveau erreicht hat. Sie hat ihre Fähigkeit zur Anpassung an Veränderungen in der Verfügbarkeit der Rohstoffe, der Energiequellen und der Nachfrage nach Roheisen nachgewiesen. Die starke Entwicklung des Kohleerblasens ermöglichte die Koksabhängigkeit zu verringern, und das bei Erreichen von Reduktionsmittelgraden nahe der theoretischen Grenze. Die neuen Herausforderungen, insbesondere die aus dem Bereich Umwelt und CO₂-Emissionen, stellen starke Anreize für den technologischen Fortschritt dar. Um diesen Anforderungen zu genügen sind kurzfristig zusätzliche Leistungsverbesserungen notwendig. Eine wirksame Lösung wird der erhöhte Einsatz von Schrott sein. Langfristig müssen Innovationen und Technologiesprünge vorgeschlagen werden. Dazu kann zum Beispiel das Konzept des Hochofens ohne Stickstoff, mit Rückführung von abgekühltem Gichtgas und der Abtrennung von CO₂ angeführt werden.

Ökologische Produktion von Roheisen nach dem Verfahren Hochofen und Kokerei 171
[P. Schmöle, H.-B. Lungen](#)

Der Weg Kokerei/ Hochofen bleibt für die Herstellung von Stahl aus Eisenerz vorherrschend. Kokerei und Hochofen haben ein gemeinsames Schicksal, weil physikalische Gründe einen Hochofenbetrieb ohne den Verbrauch von Koks nicht zulassen. Um die Kosten zu optimieren war und ist es wichtig den Kokeinsatz im Hochofen auf das Minimum zu reduzieren und die Beiprodukte des Hochofens und der Kokerei aufzuwerten. In diesem Bericht wird ein Gasleitungsnetz in einem integrierten Hüttenwerk diskutiert sowie mögliche Anwendungen für Kokerei- und Hochofengas. Das Kokereigas kann für die Produktion von elektrischem Strom oder von Wärme, für die Umwandlung in Wasserstoff und in Methanol wie auch als Reduktionsgas im Hochofen oder einer DRI-Anlage verwendet werden. Das Hochofengas kann in traditionellerweise für die Cowper, für das Erwärmen der Koksofenbatterien und die

Energieproduktion verwendet werden, oder es kann zum Hochofen in den Hochofenprozess ohne Stickstoff oder den Hochofenprozess mit Plasma zurückgeleitet werden. Ebenfalls wird eine kritische Analyse dieser Lösungen unter dem Blickwinkel der CO₂-Emissionen vorgenommen.

Optimierte Bedienung für den Herd des Hochofens Nr. 2 von CST 183
J.-A. Pereira Novaes, R. da Cruz Jr, M. Correa da Silva,
J. Issamu Gushiken, R.-J. Tauffer Barros, M. Azevedo de Oliveira

Der Hochofen Nr. 2 von CST wurde im Juli 1998 angefahren und brachte als Folge die Roheisenproduktion von 3,6 auf 5,0 Millionen Tonnen. Im Juli 2004, nach sechs Jahren Betriebsdauer, erreichte der Hochofen Nr. 2 eine kumulierte Produktion von 8,16 Millionen Tonnen, bei einem guten Leistungsniveau. Der Bericht stellt die getroffenen Massnahmen zur Begrenzung des Herdverschleisses vor, und das unter Beibehaltung einer hohen Produktivität und einem niedrigen Energieverbrauch. Die erzielten Ergebnisse werden im Detail analysiert, mit einer genauen Beschreibung der verfolgten Schritte und der Kontrollmittel, die eingesetzt wurden.

