

ISIJ International, Vol. 31 (1991), No. 3
掲載記事概要**Preparation and Beneficiation****Microwave Application in Carbothermic Reduction of Iron Ores**
By N. STANDISH *et al.*

Reduction of hematite fines and magnetite concentrates containing carbon using microwave energy was investigated. The reduction rate was found to be very rapid under all conditions employed. The nature of the ore mineral and flux (lime and limestone) did not influence the reduction but the nature of carbon had an effect, with charcoal being superior to coke.

Microwave reduction is a highly non-isothermal process and bearing this in mind, the effect of temperature on reduction was exponential. Difference between the reduction of identical samples with microwave and conventional heating (1 000°C) was remarkable—in favour of microwave heating.

Effect of Porosity on the Swelling Behaviour Iron Ore Pellets and Briquettes (Note)
By T. SHARMA *et al.***Smelting and Refining****The Flow Field in Air-Water Vertical Bubbling Jets in a Cylindrical Vessel**
By M. IGUCHI *et al.*

底吹き円筒容器内水-空気系気泡噴流の気泡頻度とガスホールドアップを電気探針法で、気泡に誘起される水の軸方向、半径方向および周方向の平均速度と乱れ成分をレーザードップラー流速計で測定した。これらの実験結果に基づき、気泡噴流内の流れ場をノズル出口から順次、運動量支配領域、遷移領域、浮力領域、表面領域の四つの領域に分類した。さらに各領域におけるガスホールドアップならびに水の平均速度と乱れの rms 値 (自乗平均の平方根値) の半径方向の分布の特徴を明らかにするとともに、上昇する水の流量、運動量、運動エネルギーを求め、従来液体の運動を予測するために提案されている各種のモデルの改良のための基礎資料を提供した。

Solidification and Processing**Development of a New Mold Oscillation Mode for High-speed Continuous Casting of Steel Slabs**By M. SUZUKI *et al.*

大型スラブ連続における鋳型と鋳片間の潤滑に関する定量的解析を行い、5 t 試験連続鋳機を用いた鋳造試験結果とあわせて鋳型内潤滑機構について検討した。次に高速鋳造時の鋳型内潤滑改善のための最適振動波形について検討し、次のような結果を得た。メニスカス直下では液体潤滑が、また鋳型下部では鋳型速度が大きい場合やパウダーの粘性が高く溶融温度が高い場合に固体潤滑が支配的になる。高速鋳造時の最適鋳型振動波形は、従来のサイン波形よりも、鋳型の上昇時間を下降時間より長くするような偏倚サイン波形 (非サイン波形) がメニスカス直下の引張摩擦力の低減、脆弱なシェルに対する圧縮力の点から望ましい。この新しい鋳型振動波形を実機に適用した結果、鋳型内摩擦力を低減することができ、安定した高速鋳造が実現した。

Fabrication and Forming**Warp Control in Strip Processing Plant**By T. MASUI *et al.*

ストリップの連続処理ラインにおいて、搬送ロールによって何度も曲げられたストリップは、幅方向および長手方向の反りを発生する。長手方向反りは、ライン張力によって抑制されているが、幅方向反りは、ロールから離れると発

生する。この反りは、縦型電気めっきラインや溶融亜鉛めっきラインにおいて、めっき厚み均一化の阻害要因となる。

本論文では、実験結果と比較して実用上十分な精度を有する解析モデルを開発し、これを用いて、反りに対するロール径、板厚、材料強度その他の影響を明らかにし、それぞれのラインでの反りのコントロール方法を検討した。

電気めっきラインでは、縦型めっきセルの直前で幅反りを消去することが、溶融亜鉛めっきラインでは、めっきポット内のロールレイアウトの最適化が、めっき厚みの均一化に効果的である。

Microstructure**Hot-ductility Recovery by Manganese Sulphide Precipitation in Low Manganese Mild Steel**By H. KOBAYASHI *et al.*

