

## ISIJ International 掲載記事概要

ISIJ International, Vol. 31 (1991), No. 7  
掲載記事概要

## Preparation and Beneficiation

## Improvement in Performance of the Blast Furnace at Bhilai through Statistical Analysis and Improvement in Burden Preparation

By R. P. BHAGAT *et al.*

The present paper reports the performance analysis of the blast furnace 'X' of Bhilai Steel Plant (BSP). Special reference has been made to the process variables related to the burden, such as sinter. The analysis shows that the burden rate has been the most significant variable for the coke rate followed by the temperature of hot blast. A change in burden rate has been mainly reflected by a change in the weight of raw limestone in the burden. Considerable saving in coke rate is achieved by eliminating raw limestone from the burden through the use of higher quantity of super fluxed sinter. The productivity is adversely affected by the content of undersize fraction in lump ore as well as in sinter.

On the basis of empirical equations, reported in the present work, salient approach for the improvement in the performance indices of the blast furnace has been mentioned in the text. Improvement in the quality of sinter as well the granulometry of lump ore is important in this regard. The methodology to achieve such improvement has been outlined in the present paper.

## Reduction of Iron Ore with Coal in Rotary Kiln Using Statistical Design of Experiments (Note)

By A. K. RAY *et al.*

## Smelting and Refining

## Maximum Injection Rate of Fine Ore into Blast Furnace through Tuyeres

By K. YAMAGUCHI *et al.*

粉鉱石吹込み限界量を求めるために、高炉下部の反応伝熱を模擬できる実験装置を製作した。

この装置は内容積 0.90 m<sup>3</sup>、断面が 90° 扇形で、実高炉の高さを 1/5 に縮尺し、羽口 1 本を装備している。

送風支管側壁より挿入したバーナーを介した粉鉱石吹込み実験の結果、炉芯内温度を低下させない吹込み限界量として以下に示す値を得た。実高炉の吹込み限界量はこの値よりも高い可能性がある。

○ 予備還元率 0 % 粉鉱石単味は吹込み不可能である

○ 予備還元率 0 % 粉鉱石と同量微粉炭混合時

.....70 g/Nm<sup>3</sup>○ 予備還元率 60 % 粉鉱石単味時.....175 g/Nm<sup>3</sup>

○ 予備還元率 60 % 粉鉱石と同量微粉炭混合時

.....115 g/Nm<sup>3</sup>Equilibrium Partitions of Manganese and Phosphorus between BaO-BaF<sub>2</sub> Melts and Carbon Saturated Fe-Mn MeltsBy N. AHUNDOV F. O. *et al.*

BaO-BaF<sub>2</sub>-MnO フラックスと Fe-Mn-C<sub>saturated</sub> 合金間のりんとマンガンの平衡分配比を CO 雰囲気下、1473 K から 1573 K の間で測定した。フラックス中 BaO の増加とともにりん分配比は増加した。溶鉄中のマンガとりんの強い相互作用のために、BaO-BaF<sub>2</sub>-MnO 系のりん分配比は BaO-BaF<sub>2</sub> 系の分配比よりも小さかった。りん分配比は温度の上昇とともに減少した。さらに、炭素飽和溶鉄中りんのマンガンに及ぼす影響について議論した。

マンガン分配比はフラックス中 BaO の増加及び温度の低下とともに増加した。BaO-BaF<sub>2</sub>-MnO 系フラックス中では BaO が強塩基性酸化物として存在するために、酸化マンガンは酸性酸化物挙動をする。

## Solidification Processing

## Strip Casting Techniques for Steel (Review)

By K. SHIBUYA *et al.*

鋼の直接製板技術は Bessemer までさかのぼり、以来、鉄鋼技術者の夢となっている。これまでに種々のアイディアは出されているが、いまだ実用化には至っていない。ここでは、最近の鋼のストリップキャストイングに関する研究動向と今後の課題について考察した。

(1) 鉄鋼業におけるストリップキャストイングの開発目的は、従来の工程短縮や省エネルギー中心の考えから、アモルファス薄帯のような機能材料や高合金系の難加工材の製造などに移りつつある。

(2) ストリップキャストイング技術は単ロール法と双ロール法に限定されている。日本では双ロール法が主流で、米国では単ロール法が開発の中心となっており、現在のところ開発競争に決着はついていない。

(3) 現在のストリップキャストイング技術の課題の中心は表面性状の改善にある。as-cast でホットストリップ以上の表面が得られる技術が開発されれば工程化可能である。