Numerische Untersuchung der Hochofenführung mit Gichtgasrückführung 189
H. Nogami, M. Chu, J.-I. Vagi

Es wurden innovative Abläufe des Hochofenbetriebes mit Gichtgasrückführung, nach Extraktion von CO₂, numerisch untersucht. Das mathematisch gänzlich kinetische Modell wurde für den Betrieb mit Einblasen von rezykliertem Gas durch die Formen oder in den Hochofenschacht angewendet, sowie für die Rückführung von Gichtgas, kombiniert mit dem Einblasen von Kunststoffen. Die Ergebnisse der Simulationen bestätigen, dass die Rückführung von Gichtgas den Einsatz an Reduktionsmitteln verringert und die Produktivität erhöht.

Die Theorie des Hochofens : Beitrag der « École Française » 199
R. Nicolle

Der Hochofen hat im Verlauf der letzten 250 Jahre viele radikale Entwicklungen durchgemacht, sowohl was die Technologie (Abmessungen, Nebenbetriebe, Begichtung, Abstich) als auch die Führung (Brennstoffe, Erze, Windtemperatur, Produktivität) betrifft. Diese Entwicklungen wurden durch eine feinere Beschreibung des Reaktionsgefässes, aufgrund von Innenmessungen und von genaueren Stoff- und thermischen Bilanzen, begünstigt. So war es Ende der fünfziger Jahre möglich eine definitive Theorie des Hochofens vorzuschlagen. Vom 17. bis zum 20. Jahrhundert haben zahlreiche Wissenschaftler bei der Aufstellung der Theorie des Hochofens Beiträge geleistet, bis in den fünfziger Jahren ein erkenntnistheoretischer Schnitt eintrat. Der Bericht unterstreicht den Beitrag der französischen Wissenschaft an diesem technologischen « Epos », zusammen mit den aufgezeichneten Fortschritten anderer Länder.

Neue Direktive für die Qualität der Umgebungsluft in Bezug auf Benzo(a)pyren und ihre Konsequenzen für die Überwachung von Kokerei-Emissionen 219
M. Hein, F. Huhn

Die 4. Ergänzung zur Richtlinie über die Luftreinhaltung legt für 2012 einen Zielwert von 1 ng/m³ für die Konzentration an Benzo(a)pyren in der Umgebungsluft fest. Diese Grenze kann gegenwärtig von zahlreichen Kokereien nicht eingehalten werden. Die Kokereien müssen also praktikable Massnahmen ergreifen, um die geforderte Luftqualität zu erreichen. Die technischen Massnahmen zur

Reduzierung der Benzo(a)pyren-Emissionen gehen hauptsächlich den Druck in den Öfen und die Dichtigkeit der Ofentüren an. Die von der Deutsche Montan Technologie GmbH eingeführten Techniken zur Reduktion von Benzo(a)pyren-Emissionen werden vorgestellt.

Verbesserung der Stahlpfannen bei Arcelor durch Optimierung der feuerfesten Massen, der Schalen und der Betriebsbedingungen 233
P. Blumenfeld, S. Peruzzi, M. Puillet, J. de Lorgèril

Die Kapazität der Pfannen wurde in mehreren Stahlwerken für Flachprodukte aus Kohlenstoff-Stahl erhöht (Dunkerque, Florange). Das Konzept der neuen Pfannen umfasst mehrere wesentliche Faktoren : Die Steifigkeit und das Temperaturverhalten der Schalen, Funktion der Geometrie der Verstärkungen und der Wirksamkeit der thermischen Isolation ; die Steifigkeit der Verankerung des Oberteils der Pfanne, die durch die Anwendung von mit Feuerbeton geschützten Stahlplatten verbessert werden kann ; der Verschleiss der MgO-C-Steine auf dem Niveau der Schlackenlinie kann die Dauer der Pfannenreise begrenzen, wenn der Stahl durch Vakuum-Pfannenentgasung entkohlt wird ; der Verschleiss der Auftreifzone auf dem Boden der Pfanne.

