

# Résumés des articles techniques

### ■ FRANÇAIS

#### **ULCOS - Essais pilotes du procédé de haut fourneau à bas CO<sub>2</sub> au HF expérimental de Luleå** 1

G. Danloy *et al*

Le procédé de haut-fourneau ULCOS ambitionne de réduire l'émission de CO<sub>2</sub> de 50% en deux étapes :

- Diminution de la consommation de carbone par recyclage du gaz de gueulard après extraction du CO<sub>2</sub>, impliquant un fonctionnement du haut-fourneau avec de l'oxygène pur;
- Stockage du CO<sub>2</sub> sous terre.

La première étape, essentielle pour démontrer la faisabilité du procédé, a été testée lors d'une campagne de 6 semaines au haut-fourneau expérimental de LKAB à Luleå, spécifiquement adapté pour les essais (y compris la construction d'un VPSA). Différentes conditions de marche ont été examinées. En conclusion, et en prenant en compte un stockage souterrain, l'émission de CO<sub>2</sub> au haut-fourneau a été réduite de 76%. Pour l'usine sidérurgique, cela correspond à une diminution nette de 65% du CO<sub>2</sub> émis jusqu'au laminage à chaud.

#### **Le rôle des laitiers dans l'affinage de l'acier : est-il réellement compris et pleinement exploité ?** 9

L. Holappa, S. Nurmi, S. Louhenkilpi

Les aspects physiques concernant le rôle du brassage, les propriétés du laitier telles que la viscosité ou la tension superficielle sont également considérées. La question du titre est discutée et évaluée en se basant sur des considérations théoriques et en comparant les données des expériences de modélisation aux expériences industrielles.

#### **Partage du phosphore et de l'oxygène entre métal liquide et laitier au convertisseur** 21

S. Basu, A.-K. Lahiri, S. Seetharaman

L'efficacité de la déphosphoration est déterminée par la thermodynamique du phosphore et de l'oxygène dans le métal liquide et celle de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et FeO dans le laitier. Le partage à l'équilibre du phosphore et de l'oxygène a été déterminé expérimentalement pour une grande variété de compositions représentatives de l'évolution de la composition du laitier au cours du soufflage au convertisseur. Une modélisation des coefficients d'activité en fonction de la composition a aussi été entreprise.

#### **Mécanismes clés de la galvanisation des tôles minces** 27

J.-M. Mataigne

L'article décrit la réaction de galvanisation des tôles minces, en démontrant comment le système Fe-Zn liquide tend à amener la phase du zinc liquide à l'équilibre thermodynamique.

Les réactions qui se produisent dans les bains sans Al, à Al intermédiaire (typique de la production du GA) et à fort Al (typique de la production du GI) sont expliquées.

#### **Ecoulements et échanges gazeux au cours du recuit avant galvanisation** 34

H. Saint-Raymond, B. Orsal

L'état de surface avant immersion dépend de l'homogénéité de température et de l'atmosphère dans chaque section du four. Selon leur localisation, plusieurs réactions gaz-métal dans le four peuvent accroître la vitesse de chauffage de la bande ou créer des défauts de surface. Des modèles d'écoulement des sections de pré-chauffage et de chauffage avec de fortes variations de température ont été développés. Ils révèlent des gradients de température et la compétition entre convection naturelle et convection forcée. Un modèle d'échanges gazeux entre les différentes sections a été construit et validé par traçage sur lignes industrielles.

L'effet des paramètres process comme la vitesse de la ligne, le format de la bande et les conditions d'injection de gaz dans chaque section du four est présenté.

#### **Chimie et réactivité de surface des revêtements galvanisés skin-passés** 41

J.-M. Mataigne, V. Vaché, M. Repoux

Les revêtements GI sont couverts d'un film très mince d'oxyde d'aluminium qui précipite après l'essorage. La croissance anisotrope des cristaux de zinc à la solidification introduit une forte texture <0002> dans le revêtement. Les effets induits dans les revêtements en termes de chimie de surface, de cristallographie et de réactivité ont été évalués. Des analyses locales du revêtement ont été réalisées (XPS, TOF-SIMS) pour décrire les effets locaux de du texturage au skin-pass sur les caractéristiques du revêtement.

Un outil expérimental de bi-poinçonnement complété par des mesures XRD et EBSD a été utilisé pour étudier le comportement du film d'oxyde en cours de déformation et au vieillissement. La réactivité de ces surfaces a été évaluée au contact d'acides gras.