Mn 量と S 量を変えた低 Mn 軟鋼の熱間延性の温度、焼鈍時間および均熱後の冷却速度依存性を調べた。室温から直接試験温度に加熱した場合には延性はいずれも優れていたが、1 250°C への均熱処理後約 30°C/s 以下で冷却するとその延性は著しく低下した。S 量の増加はさらに熱間延性を低下させた。この延性低下はオーステナイト粒界への S の偏析による。均熱後著しく速い、例えば 100°C/s 以上で冷却すると延性は顕著に改善された。熱間延性の S 濃度依存性から S 原子とオーステナイト粒界との結合エネルギーが 198.4 kJ/mol と求められた。脆化した鋼の熱間延性は試験温度での焼鈍時間とともに回復した。これには MnS の析出がともなう。予変形および低 S 化は延性の回復を促進した。延性回復のための活性化エネルギーが 461.2-491.3 kJ/mol と求められた。これは Mn 原子の体拡散と S 原子とオーステナイト粒界との結合エネルギーによって説明される。O の存在は延性の回復を遅らせ、S 量の低下を無意味にする。

Comparison of Dynamic Recrystallization and Conventional Controlled Rolling Schedules by Laboratory SimulationBy L. N. PUSSEGODA *et al.*

A seamless tube mill rolling process was simulated with the aim of optimizing the ferrite grain refinement by decreasing the finish rolling temperature during the stretch reducing mill (SRM) stage. Tests were performed on one Nb-V and two Ti-V microalloyed steels. For the Ti-V steels, maximum grain refinement is achieved when the SRM exit temperature is just above the A_{r3} ; at a cooling rate of 3.5°C/s during transformation, ferrite ASTM grain size numbers of #13 and higher are produced. When the reductions are applied below the no-recrystallization temperature or T_{nr} , the strains are accumulated at first as a result of the absence of static recrystallization during the short interpass times. At larger strains, dynamic recrystallization is initiated, due to the absence of strain-induced precipitation during the brief unloading intervals. Under these conditions, the rolling loads are lower than when a conventional controlled rolling schedule is employed. In the latter case, the interpass times are sufficiently long for the occurrence of appreciable strain-induced precipitation, which is responsible for the prevention of dynamic recrystallization, and the consequent accumulation of strain and pancaking of the austenite. For the Nb-V steels, when the SRM cooling curve passes through the nose of the CCP (continuous-cooling-precipitation) P_s curve, austenite pancaking takes place. By contrast, when the cooling curve passes above or below the CCP curve, the dynamic recrystallization of austenite is initiated, leading to ferrite grain sizes which are generally finer than those produced by the pancaking process.

Microstructural Characterization of Twin-roll Cast Gamma Titanium Aluminide Sheets

By M. MATSUO *et al.*

難加工性材料の板形状付与技術として双ロール直接铸造法を γ TiAl 金属間化合物に適用し、幅 100 mm の平坦な薄板が製造可能な実験のプロセスを開発した。铸造時の冷却速度調整により化学量論比組成 γ TiAl について広範に金属組織を変化させた。これらの金属組織観察とくにその板厚内変動の解析から、直接铸造過程の凝固と相転移の履歴を推論した。表面部では初期に α 相が晶出して樹枝状晶が温度勾配に沿って α 相を優先方向として成長する。急速冷却中に α 相は著しく微細な ($\gamma + \alpha_2$) 層状組織となり、この変態時に $\{0001\}_\alpha // \{111\}_\gamma$ の関係から板面法線と $\langle 111 \rangle_\gamma$ が平行する鮮鋭な繊維状集合組織を形成する。板厚中間部では γ 量の晶出が進み、樹枝状晶との界面で冷却中発生する熱応力を塑性変形により緩和する。凝固終期にあたる板厚中央部では、液相不足をきたした場合に凝固収縮孔が発生する。これらの事実をもとに薄板铸造技術改善と組織制御の冶金学的指針を示した。

Mechanical Behavior

Determination of Dynamic Elastic-Plastic Fracture Toughness by a Drop-weight Impact Testing Machine