Betriebsergebnisse der DSR® auf dem Tandem Kaltwalzwerk Nr. 1 von Baoshan Iron and Steel 241
J.-F. Wang, L. Jao, J.-P. Faure

Die DSR® (« Dynamic Shape Roll »), wirkungsvolle Vorrichtung für die Planheit, von VAI Clecim entwickelt, wurde im Kaltwalzwerk Nr. 1 von Baoshan Iron and Steel 1997 installiert und mit dieser Ausrüstung wurde eine Gesamtproduktion von mehr als 4 Millionen Tonnen erreicht. Diese lange Betriebsperiode ermöglicht nunmehr die ersten Betriebsergebnisse hinsichtlich der Leistung, der Kapazität und der Ausnutzung dieser Vorrichtung zu quantifizieren, und das über sehr verschiedenartige Produkte. Sie bestätigt auch die potentiellen Beiträge dieser innovativen Technologie in Bezug auf die Marktentwicklungen.

Steckel-Walzwerke von VAI – Wirtschaftlichkeit und Flexibilität in der Herstellung von Warmband und Grobblech 251
G. Thaller, G. Djumljia, W. Gruber, N. Champion, A. Marples

Dank zahlreichen technologischen Weiterentwicklungen verfügen moderne Steckel-Walzwerke nicht nur über größere Kapazitäten und eine erweiterte Produktpalette, sondern können neben Warmband auch Grobblech liefern. Anhand einiger Referenzbeispiele von VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau (VAI) werden mögliche Anlagenkonfigurationen und innovative Lösungen beschrieben, die Flexibilität und Wirtschaftlichkeit dieser Technologie zur Geltung bringen.

Entwicklung eines neuen Stahls mit 12 % Chrom für Rohre bis zu Dampftemperaturen von 650°C in thermischen Kraftwerken 263
B. Vandenberghe, B. Lefebvre, J. Gabrel, J.-C. Vaillant

Die vor kurzem entwickelten 9%Chrom-Stähle wie die Sorten T/P911 und T/P92 werden wegen ihrer guten Dauerstandfestigkeit für thermische Zentralen mit strengen Anwendungsbedingungen verwendet. Sie zeigen wirklich eine Erhöhung der Kriechspannungen von 10 bis 25 % im Verhältnis zur Sorte T/P91. Dennoch bleibt ihr Anwendungsbereich bei den hohen Temperaturen begrenzt, weil ihre Oxidationsbeständigkeit geringer als die der klassischen 12%Cr-Stähle, wie den X20CrMoV12-1, oder der austenitischen Stählen, ist. Mit der Absicht diesen Anforderungserfordernissen zu entsprechen wurde von Vallourec und Mannesmann Tubes (V&M) ein neuer Stahl mit der Bezeichnung VM12 entwickelt. Ziel war die

guten Kriecheigenschaften des Stahls T/P 92 bei einer Verbesserung seiner Korrosionsbeständigkeit in der Dampfphase zu erhalten, um eine Anwendung bis 650°C zu ermöglichen.

ESPAÑOL

Estado actual y nuevos desafíos de la industria de la fundición 161 J.-M. Steiler, F. Hanrot

La fábrica de fundición reposa sobre una tecnología madura que, durante decenios, ha alcanzado un alto nivel de excelencia. Ella ha demostrado su capacidad de adaptación a los cambios de disponibilidad de las materias primarias, los recursos energéticos y de la demanda de fundición. El fuerte desarrollo de la inyección de carbón ha permitido reducir la dependencia del coque, alcanzando tasas de reductor próximas del límite teórico. Los nuevos desafíos, en particular los que son a resaltar en el dominio del medio ambiente y de las emisiones de CO₂, constituyen fuertes incitaciones al progreso tecnológico. Para satisfacer estas exigencias, las mejoras complementarias de los comportamientos son necesarias a corto término. Aumentar la utilización de chatarra será una solución eficaz. A medio o largo plazo, las innovaciones y los saltos tecnológicos deben proponerse. Se puede citar, por ejemplo, el concepto de alto horno sin nitrógeno, con reciclado de gas de tragante decarbonatado y secuestro del CO₂.

