

により晶出  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  とフラックス分を分離し、高純度  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  微粒子を得た。この  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  中の不純物濃度、粒子形状、大きさ、鉄歩留りにおよぼす結晶化時間、温度、フラックス組成の影響を調べた。また、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  微粒子を希 HCl で段階的に溶解し不純物を定量する方法により、粒子の深さ方向の不純物濃度変化を明らかにし、結晶表面層で Si, Na, B, Ca および Al の各濃度が高い現象を見出した。

### Smelting and Refining

#### The Surface Viscosities and the Foaminess of Molten Oxides

By Shigeta HARA *et al.*

改良された回転粘性計を用いて、 $\text{Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{BaO-B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3$  および  $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$  系の融体の粘性がバルク内とその表面で測定された。いくつかの融体について、表面の粘性がバルク相より高いことが見出された。この高い表面層は  $\text{BaO-B}_2\text{O}_3$  系での  $\text{B}_2\text{O}_3$  のような表面活性な成分の濃度がバルク相内よりも表面層で高いことを示唆している。この融体の泡立ち性も測定された。融体の高い粘性それ自体は泡の安定化のために重要ではあるが、十分ではない、融体の組成変化による表面張力の低下が大きいことも必要であると結論される。

#### Relation between Sulphur Pressure and Sticking of Fine Iron Ores in Fluidized Bed Reduction

By Shoji HAYASHI *et al.*

14 種の粉鉄鉱石 (0.015-0.021 cm 直径) が実験室規模の回分式流動層によって 700-900°C で 90%  $\text{CO}$ -10%  $\text{CO}_2$  混合ガス (流速: 最小流動化速度  $U_{mf}$  の 8 倍) によって常圧還元された。これによって金属化中の層内の硫黄活量 ( $a_S$ ) とスティッキング挙動との関係を調査した。この活量は排ガスの化学分析によって  $\text{Fe/FeS}$  平衡を基準として見積もられた。

得られた気相中硫黄活量はすべての実験において  $a_S = 0.01-1$  の範囲にあった。硫黄活量が  $a_S = 0.1$  の中間値に近い実験では、高温ほど細長い繊維状鉄を生成し金属化後すぐにスティッキングする傾向が強い。これ以外の  $a_S$  値を示した実験では、ほとんどの場合短い繊維状鉄と海绵鉄や平滑鉄が生成し低温ほど高還元率まで流動化状態を示した。このような生成鉄形態の温度、硫黄活量依存性は著者らの以前の還元ふくれに関する基礎研究の結果と類似なものであったが、これらは層のスティッキング傾向に対応した。以上の結果はスティッキングの鉱石銘柄依存性に対する一つの解釈を与えている。

#### The Modeling of Gas-bubble Driven Circulation Systems

By O. J. ILEGBUSI *et al.*

A mathematical model is presented of the turbulent recirculating two-phase flow in gas-stirred systems. Conservation equations are solved for each phase variables and these are connected through interaction parameters. Allowance is made both for the direct influence of bubble transport on the turbulence field and the additional generation of turbulence energy at the liquid/gas interphase. In addition, the plume shape is a direct result of the computation rather than being prescribed a priori. Computed flowfields are presented for both air-water and nitrogen-steel systems. The air-water results compare well with established measurements of gas fraction and mean velocities. The steel system results seem to suggest that gas plumes in metals may be narrower than in water.

#### Desiliconization Reaction of Pig Iron with High FeO Containing Blast Furnace Slag under Pressurized and Coke-coexisting Condition

By Chisato YAMAGATA *et al.*

高炉羽口からの粉鉱石吹込みによる炉内脱珪を定量的に検討するために、加圧型高周波炉を用いて、加圧、コークス存在条件下での高  $\text{FeO}$  含有スラグによる脱珪反応に関する基礎研究を実施した。

コークス存在条件下では  $\text{FeO}$  の一部は溶鉄中 Si とともにコークスと直接還元反応を生じる。温度低下および全圧増加はこの直接還元反応を抑制して脱珪反応を促進する。スラグ量およびスラグ塩基度の増加は脱珪反応を促進する。

基礎研究結果に基づいて脱珪反応と直接還元反応の同時反応を考慮した非定常数式モデルを開発し、同時反応の定量的解析に適用した。

和歌山第 4 高炉で溶鉄温度一定条件下で乾鉄鉱石ダスト吹込みの試験操業を実施した。炉床への  $\text{FeO}$  の持込みもなく、32 kg/pt の鉱石吹込みで溶鉄中 Si 濃度は 0.09 % 低下した。したがって、鉱石吹込みによる脱珪が実炉で実証された。