## Strip Quality of Highly Alloyed Metals by Twin Roll Casting

By A. MIYAKE *et al.*

ストリップキャストイングで製造された磁性材料及溶接フープ材の形状品質向上のため、製造過程の計測と制御が行われた。その結果、

(1) 溶融金属の注入量が増減すればその変動率に相応する板厚変化が起こることが確認された。スライディングノズルによる流量制御によりこの変動を低減した。

(2) TV 観察と板厚測定から、双ロール上のパドル表面は、±4 mm 程度の変動を繰り返しており、このためストリップ板厚が±7 % 程度変動することが確認された。このパドル変動を抑えるため、ノズル形状やロール表面粗度が改良された。

(3) 高クロム系ステンレス鋼では  $\sigma$  相析出によるコイル脆化が起こった。コイル巻取り前に、ストリップを水冷することにより  $\sigma$  相の析出は抑制された。

(4) 未凝固部を含んだストリップでは横割れが発生したが、ロールギャップコントロールにより、横割れは低減した。

以上の結果、溶接フープ材においてはコマーシャルグレードを持つストリップを製板することが可能になった。

## Fabrication and Forming

Ultrasonic Prediction of  $r$ -value in Deep Drawing SteelsBy D. DANIEL *et al.*

The textures of 5 types of deep drawing steels were measured and analyzed using the series expansion method. Modul- $r$  and electromagnetic acoustic (EMAT) techniques were employed to determine the elastic anisotropy in terms of the angular variation of Young's modulus and the ultrasonic velocities, respectively. The plastic anisotropy was assessed by measuring  $r$ -values as a function of inclination with respect to the rolling direction. The series expansion formalism was employed for predicting the elastic and plastic anisotropies from the initial texture data. Comparison with the experimental measurements of Young's modulus indicates that the so-called elastic energy method can accurately reproduce the elastic anisotropy if the single crystal elastic constants are appropriately chosen within their ranges of uncertainty. The angular variation of  $r$ -value in the rolling plane was calculated from the ODF coefficients by means of a relaxed constraint model (pancake version). The best quantitative agreement is obtained when the CRSS ratio for glide on the  $\{112\} \langle 111 \rangle$  and  $\{110\} \langle 111 \rangle$  slip

systems is 1.0, 0.95 and 0.90 for the IF2, IF1 and AKDQ grades, respectively. The ODF coefficients of order greater than 4 were evaluated and calculated *non-destructively* from the anisotropy of the ultrasonic velocities of the lowest order symmetrical Lamb ( $S_0$ ) and shear horizontal ( $SH_0$ ) waves propagating in the rolling plane. The calculated pole figures based on the ODF coefficients obtained in this way are similar to those derived from complete X-ray data. It is shown that the plastic properties of commercial deep drawing steels are predicted more accurately when the 4th and 6th order ODF coefficients are employed than when only the 4th order ones are used.

### Microstructure

#### Development of a New Low Carbon Low Alloy Steel Suited to Be Clad with Stainless Steel

By Y. HASHIMOTO *et al.*

ステンレスクラッド鋼のオレンジピールを防止するためその母材に適する低炭素-Nb-Ti 添加鋼のフェライト粒径に及ぼす製造条件の影響について調査した。この結果から三通りの方法が提案され、さらに実用的観点からつぎの二通りの方法を選んだ。

(1) Nb 量を 0.05 % とし、焼なまし温度は 1000°C 以上、冷却速度 25-40°C/s で焼なましする。

(2)  $\alpha$  域で焼なましする。

前者の場合従来技術に比較して焼なまし温度を高くできるので、表層ステンレス鋼の延性を改善する利点がある。後者の場合元素の添加は少量で良く、コストや深絞り性を改善できるであろう。しかも、この鋼種は深絞り用として大量に現場生産されており、容易に入手可能という大きな利点がある。これらの方法でクラッド鋼板の実験的な試作、および実用化試験を行い、その確認を行った。

#### Some Aspects of Inclusion Characterization in Resulphurized HY-80 Steel

By D. K. BISWAS *et al.*

Sulphide inclusions in HY-80 steels containing sulphur from 50 to 500 ppm especially prepared by resulphurization of commercial HY-80 steels, have been quantitatively characterized with regard to their type, size, shape and distribution using automatic image analysers. The formation of sulphide inclusion in HY-80 steel is discussed from thermodynamic considerations. It is seen that inclusion parameters such as volume fraction and aspect ratio increase linearly with the increase in sulphur content whereas the projected length varies non-linearly as a function of sulphur. The number of inclusion per unit area increases with increase in sulphur content. Correlation of Charpy impact energy with these parameters shows that Charpy energy decreases with increase in aspect ratio and projected length. The effects of the inclusion parameters on the impact energy are analysed in the light of Bilby's distribution model which unlike the other models, takes into account both volume fraction and aspect ratio of inclusions. The values predicted by the model are found to be in good agreement with the experimental results.