Producción ecológica de fundición por el procedimiento del alto horno y de la coquería 171 P. Schmöle, H.-B. Lungen

El conjunto coquería/alto horno permanecerá predominante para la elaboración de acero a partir de mineral de hierro. Hay un destino común para la coquería y el alto horno, pues las razones físicas impiden la marcha del alto horno sin consumo de coque. Para optimizar los costos, era y es importante reducir al mínimo la puesta a mil de coque en el alto horno y valorizar los co-productos del alto horno y de la coquería. En esta exposición, se discute, para una red de conducciones de gas en una fábrica siderúrgica integrada, los posibles usos de gas de coquería y de gas del alto horno. El gas de coquería puede ser utilizado para la producción de electricidad o de calor, para la conversión en hidrógeno y en metanol, así como de gas reductor en el alto horno o en una instalación DRI. El gas de alto horno puede ser utilizado de manera tradicional para las cowpers, para el calentamiento de la batería de hornos de coque y la producción de energía o puede ser reenviada hacia el alto horno en el procedimiento de alto horno sin nitrógeno o en el procedimiento de alto horno de plasma. Se hace igualmente un análisis crítico de estas soluciones bajo el ángulo de las emisiones de CO₂.

Conducción optimizada para el crisol del alto horno n° 2 de CST 183 J.-A. Pereira Novaes, R. da Cruz Jr, M. Correa da Silva, J. Issamu Gushiken, R.-J. Tauffer Barros, M. Azevedo de Oliveira

El alto horno n° 2 de CST ha arrancado en julio 1998, llevando así la producción de fundición de 3,6 a 5,0 millones de toneladas. En julio 2004, al término de seis años de funcionamiento, el alto horno n° 2 ha alcanzado una producción acumulada de 8,16 millones de toneladas, con un buen nivel de comportamiento. El artículo presenta las acciones llevadas a cabo para limitar el desgaste del crisol manteniendo una fuerte productividad y un pequeño consumo de energía. Los resultados obtenidos se analizan con detalle con una descripción precisa de la marcha seguida y de los medios de control que han sido puestos en servicio.

Análisis numérico de la conducción del alto-horno con el reciclado del gas de tragante 189 H. Nogami, M. Chu, J.-I. Yagi

Se ha estudiado numéricamente las marchas innovadoras del alto-horno con reciclado del gas de tragante después de la extracción del CO₂. El modelo matemático totalmente cinético ha sido aplicado a las marchas con inyección de gas reciclado a las toberas o en la cuba del horno, así como con reciclado de gas de tragante combinado con la inyección de materiales plásticos. Los resultados de las simulaciones han probado que el reciclado del gas de tragante disminuía la puesta a mil de los agentes reductores y aumentaba la productividad.

La teoría del alto-horno : contribución de la Escola Francesa 199 R. Nicolle

El alto-horno ha sufrido evoluciones radicales durante los últimos 250 años, tanto en lo que concierne a la tecnología (dimensiones, anexos, carga, colada) como a la conducción (combustibles, minerales, temperatura del viento, productividad). Estas evoluciones han sido favorecidas por una descripción más fina del reactor, gracias a las medidas internas y a los balances de materiales y térmicos más precisos. Así ha sido posible proponer una teoría definitiva del alto-horno a final de los años 1950. Del XVII al siglo XX, numerosos científicos han contribuido al establecimiento de la teoría del alto-horno hasta que se produjo la unión epistemológica de los años cincuenta. El artículo subraya la contribución aportada por la ciencia francesa en esta época tecnológica, en relación con los progresos registrados en los otros países.

Nueva directiva de calidad del aire ambiental concerniente al benzo(a)pireno y sus consecuencias sobre los controles de las emisiones de las coquerías 219 M. Hein, F. Huhn

La 4ª Directiva Hija de la Directiva sobre la calidad del aire fijo, para 2012, un valor blanco de 1 ng/m³ para la concentración de benzo(a)pireno en el aire ambiente. Este límite no puede ser respetado actualmente por numerosas coquerías. Las coquerías deben entonces tomar todas las medidas de buena práctica para aproximarse a la calidad de aire requerida. Las medidas técnicas para reducir las emisiones de benzo(a)pireno concernerán principalmente a la presión en los hornos y a la estanqueidad de las puertas del horno. Las técnicas de la reducción de las emisiones de benzo(a)pireno puestas a punto por Deutsche Montan Technologie GmbH son presentadas.