#### The Cold Model Study on the Decarburization Rate in Oxygen Steelmaking Processes by $\text{CO}_2/\text{KOH}$ System

By J.-H. ZONG *et al.*

The model experiments using KOH solution/air- $\text{CO}_2$  mixture gas jet are conducted to understand the effects of blowing conditions on reacting interfacial area in simulation of decarburization in the oxygen steelmaking. The fast pseudo-1st-order reaction regime is adopted

by the chemical absorption theory to observe gas/liquid interfacial area which is the most important controlling parameter in the decarburization kinetics of high carbon regime. The result shows that the reacting interfacial area is greatly dependent on injecting gas flow rate, nozzle diameter, injection scheme and aspect ratio of the reacting volume. It is deduced that these effects are closely related with physical aspects of two-phase jet structure. An intuitive model for the jet effect on the reactivity is suggested.

### Solidification Processing

#### Spray Deposition Method and Application to the Production of Mill Rolls

By Yoshio IKAWA *et al.*

急速凝固技術は、微細・均一な結晶粒でありマクロ偏析のない組織を得るため主に用いられている。さらには、高合金鋼（例えば、スーパーアロイ等）の熱間加工性も改善できる。

オスプレイ法は、急速凝固技術の一方法であるスプレイデポジション法である。

この方法は、ガスアトマイズにより、熔融金属から直接高密度の品物を作るものである。したがって、この方法は、粉末冶金の多工程（例えば、粉末製造、分級、成形、焼結）を行わずに、粉末冶金の利点のほとんどを維持している。

このオスプレイ法を、圧延ロールに適用した。その結果良好な結果を得た。以下に、その結果を示す。

- (1) 実験パラメーターにより、微細結晶粒をコントロールすることができた。
- (2) オスプレイ プリフォームは、従来鑄造品に比べて、機械的性質が優れている。
- (3) 摩耗試験結果では、従来鑄造品に比べて、摩耗量が  $1/2$ – $1/6$  になった。
- (4) 実際の圧延テストでも、従来の鑄造ロールに比べて、オスプレイロールの寿命は 2–3 倍に伸びた。

### Fabrication and Forming

#### Metallurgical Investigation for Producing Deep-drawable Continuously Annealed Al-killed Sheet Steels through Low-temperature Coiling

By Kohsaku USHIODA *et al.*

低炭素 Al キルド鋼を素材にして連続焼鈍で深絞り用冷延鋼板を製造する場合、歩留りと生産性の向上を可能にする熱延低温巻取り技術の確立を目的に、冶金学的検討をおこなった。その結果、鋼の化学組成を i)  $0.01\% < C \leq 0.02 \text{ mass}\%$  (以後%と略記), ii)  $Mn \leq 0.15\%$ , iii)  $Al \geq 0.05\%$  に調整し, iv) かつ, スラブ加熱温度を  $1150^\circ\text{C}$  以下に選ぶことが重要であると判明した。

上記 i), ii) の条件は、熱延板に存在するセメンタイトの凝集を促進し、さらに焼鈍時の Mn-C 複合体の濃度の減少に寄与する。iii) の条件は熱延板における AlN 析出の促進に寄与する。これらは、焼鈍板の  $\bar{r}$  値の改善に重要な役割を演じる。さらに、上記, iv) の条件は、熱延板に存在する析出物を粗大化するのでフェライト粒成長の促進効果を持つばかりでなく、低 Mn 化した場合に生じるオーステナイト粒界への S の偏析に起因する熱間脆性の防止効果も有する。低温巻取りした熱延板のセメンタイトの凝集におよぼす C と Mn の影響について考察を加え、Mn が巻取り中のセメンタイトの成長を抑制するという結論を得た。さらに、提案した製造条件で優れた  $\bar{r}$  値が得られる冶金学的意義についても論じた。

実験室的に得られた上記知見をもとに、巻取り温度を低下させた実機試験をおこない、提案した製造条件を採用することにより、高い  $\bar{r}$  値が得られ、かつ  $\bar{r}$  値のコイル長手方向での分布も著しく改善されることを確認した。

### Mechanical Behavior

#### Effects of Chemical Composition on the Heat-treatment Response of Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al Based Beta Titanium Alloys

By Naotaka NIWA *et al.*

Ti-15-3 (Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al の略称) および V, Cr の濃度を低め、Al 濃度を高めた二種の合金を用い、Al, V, Cr の  $\beta$  変態点、時効挙動、機械的性質への影響を検討した。

