

## Transactions of The Iron and Steel Institute of Japan

Vol. 26 (1986), No. 6 (June) 掲載記事概要

## Technical Reports

## Development of Steelmaking Process for Stainless Steel by Top and Bottom Blowing with Coke Addition in Converter

By Noriyuki MASUMITSU, et al.

新日本製鉄・室蘭製鉄所では 1972 年より、LD-RH-OB 法によりステンレス鋼を製造している。最近、脱りん溶銑と上底吹転炉をみ組合せた当プロセスにおいて、ステンレス鋼スクラップを炭材により溶解する新精錬法の試験を行い以下の結果を得た。

- (1) 粉コークスの底吹き添加法と塊コークスの上方添加法において、著しい熱効率の差は認められない。
- (2) 転炉における Cr 源の最適添加法は、Cr 濃度の高い Fe-Cr 添加前にステンレス鋼屑を分離、添加する方法である。
- (3) 転炉精錬中の底吹きガス攪拌の効果により、転炉吹き止め時点でのスラブ中 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 濃度は従来法より著しく低減する。
- (4) 転炉工程での鋼中 [S] と [N] は、コークスと底吹きガスの添加により増加するが、後工程の RH 精錬により従来レベルに減少することができる。

## A New Roll Eccentricity Compensation System

By Toshinori MIKI et al.

新ロール偏心制御システムは、冷延鋼板の高板厚精度を保証することを目的として開発された。

このシステムは、油圧圧下装置の制御に対して、前の圧延状況において検出された板厚偏差のフィードバック値を使用するシステムである。

この制御出力は、制御の安定化と、板厚変動の減少を正確におこなうため、圧延中、繰返し処理することで、完璧にものにされる。

通常の AGC システムと共に、この制御システムは、日新製鋼・堺工場の 5-スタンド冷間タンデムミルにおいて、1982 年以降、十分にその効果を発揮している。

## Research Notes

## Effect of Sulphur Potential in Reducing Gas on the Reduction Rate of Wustite with Carbon Monoxide

By Shoji HAYASHI et al.

熱力学的に金属鉄が安定な濃度領域における  $\text{H}_2\text{-H}_2\text{O}$  還元ガスへの  $\text{H}_2\text{S}$  の添加はウスタイトの還元速度と還元鉄の性状に強い影響を及ぼすということが著者らの最近の研究で明らかになっている。

本研究では緻密ウスタイトの  $\text{CO-CO}_2\text{-COS}$  混合ガスによる還元実験が行われ、 $800\sim 1200^\circ\text{C}$  の温度範囲で硫黄と炭素のポテンシャルの影響が調べられた。

$\text{CO-CO}_2$  混合ガスによる還元において観察された鉄の性状は温度とガス組成に依存したが、その結果は以前の研究に一致した。 $1000^\circ\text{C}$  以下では、鉄の硫化が起こらない硫黄ポテンシャルをもつ硫黄は多孔質な鉄よりも

緻密な鉄の形成をもたらした。 $1100^\circ\text{C}$  以上では、同様な硫黄ポテンシャル下で、粗大な鉄粒子が高い炭素ポテンシャル下で、鉄ウイスキーが低い炭素ポテンシャル下で形成される。 $\text{CO-CO}_2$  混合ガスへの硫黄の添加はウスタイトの還元をむしろ遅くするが、 $\text{H}_2\text{-H}_2\text{O}$  混合ガスへの硫黄の添加は還元を著しく促進する。さらに還元速度と生成物の組織との関係が速度論的に検討された。

## Statistical Thermodynamics of Sulphur Solution in Molten Iron

By Nobumitsu SHOHOJI

溶鉄中への硫黄の溶解度について、統計熱力学に基づく考察を試みた。鉄原子と硫黄原子は異なる副格子上に分布するものとし、硫黄原子同志の相互作用の大きさは同一温度においては組成によらず一定であるとして解析を行った。その結果、鉄原子と硫黄原子の間の相互作用エネルギーとして  $-51\text{ kJ/mol}$ 、また硫黄原子同志の相互作用エネルギーとして  $-9.6\text{ kJ/mol}$  の推定値が得られた。溶鉄中への硫黄溶解度に及ぼす炭素およびりんの影響についても、簡単な統計的モデルに基づく説明を試みた。

## Research Articles

## Increase in Low-temperature Reduction Degradation of Iron Ore Sinter due to Hematite-alumina Solid Solution and Columnar Calcium Ferrite

By Ichiro SHIGAKI et al.

ヘマタイトから還元したマグネタイトの格子像を TEM により観察した結果、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  固溶により極微的に格子不整が生じることが明らかになった。さらに、 $\text{CO-CO}_2$  混合ガスによりヘマタイトから還元したマグネタイトの歪みに及ぼすヘマタイトへの  $\text{Al}_2\text{O}_3$  固溶の影響を X 線ライン幅を測定して求めた。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の固溶量が増加するほどマグネタイトの歪みが増加することがわかった。

焼結鉱中の鉱物相について、き裂の伝播阻止特性に対応する破壊強度をウィッカーズ試験により求めた。非晶質けい酸塩とカルシウムフェライトの破壊靱性値は同程度であり  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の影響は少し認められた。しかし、き裂の発生特性を意味する臨界荷重はカルシウムフェライトが実験鉱物中もつとも低い値を示した。

骸晶状ヘマタイトの生成機構を実験により検討した。その結果、骸晶状ヘマタイトは非晶質けい酸塩と共存していたマグネタイトが焼結過程の冷却段階で分解、溶融後、酸化されて生成することが判明した。

## Hydrogen Transfer Reaction during Carbonization of Coal and Pitch

By Tetsuro YOKONO et al.

