

性と焼成後強度は良い直線関係を持つ。擬似粒子の焼成後強度は主に付着粉の化学組成と核粒子中の 0.01 mm 以上の気孔体積率、結晶水含有量によって決定されるものと推定できる。

### Heat Transfer Simulation on Drying Processes on Nonfired Pellets Containing Combined Water in the Moving Bed Reactor

By Tomohiro AKIYAMA *et al.*

省エネルギーの観点から、非焼成ペレットが製鉄原料として注目されている。非焼成ペレットの利用技術の基礎となる根本的なプロセス特性を理解するために伝熱実験が行われた。伝熱特性は数値シミュレーション及び実験の両面から移動層を使用して研究された。非焼成ペレット中の結合水の分解速度と有効熱伝導率の温度依存性は TG-DTA とレーザーフラッシュ法によりおのおの測定された。移動層における粒子流体間の伝熱係数は焼成ペレットを使用して決定し、相関式の形で提案した。ここで開発した一次元数学的モデルは移動層における測定値を十分にうまく説明することができた。

### Disintegration of Coke by Mechanical Impact under Gasification Reaction

By Yuji IWANAGA

高炉内における粉発生、移動、消滅の操業シミュレーションを目標として、コークスが反応衝撃下で発生する粉の量を定量化するための実験をおこなった。

それによると、

(1) 時間の経過とともにしだいに灰分量の高い粉が発生し、粉発生とガス化反応との間に密接な関係が存在する。

(2) 衝撃力がある値以上になると急激に粉発生が進行するようになる。

(3) 反応温度、ガス組成およびコークス粒子径はガス化反応を介して粉化性に関係する。

つぎに、粉発生速度式を導き、実験結果を解析したところ、実験結果と計算結果はおおむね一致し、粉化挙動をよく表現していることを確認した。

### Smelting and Refining

#### Numerical Analysis of Fluid Flow in Continuous Casting Mold by Bubble Dispersion Model

By Nagayasu BESSHO *et al.*

製鋼条件に起因する冷延鋼板の表面および内部欠陥は、連続铸造鑄型内において、アルミナクラスター、モールドパウダー、あるいは浸漬ノズルに吹き込まれるアルゴン気泡が凝固殻に捕捉されるために発生する。こうした製品欠陥を防止するためには、鑄型内での溶鋼流動を制御する必要がある。本報では、まず、実寸大の水モデ

ル試験を行い、鑄型内の流体の流れ、ガスホールダップ分布について詳細に検討し、ついで連鑄鑄型内の流動解析モデルとして、ガスホールダップの収支と流れ場に及ぼす気泡の浮力の効果を考慮した気泡分散モデルを開発した。気泡分散モデルを用いて、鑄型内の流速プロフィール、ガスホールダップ分布、および介在物分布を評価することが可能となった。

#### The Melting Process of Rectangular Prisms Immersed in Bubbling Jet in a Cylindrical Vessel

By Manabu IGUCHI *et al.*

底吹き円筒浴内の水-空気系気泡噴流中に水で作った直方体物体を浸漬し、溶解挙動をビデオカメラで撮影した。水は空気流量の増加すなわち乱れ強さの増加とともにほぼ直方体形状を保ちつつ溶解していくようになる。このとき局所熱伝達率はほぼ等しい値をとり、球の平均熱伝達率  $\bar{h}$  で近似された。 $\bar{h}$  を用いて計算した完全溶解時間は測定値によく一致した。この事実は本溶解時間推定法が他の非球形物体にも適用できることを示唆している。

#### Analytical Study of Gas-Particle Two-phase Free Jets Exhausted from a Subsonic Nozzle.

By Natsuo HATTA *et al.*

本論文は亜音速ノズルから噴出するガス・粒子二相自由噴流の流れ場の数値解析を扱ったものである。まず、ノズル内流れの流動特性の数値解を求め、それによって決定できるノズル出口条件からのせつ動として、自由噴流領域での混相流の流れ場の流動特性を数値解として求める。ここでは、連鑄の二次冷却帯に用いられている空気と水滴からなるミスト流の数値実験がなされている。これによって得られた重要な結果の一つは、従来の意味での完全定常解が相当長い時間の経過の後でも得られないということである。むしろ、ノズルの出口近くで、ほぼ周期的に、渦が形成される。この渦構造は噴流と周辺のガスとの速度不連続によって形成される。よってその領域では、ガス流は振動し、粒子相もそれに追従する。また、小さい粒子ほど、粒子のガス運動への追従性は顕著となり、噴流境界付近に、かなりの粒子の集積が見られる。