この成分の変化により、 $\beta$  変態点温度およびノーズ温度が少し高くなる。また、最高硬度に達した時点での硬度は上昇し、またその時点での析出  $\alpha$  相の体積率は大幅に増加する。これらの影響の中で顕著なことは、時効速度は著しく速まるが、到達硬度に達した時点での強度・延性のバランスは変わらないことである。

このことから、本研究で行ったような成分の調整により、Ti-15-3 において、所定の機械的特性を得るための加工熱処理条件（プロセスウィンド）を広げることが可能である。

#### Solid Solution Hardening in Ternary Ni-Y (Y: Co, Pd, Fe)-Nb Alloys

By Guen CHOI *et al.*

Ni-Co, Ni-Pd ならびに Ni-Fe 二元合金に対する Nb の固溶体強化について調べ、Ni 固溶体における結果と比較検討した。Nb による固溶体強化率は、Ni-Co, Ni-Fe > Ni > Ni-Pd の順となるが、これら合金における Nb のサイズミスフィットにほとんど差が認められないことからこの結果を従来の弾性的相互作用を考慮した固溶体強化理論によって説明することはできない。ここで

着目すべき点は Nb の Ni に対する固溶限が Ni-Co ならびに Ni-Fe 合金では減少し、逆に Ni-Pd 合金では増加すると考えられることである。これは、Ni における固溶体強化において溶質元素が Ni 溶媒に対して固溶限を持つ場合には連続固溶体をつくる場合に比べて付加的な強化を与えるという著者らがすでに報告した結果と一致している。すなわち、Ni-Co あるいは Ni-Fe 合金においては溶質原子はクラスターあるいは短範囲規則状態にあり、転位がランダムに分布する孤立した溶質原子と相互作用するとした場合の強化に比べて大きくなると考えることができる。

### Physical Properties

#### Recent Development Status of "Functionally Gradient Materials"

(Review)

By Masayoshi NINO *et al.*

米国のオリエンテックスプレスに代表される宇宙往還機が脚光を浴びており、我が国においても多岐にわたる宇宙開発プロジェクトの中で根幹となるべき開発と位置づけている。この宇宙往還機に山積される課題の中でとりわけ超耐熱材料の開発は最も重要な基盤技術の一つとして挙げられる。

そこで宇宙往還機用超耐熱材料の開発を目指した「熱応力緩和のための傾斜機能材料開発の基盤技術に関する研究」が昭和 62 年度より科学技術庁振興調整費のもとで開始された。この傾斜機能材料とは材料を構成するマイクロエレメントを連続的にかつ使用環境に合わせて適切に制御することによって得られる、機能を傾斜させた新しい概念の材料のことである。

今回は本プロジェクトの概要と幾つかの技術的成果について紹介する。

### Materials Characterization and Analysis

#### X-ray Fluorescence Analysis of Superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ by Glass Bead-FP Method

By Shigeki MORI *et al.*

標準試料の完備していないセラミックス粉体を、蛍光 X 線分析法で正確に分析するためには、ガラスビード法とファンダメンタルパラメーター法 (FP 法) との組合せが適当であることがわかった。セラミックス粉体分析の一例として、我々は超電導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  中の  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}$ , および  $\text{CuO}$  をこの組合せ法を用いて定量した。

得られた結果は以下のとおりである。

(1) 一次 X 線および蛍光 X 線に対して無限厚さとなるガラスビードは  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  10 g, 試料 1 g, および KI 0.20 g の条件で調整できることを見出した。

(2) 定量においては、以下に示した  $\text{YK}\alpha$ ,  $\text{BaK}\alpha$ , および  $\text{CuK}\alpha$  線に対する吸収励起効果を考慮した。 $\text{YK}\alpha$  線強度は  $\text{Y}_2\text{O}_3$ - $\text{BaO}$ - $\text{CuO}$  混合試薬中  $\text{Y}_2\text{O}_3$  を  $\text{BaO}$  または  $\text{CuO}$  で置換することにより抑制される。 $\text{BaK}\alpha$  線強度は混合試薬中  $\text{BaO}$  を  $\text{CuO}$  または  $\text{Y}_2\text{O}_3$  で置換することにより、それぞれ強調またはやや抑制される。 $\text{CuK}\alpha$  線強度は混合試薬中  $\text{CuO}$  を  $\text{BaO}$  または  $\text{Y}_2\text{O}_3$  で置換することにより、それぞれ抑制またはやや強調される。

(3) 本組合せ法により、超電導体中  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}$ , および  $\text{CuO}$  はそれぞれ 0.11, 0.18 および 0.19 wt% と良好な正確度  $\sigma_d$  で定量された。

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。