#### Optimal Chemical Composition in Fe-Cr-Ni Alloys for Ultra Grain Refining by Reversion of Deformation Induced Martensite

By H. TOMIMURA *et al.*

準安定オーステナイト系ステンレス鋼で超微細粒組織を得るために、加工誘起マルテンサイトからオーステナイトへの逆変態を利用した加工熱処理を提案した。極低炭素の Fe-Cr-Ni 三元合金において超微細粒を得るためには次の 3 条件を満足する必要がある。

(1) 室温での加工率 90 % の冷延でほとんどマルテンサイト相に誘起される。Ni 当量 ( $Ni+0.35Cr$ ) が 16 mass% 以下の鋼種ではこの加工で 90 % 以上加工誘起マルテンサイトに変態する。

(2) 加工誘起マルテンサイトをなるべく低温で逆変態させる。Cr 当量 ( $Cr-1.2Ni$ ) が 4.0 mass% 以下の場合、90 % 加工で誘起されたマルテンサイトは、873 K-0.6 ks 焼鈍でほとんどオーステナイトに逆変態する。

(3) 逆変態オーステナイトの  $M_s$  点が室温以下である。Ni 当量 ( $Ni+0.65Cr$ ) が 19.7 mass% 以上の場合、これを満足する。

15.5Cr-10Ni 鋼はこの 3 条件を満足する代表的成分であり、この加工熱処理により平均粒径 0.5  $\mu m$  以下の超微細逆変態オーステナイト単相組織を得ることができる。

### Mechanical Behavior

#### High Temperature Deformation Behavior of Titanium-Aluminide Based Gamma Plus Beta Microduplex Alloy

By N. MASAHASHI *et al.*

高純度  $\gamma$ -TiAl 金属間化合物に  $\beta$  相安定化合金 (クロム) 添加と加工熱処理を適用して、微細  $\gamma$  粒と  $\beta$  相安定化元素の濃化した粒界相からなる新しい微細複合組織を実現した。粒界相は回折結晶学的手法による結晶構造解析および分光学的手法による組成分析から  $\beta$  相と同定した。 $\beta$  相の粒界析出は加工熱処理により促進される。微細 ( $\gamma+\beta$ ) 複合組織三元合金の高温変形挙動を二元  $\gamma$  単相合金と比較して解析した。微細 ( $\gamma+\beta$ ) 複合組織合金は高い熱間変形能を有し、1453 K で初歪み速度  $5.4 \times 10^{-4}$  において、全伸び = 450 %,  $m$  値 = 0.57 の超塑性的変形挙動を示す。このような大変形後も優先方位の発達には認められず、その変形は主として粒界すべりによる結晶回転で進行することが推定される。変形中に  $\beta$  相は  $\gamma$  粒界に沿って流動することが観察され、粒界すべり促進と微細粒組織の保存により高変形能に寄与すると考えられる。 $\gamma$  相と  $\beta$  相界面のキャビティ生成と合体が破壊の原因となる。

### Surface and Environment

#### Mechanical Properties and Aqueous Corrosion Behaviour of the Ferritic Fe-Cr-V Alloys

By S. C. TJONG *et al.*

Corrosion behaviour of the Fe-17Cr-(2-5)V and Fe-23Cr-(2-5)V alloy systems in 5 % sulphuric, 5 % hydrochloric, and 0.5 % sodium chloride solutions has been investigated by means of the immersion test and potentiodynamic measurements. Results are also given on the effect of Mo or Ni addition on the corrosion resistance of these alloy systems. Immersion test reveals that the additions of 2 and 5 % V have little influence on inhibiting dissolution of the Fe-17Cr alloy in sulphuric and hydrochloric solutions. However, addition of 1 % Mo to the Fe-17Cr-2V alloy has been shown to enhance resistance to corrosion in reducing acid solutions. Moreover, additions of 1-2 % Ni to the Fe-17Cr-(2-5)V system also exhibit a similar inhibiting effect on alloy dissolution but it is less pronounced than with Mo addition. From cyclic polarization curves it is evident that the Fe-17Cr-(2-5)V system with or without Mo or Ni addition is subject to pitting corrosion due to its low breakdown potentials and large hysteresis loops. The immersion and potentiodynamic techniques have shown that the Fe-23Cr-3V-2Mo alloy exhibits the highest resistance to reducing acids and sodium chloride solution among the alloys studied.