#### Redox Equilibria of Fe and Mn in the Na<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Melts

By Bong-Hoon PARK *et al.*

Na<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 融体中の Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>、Mn<sup>2+</sup>/Mn<sup>3+</sup> redox 平衡を融体組成、温度、酸素分圧、dopant 組成の関数として求めた。Fe と Mn が共存する軽において電子スピン共鳴法によって 2 元素間の相互作用について検討した。

Na<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 融体中の Fe と Mn の redox 比は dopant

組成が増加するにつれて減少する傾向を示した。  $\log [(M^{2+})/(M^{3+})]$  と  $-\log P_{O_2}$  は直線関係にあり、Fe と Mn の redox 平衡での傾きはおのおの 8, 4 であった。  $Na_2O-B_2O_3$  融体中の Fe と Mn の還元エンタルピーの値はおのおの 80-120 kJ/mol, 40-60 kJ/mol であることがわかった。  $X_{Na_2O}/X_{B_2O_3}$  比が増加するにつれて Fe と Mn の redox 比が減少した。 ESR 測定により電子交換反応、  $Fe^{2+} + Mn^{3+} = Fe^{3+} + Mn^{2+}$  が右側に進むことが示された。

### The Effect of the Gas Jet on the Gas/Liquid Reactivity in the Metallurgical Vessel

By Sang-IK CHUNG *et al.*

The effect of the turbulent gas jet on the reaction characteristics in gas blowing was investigated by the simultaneous measurements of gas/liquid interfacial area and gas holdup. Gas/liquid interfacial area was measured by KOH/CO<sub>2</sub> model system on the fast pseudo first-order reaction, and gas holdup was measured by using the electrical conductivity method. By estimating the mean diameter of bubbles from the measured data of gas/liquid interfacial area and gas holdup, in the gas/liquid two phase region, the jet effect on the improvement of the reactivity was investigated.

Both the specific interfacial area and the gas holdup were increased as the aspect ratio decreased. The variations were larger in a high gas flow rate and in a small nozzle diameter. The effect of nozzle diameter was larger in a low aspect ratio. The calculated mean diameter of bubbles was slightly increased as the nozzle diameter was increased, and increased as the aspect ratio was increased. The result shows that the increase in the reacting interfacial area according to the development of jet was mainly affected by the increase of gas holdup through being dense of bubble swarms in the jet.

### Fabrication and Forming

#### Superplasticity and Newtonian-viscous Flow in Fine-grained Class I Solid Solution Alloys

By H. FUKUYO *et al.*

Elevated temperature (1023 to 1193 K) tensile properties are described for a fine (6 μm) and coarse (100 μm) grained ultrahigh carbon (1.25 %) steel containing 10 % Al. The coarse-grained steel exhibits Class I solid solution alloy behavior wherein a stress exponent of 3 is noted. The fine-grained steel exhibits exceptionally low stress exponents, where a stress exponent of 2 is observed at low strain rates and decreases to as low as 1.35 with an increase in strain rate. A creep

model is developed to explain these results based on grain boundary sliding accommodated by two different dislocation processes. When  $n=2$ , the accommodation process is attributed to dislocation climb and when  $n$  is less than 2, dislocation solute-dragged glide becomes an important accommodation process. The model predicts ideal Newtonian-viscous flow ( $n=1$ ) will occur in Class I solid solution alloys at sufficiently high temperatures and at fine grain sizes. It is shown that the superplastic alloys Al-Mg-Cu, Ti-6Al-4V and Mg-33Al exhibit the predicted fine-grained Class I solid solution alloy behavior, whereas the superplastic alloys Ni-39Cr-10Fe-7.5Ti-1Al, Cu-39.4Zn, Fe-26Cr-6.5Ni-0.05 Al, and Ag-28Cu exhibit the predicted fine-grained Class II solid solution behavior.