**ULCOS - Pilot testing of the Low-CO<sub>2</sub> Blast Furnace process at the experimental BF in Luleå** 1

G. Danloy *et al*

The ULCOS blast furnace process aims at reducing the CO<sub>2</sub> emission of the blast furnace by 50% in two steps:

- Decrease of carbon consumption by recycling most of the top gas after CO<sub>2</sub> removal, which requires operating the blast furnace with pure oxygen;
- Underground storage of CO<sub>2</sub>.

The first stage is essential to demonstrate the feasibility of this new process. It has been tested over a 6 week campaign at the LKAB experimental BF in Luleå. The facility was adapted specifically for the trials (including the erection of a VPSA plant). Different operating conditions were investigated. In conclusion, and taking into account underground storage, the CO<sub>2</sub> emission at the blast furnace was reduced by up to 76%. For the steelmaking plant, this should result in a net CO<sub>2</sub>-savings of 65% at the level of the hot rolled coil.

**Role of slags in steel refining: is it really understood and fully exploited?** 9

L. Holappa, S. Nurmi, S. Louhenkilpi

The role of slag in ladle metallurgy and tundish is discussed starting from thermodynamic considerations of equilibrium/non-equilibrium states between slag and steel. Some interesting steel grades with different deoxidation philosophy are chosen as examples. Physical aspects concerning the role of stirring, slag properties e.g. viscosity and interfacial tension are examined as well. The title question is discussed and evaluated based on theoretical considerations and comparison with modelling experiences and industrial data.

**Distribution of phosphorus and oxygen between liquid steel and basic oxygen steelmaking slag** 21

S. Basu, A.-K. Lahiri, S. Seetharaman

The efficiency of dephosphorisation is governed by the thermodynamic behaviour of phosphorus and oxygen in molten metal, and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and FeO in slag. The equilibrium distribution of phosphorus and oxygen, for a wide range of chemical compositions simulating the evolution of slag composition during a typical BOF blow, has been experimentally determined. A mathematical model for estimation of the activity coefficients, as a function of the chemical composition, was also attempted.

**Key mechanisms in galvanization of steel sheets** 27

J.-M. Maigne

The paper aims at giving an overview of galvanizing reaction of steel sheets, highlighting how the solid Fe - liquid Zn system tends to keep the liquid Zn phase at thermodynamic equilibrium.

Reactions occurring with Al free, intermediate Al bearing (typical of GA production), and higher Al bearing (typical for GI production) Zn bath are detailed.

**Gas flows and exchanges in galvanizing annealing furnace** 34

H. Saint-Raymond, B. Orsal

Strip surface state before zinc bath immersion is linked to temperature homogeneity and gas atmosphere composition in each furnace section. Many different gas metal reactions occur in the furnace that may improve the strip heating rate or introduce surface defects, depending on their localization.

Gas flow models of the preheating-heating sections with high temperature variations have been developed. They point out temperature gradients and the competition between natural convection and forced convection. A model for gas exchanges between all furnace sections has been built and validated by gas tracing trials on industrial lines.

The effect of line process parameters such as line speed, strip format and gas injection condition in all furnaces sections is reported.

**Surface chemistry and reactivity of skin-passed hot dip galvanized coating** 41

J.-M. Maigne, V. Vaché, M. Repoux

GI coatings are covered by a very thin aluminum layer that precipitates after wiping. Anisotropic growing of zinc crystals during solidification induces a strong basal texture in GI coatings. Skin-pass induced changes in GI coating surface chemistry, crystallography and reactivity have been assessed. Local coating analyses have been performed (XPS, TOF-SIMS) in order to describe local effects of roughness indentation during skin-pass on coating characteristics.

A laboratory bi-crushing device supported by XRD and EBSD has been used to analyze the aluminum oxide behaviour during deformation and ageing. Reactivity of such surfaces has been tested using fatty acids.

IN THE NEXT ISSUE (FEBRUARY 2009)

**New characterization tests of the coke behaviour at high temperature**

J. Delachant, G. Danloy, U. Janhsen, E. Lectard

**Increasing proportion of natural lump ores in BF**

S. Wu, H. Han, H. Xu, H. Wang

**Practice of EAF with De-P hot metal charging for melting stainless steel**

F. Zhu

**Audit of existing hydro-mechanical systems in hot rolling mills as a method to enhance product quality**

J.-W. Frick

**Analysis of rolling force model used in 1420 mm cold rolling mill**

Y.-Y. Li, Z.-L. Lang, F. Li

**Coating quality improvement of hot rolled galvanized products**

H. Saint-Raymond, D. Bettinger, Ph. Osmont, J.-C. Denquin