By T. YASUNAKA *et al.*

動的弾塑性破壊靱性を測定するために、落重型衝撃引張試験機をデザインし、製作した。試験後は基本的には重錘、負荷棒及びストッパーよりなっている。コンパクトテンション (CT) 試験片の下に負荷棒が吊り下げられ、試験は負荷棒の下端のストッパー上に重錘を落下させることによって行われる。ストッパーに油圧器を内蔵したものを使うことによって、負荷初期の衝撃波を緩和することができ、かつ

引張速度を重錘の落下速度の 1/4 にすることができた。これによって測定データは静的試験におけるものと同じ解析が可能であった。

荷重線変位は試験片の予き裂側表面で測定したき裂開口変位から計算される。静的試験において、この推定された荷重線変位は直接に測定したものとよく一致することが確かめられた。またき裂の伝播開始は超音波法によって検出することができる。この方法を用いて、応力拡大係数増速度 $K_I = 1.9 \times 10^5 \text{ MNm}^{-3/2} \text{ s}^{-1}$ 以下における球状黒鉛鉄の動的弾塑性破壊靱性 J_{Id} が測定された。試験片には 25 mm 厚 CT 試験片を用いた。上部棚の延性破壊領域では、球状黒鉛鉄の J_{Id} は K_I の増加と共に増加する。

Effect of Cobalt Addition on Transformation Behavior and Drawability of Hypereutectoid Steel Wire

By Y. KANETSUKI *et al.*

過共析鋼に生成する粒界セメントイト及びウィドマンステッテンセメントイトは脆性破壊の原因と考えられている。本研究では粒界セメントイトの析出を制御すべく過共析鋼の変態挙動に対する Co 添加の効果について検討した。その結果、1.3 wt% C 以下の過共析鋼では Co 添加とパテンティング処理により粒界セメントイトの析出が抑制されることがわかった。

粒界セメントイトの析出の抑制により過共析鋼の伸線性は共析鋼と同等であり、強度は共析鋼に比べ増加した。Embury-Fisher の式により解析した結果、加工硬化係数の増加はラメラ間隔の微細化によるもので、このことは組織観察の結果確認された。さらに全面パーライト組織の場合、ラメラ間隔が微細化するの炭素量の増加によるものであることがわかった。変態挙動に対する Co 添加の効果は CCT 曲線の変化より考察した。

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。

● 編集後記 ●

一年中春や秋のような気候が最も過ごしやすいが、これでは変化がなく人も怠惰になってしまう。夏は暑く冬寒い、これが日本の経済活性化に最も役立っている。記録的な暖冬と中東情勢の不安定からの原油高、日本経済にはマイナス要因かも知れないが相変わらず高景気が持続している。平成 2 年の粗鋼生産は 1 億 1 千万トン、鋼材出荷量は最高、仙台での秋季講演大会の記録的な参加者数、西山記念技術講座の“21 世紀の鉄鋼業”の大盛況、求人難というのに多くの理科系卒業生の内定等、日本鉄鋼業の久しぶりの力強さを見ている。たった 4、5 年前は一体何だったのだろうか？

2 月号の編集後記なので読者の目にふれる頃には状況が変化しているかも知れないが、日本鉄鋼協会を取

り巻く環境はすこぶる良好である。魅力ある協会ということで編集委員会は読者の興味をひく“鉄と鋼”づくりに精を出している。本号も、最も早い掲載論文は受付より 7 か月、3 編の広い分野の技術資料、解説、筆頭名が女性の論文、5 編の製・精錬、9 編の材料・加工分野の論文とバランスの取れた構成、会員共々の努力の成果が現れてきている。現在の日本鉄鋼業の底力は自他ともに認めるが、将来に向かって今のうちに若手の研究者・技術者を育てるためにも“鉄と鋼”の重要性を認めるこの頃である。

会員皆様のいっそうのご協力をお願いいたします。
(Y.I)