### Microstructure

#### Inhomogeneous Texture Formation in High Speed Hot Rolling of Ferritic Stainless Steel

By Tetsuo SAKAI *et al.*

フェライト系ステンレス鋼 SUS430 の高速圧延時に生じる板厚方向に不均一なせん断歪みの分布と、集合組織の板厚方向変化との関係を調べた。圧延速度は 20 m/s, 圧延温度は 1000°C, 圧下率は 40 % とし、圧延後急冷までの時間は 3.5-250 ms と変化させた。せん断歪みは板表面より 100 μm 付近で最大となった。せん断歪みの増加と共に  $\langle 110 \rangle // ND$  軸密度が増加し、 $\langle 111 \rangle // ND$  は減少した。強せん断層の変形集合組織は  $\{110\} \langle 001 \rangle$ ,  $\{110\} \langle 112 \rangle$ , および  $\{112\} \langle 111 \rangle$  を主成分とし、板厚中心部では  $\langle 111 \rangle // ND$ ,  $\langle 100 \rangle // ND$  成分が発達した。再結晶後は強せん断層で  $\{110\} \langle 001 \rangle$  の強度が低下するほか、板厚全体にわたって、集積度が低下するものの、変形集合組織と類似の集合組織が残った。実験室用小型圧延機による低速圧延実験(圧延速度 0.24 m/s) の結果から、表面直下へのせん断歪みの集中は高速圧延に特有の現象であることがわかった。また、一方向に切削加工した試料の表面層の集合組織を測定して、 $\{110\} \langle 001 \rangle$  方位はせん断変形のみで形成されることを明らかにした。

#### Prediction of Temperature Distribution, Flow Stress and Microstructure during the Multipass Hot Rolling of Steel Plate and Strip

By A. LAASRAOUI *et al.*

The hot rolling of steel was simulated using data from laboratory experiments and mill trials. Particular attention was paid to prediction of the temperature distribution through the thickness of the rolled plate or strip. The effects taken into account are radiation and convection from the surface when the

material is between stands, and conduction to the rolls and the temperature increase due to mechanical work when the material is in the roll gap. An explicit finite difference method is used to calculate the temperature distribution through the thickness of the workpiece during processing.

On the basis of the present temperature model and of the constitutive and recrystallization kinetics equations developed earlier for the steels under investigation, a computer model was developed for the prediction of rolling force and microstructural evolution. The predictions of these models are in good agreement with measurements on both experimental and commercial steels. They can accordingly be used for off-line applications, such as mill construction and rolling schedule design and optimization. They also constitute a step towards the on-line control of plate and hot strip mills.

### Mechanical Behavior

#### Low Cycle Fatigue Behavior of Pressure Vessel Steels in High Temperature Pressurized Water

By Norio NAGATA *et al.*

BER (沸騰水型原子炉) 冷却材環境を模擬した高温・高圧水中で原子炉圧力容器用低合金鋼 ASTM A508 Cl. 3 (JIS SFVQ1A), ASTM A533B Cl. 1 (JIS SQV2A) の低サイクル疲労挙動を調べた。全歪み範囲、歪み速度、及び溶存酸素濃度をそれぞれ 0.5-2.2%, 0.1-0.001 %/s, 10-8 000 ppb の間で変化させた。比較のために、室温及び高温の大気中においても疲労試験を行った。

高温水中の疲労寿命は室温大気中に比べて短くなった。しかし、疲労寿命の低下量は全歪み範囲の減少とともに小さくなり、全歪み範囲が小さなところではむしろ

大気中よりも長くなった。A533B 材の疲労寿命は A508 材に比べて明瞭な歪み速度依存性を示した。しかし一方、両者の溶存酸素濃度依存性はほぼ同様の傾向を示した。疲労き裂は介在物の溶解によって生じた腐食ピットから発生し、低サイクル疲労挙動は材料中の硫黄含有量に依存することがわかった。

本実験のデータはいずれも ASME Code Sec. III の設計疲労曲線を上回ることから、本供試材は原子炉冷却環境下においても安全裕度を保有するものと結論される。

### Surface and Environment

#### State of the Art in Precoated Steel Sheet for Automotive Body Materials in Japan (Review)

By Yasuhiko MIYOSHI

我が国においては、合金化溶融 Zn めっき鋼板、Zn-Fe 二層めっき鋼板、Zn-Ni めっき鋼板、有機複合めっき鋼板が自動車車体に広く使用されている。最近上層めっきを施した合金化溶融 Zn めっき鋼板と薄膜型有機複合めっき鋼板が開発され、需要が伸びている。これらは耐食性が優れている以外に、塗装性、プレス性、溶接性も良好であり、5年-10年防錆用表面処理鋼板は近い将来両者が主流を占めると考えられる。

車体腐食は外面腐食と孔あきに大別される。実車腐食調査や各種ラボ試験から明らかになってきた腐食機構についても解説した。

現在では、無機分散めっき、有機分散めっき、Zn-Mn めっきなどの新合金めっき、真空蒸着法による Zn-Fe や Zn-Mg めっきの開発が進んでいる。その他、鋼板表面粗度制御、めっき制振鋼板、接着構造、車体軽量化が重要な研究課題と言える。

---

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。

---