#### Coking and Austenitic Heat-resisting Steels in CO-H<sub>2</sub> Mixtures at 923 K

By S. ANDO *et al.*

923 K, CO-H<sub>2</sub> ガス中でのオーステナイト系ステンレス

鋼 (SUS309S, SUS310S) および鉄表面上のコーキング挙動について検討した。鉄表面上には 2 種類の炭素、すなわち膜状炭素と繊維状炭素が多量に析出したが、耐熱鋼では表面に膜状炭素の代わりに触媒作用を有しない Cr リッチな炭化物が生成するため、繊維状炭素だけがわずかに析出した。耐熱鋼の場合、繊維状炭素は炭化物スケールに生じた空洞や割れなどの欠陥部から析出する。そのため、表面仕上げを厳しくし表面欠陥を増加させると、繊維状炭素の析出は著しく促進された。繊維状炭素が表面欠陥から析出するのは、おそらく暴露された欠陥の地下表面での Cr の

欠乏により触媒作用の強い鉄の濃度が増加し、鉄リッチな不安定な炭化物を生成するためであると考えられる。耐熱鋼での繊維状炭素の析出挙動は本質的には鉄の場合と同じである。すなわち、鉄および耐熱鋼の繊維状炭素の析出反応には、 $\text{Fe}_3\text{C}$  や  $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$  のような不安定な炭化物の生成と分解が関与している。

**Mechanism of Beneficial Effect of  $\text{Y}_2\text{O}_3$  Dispersion for Protective Coating (Communication)** By Y. IKEDA *et al.*

会員には「鉄と鋼」あるいは「ISIJ International」のいずれかを毎号無料で配布いたします。「鉄と鋼」と「ISIJ International」の両誌希望の会員には、特別料金 5 000 円の追加で両誌が配布されます。

**谷川熱技術振興基金  
工業炉、燃焼装置など熱技術の  
研究助成について**

**助成研究実施者募集概要**

1. 助成対象研究：熱技術、燃焼技術その他関連技術の研究
2. 応募者の範囲：各種研究所、大学、企業、団体など
3. 助成金額：総額 2,200 万円程度を予定
4. 助成対象研究期間：助成対象の期間は 1 年間
5. 応募方法：研究助成交付申請書を平成 3 年 7 月末日までに提出
6. 選考方法：選考委員会において選考
7. 助成先決定の時期：平成 3 年 9 月中旬
8. 研究成果の発表：財団の機関誌に発表
9. 問合せ先：財団法人 谷川熱技術振興基金  
〒550 大阪市西区土佐堀 1-6-20  
TEL/FAX (06)444-2120

**● 受賞報告 ●**

本会では、関連学協会からの依頼による各賞の候補者を関係者より推薦いただき、表彰奨励推薦分科会、理事会の承認を得て各学協会へ推薦いたしております。

本年 3 月に下記の賞の受賞が決定いたしましたのでお知らせいたします。

市村産業賞 ((財)新技術開発財団)

1) 功績賞

「高炉制御技術の開発による低シリコン鉄の開発」  
日本鋼管(株)

2) 貢献賞

「インラインによる高深度、高強度熱処理レール開発」  
新日本製鐵(株)

**● 編集後記 ●**

新緑のさわやかな季節となりました。今日は連休最後の日ですが、今年も無為に休みを過ごしてしまったことを反省しながら編集後記を書いております。しかし、仕事の情報から解放されて、何もせず、ただぼんやりと過ごすことも心と体のリフレッシュになるように思いますし、怠惰な連休の過ごし方かたもそれなりの意義があるのではないのでしょうか？

さて私が「鉄と鋼」の編集委員会の末席をけがすようになってから、早いもので二年近くなります。この間皆様の論文をなんとか査読できたのも、委員長、主査、幹事をはじめ編集委員会の諸先輩の方々の御指導のおかげだと思います。ほとんど修正の必要のない読みやすい原稿から手のかかる原稿までいろいろな原稿がありますが、査読した解説や論文が編集委員会の承認を経て、「鉄と鋼」に掲載されたときはなかなかうれしいもので、できるだけ多くの読者の方々に読んでいただきたいという気持ちになります。ところが、最近

「鉄と鋼」はあまり読まれていないという話を耳にします。その理由として、記事が難しい、読みにくいということが挙げられています。これは内容が高度であるというよりも、専門的であるためなじみにくい論文が多いということではないかと思います。このことは原著論文の発表を主目的とし、また鉄鋼およびその周辺分野をすべてカバーするという「鉄と鋼」の性格から、避け難いことかもしれません。しかし、専門分野の異なる研究者、技術者も含めた多くの読者の目に触れることにより、論文が技術発展の重要な基盤になることがしばしばあります。原著論文を日本語で発表できるという「鉄と鋼」の大きな利点を生かしながら、内容が親しみやすく、しかも魅力的である紙面作りをめざして編集委員会は努力しております。わたしも微力ながらその一端を担えるようがんばりたいと思います。皆様のご協力をお願い致します。(Y. S.)