Mejora en Arcelor de las cucharas de acero para la optimización de los refractarios, de los coques y de las condiciones operatorias 233 P. Blumenfeld, S. Peruzzi, M. Puillet, J. de Lorgeril

La capacidad de las cucharas se ha aumentado en varias acerías para productos planos en aceros al carbono (Dunquerque, Florange). La concepción de las nuevas cucharas integra varios factores esenciales : la rigidez y comportamiento en temperatura de los coques, función de la geometría de los refuerzos y eficacia de los aislamientos térmicos ; la rigidez del bloque alto de la cuchara que puede mejorarse con placas de acero protegidas con un hormigón refractario ; el desgaste de los ladrillos de MgO-C al nivel de la línea de escoria que puede limitar la duración de la campaña de la cuchara si el acero se decarburara al vacío en la cuba ; desgaste en la zona de impacto en el fondo de la cuchara.

Resultados de explotación del DSR® sobre la laminadora tandem en frío n° 1 de Baoshan Iron and Steel 241
J.-F. Wang, L. Jao, J.-P. Faure

El DSR® (« Dynamic Shape Roll »), potente comando mecánico de planeidad desarrollada por VAI Clecim, ha sido instalada sobre el laminador en frío n° 1 de Baoshan Iron and Steel en 1997, y una producción acumulada de más de 4 millones de toneladas ha sido realizada con este equipamiento. Este largo periodo de explotación permite desde ahora cuantificar los primeros resultados operacionales en términos de comportamientos, de capacidad y de explotación de este accionador, y esto sobre una gran variedad de productos. Ello nos permite también confirmar los aportes potenciales de esta tecnología innovadora a la vista de las evoluciones del mercado.

Las laminadoras Steckel de VAI. rentabilidad y flexibilidad en la producción de bandas laminadas en caliente y chapas gruesas 251
G. Thaller, G. Djumlija, W. Gruber, N. Champion, A. Marples

Gracias a numerosas evoluciones técnicas, las laminadoras Steckel modernas no poseen solamente las capacidades más grandes y las gamas de productos más amplias, pero permiten también producir chapa gruesa, además de bandas laminadas en caliente. Apoyándose en las realizaciones de VOEST-ALPINE Industrie-anlagenbau (VAI), este artículo describe diferentes configuraciones posibles y presenta soluciones inéditas para este tipo de instalación. Estos ejemplos ilustran la flexibilidad y el interés económico de este procedimiento de laminado.

Desarrollo de un nuevo acero con 12 % de cromo para tubos para utilización hasta las temperaturas de vapor de 650°C en las centrales térmicas..... 263
B. Vandenberghe, B. Lefebvre, J. Gabrel, J.-C. Vaillant

Los aceros con 9 % de cromo recientemente desarrollados, como los tipos T/P911 y T/P92, son utilizados para las Centrales Térmicas con las condiciones de utilizaciones severas, gracias a su buena resistencia a la fluencia. En efecto presentan un aumento de las tensiones de fluencia de 10 al 25 % con relación al T/P91. Sin embargo, su dominio de utilización permanece limitado para las altas temperaturas pues su resistencia a la oxidación es más débil que la de los aceros clásicos con 12 % de Cr tales como el X20CrMoV12-1 o los aceros austeníticos. Con el fin de responder a las exigencias de utilización, un nuevo acero, llamado VM12, ha sido desarrollado por Vallourec y Mannesmann Tubes (V&M). El objetivo era conservar las características de fluencia elevadas del T/P92 mejorando su resistencia a la corrosión en fase vapor para permitir una utilización hasta los 650°C.