石炭、ピッチの水素供与能、受容能を実験的に評価した。石炭の水素供与能 ( $D_a$ ) は石炭化度 (反射率) に依

存しており、また生成するコークスの光学的異方性組織の発達程度と関係していることが判明した。軽度の石炭の酸化および石炭の配合についても水素供与能でキャラクターライズできた。赤平炭と種々のピッチとの共炭化反応により生成するコークスの異方性組織の展開の程度を石炭およびピッチのそれぞれの水素供与能、受容能を用いて評価した。赤平炭とピッチの配合において、 $D/A$  パラメータの値を 0.12~0.14 でコントロールした系から生成するコークスはファインモザイク組織 [ $M_f$ ] を与えることが明らかとなった。

### Mathematical Analysis of Solidification Behaviour of Multi-component Alloys

By TOSHIO FUJIMURA *et al.*

多元系合金のマイクロ偏析の予測を目的として数学解析を行つた。凝固中期を想定して、固相線液相線位置が時間の平方根に比例して移動すると仮定した。凝固の進行方向において熱伝導式と各溶質の拡散式を連立させ、この近似解を求めた。

本モデルの妥当性については以下の結果が得られた。炭素鋼連铸材の C, Si, Mn の実効分配係数および固液共存域内の温度分布について本モデルは実測値に対して満足すべき結果を示した。ステンレス鋼のマイクロ偏析の最大値についても良好な結果が得られたが、固相率と濃度の関係についてはモデルは実測値に対して偏倚を示した。これは本モデルにおいて二次デンドライトアーム間の偏析を無視したことによると考えられた。

本モデルによれば、炭素鋼のように液相線温度が炭素濃度でほぼ決定されるような場合、固液共存域内で固相率と温度の直線関係を仮定して良いことが示される。この仮定により、誤差を大きくすることなく凝固計算を簡単化することが可能である。

### An Evaluation of Critical Strain for Internal Crack Formation in Continuously Cast Slabs

By TOORU MATSUMIYA *et al.*

連铸鋳片の内部割れ発生限界歪みを簡便に評価しうる試験法、溶融曲げ試験法を開発した。この試験法では立方体試験片中央上面を高周波誘導加熱により溶融し、その後、加熱電流を下げて約 20 mm 程度の凝固層を作る。この状態で試験片に曲げ変形を加える。曲げ量を変化させることにより、固液界面に加わる歪み量を変化させる。上記の試験は Ar ガス雰囲気で行う。試験後、試験片の内部発生の有無を調べ、加えた歪み量と対比して、割れ発生の限界歪みを求める。

上記の方法で炭素鋼 6 鋼種につき限界歪みを測定した。鋼種間の限界歪みの違いは算出液相線、固相線温度差と相関があり、その温度差が大きいほど限界歪みが小さくなることが判つた。他の研究者らの測定した限界歪み値も同じ傾向にあることが判つた。

### Effect of Phosphate Film on Wet Adhesion of Paint Film on Zinc-Nickel Alloy Electroplated Steel Sheet

By MINORU KITAYAMA *et al.*

Zn-Ni 系合金めつき鋼板の塗膜の耐水密着性は化成処理浴中の金属イオンバランスによつて大きな影響を受け、浴中の  $Ni^{++}$  比率をかえるとりん酸塩皮膜の Ni 含有率が変わり Ni 含有率が高くなると耐水密着性は向上する。また、Ni 含有率が十分高いと亜鉛系めつき鋼板は冷延鋼板並の耐水密着性が得られる。また、Zn-Ni 系合金めつき鋼板に含まれる Ni は化成処理時一部溶出しりん酸塩被膜の Ni 含有率を上げる方向に作用し、耐水密着性の点から有利である。一方、焼付後水浸漬過程での Hopeite 4 水塩への回復現象と耐水密着性との間には強い相関関係があり、Hopeite 4 水塩への回復がおこりにくいものほど優れた耐水密着性を確保できること、また、耐水密着性の低い場合には塗膜下に ZnO の発生が認められ、ZnO の発生は耐水密着性にきわめて大きな影響を与えていることがわかつた。これに対し、化成処理浴の  $Ni^{++}$  比率を上げりん酸塩被膜の Ni 含有率を上げると Hopeite 4 水塩への回復と ZnO の形成の両者を抑制する方向に作用し、それによつて優れた耐水密着性が確保されることがわかつた。

### Relation between Wet Adhesion of Coated Steel and Stress Changes in Paint Film

By MINORU KITAYAMA *et al.*

塗装鋼板の塗膜の耐水密着性と塗膜内応力変化との関係について検討した。同時に、塗膜下での ZnO の生成機構について調査した。塗膜下の  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$  はカチオン電着 (C-ED) の焼付で脱水して  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  になる。次に水浸漬によつて一部の  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  は加水分解し  $Zn(OH)_2$  と  $Zn(H_2PO_4)_2$  を生じ、さらに  $Zn(OH)_2$  は容易に脱水して ZnO になる。生成した ZnO は塗膜とりん酸塩被膜の結合力を著しく弱める。一方、C-ED 塗装材ではきわめて大きな残留応力が塗膜に存在するため、ZnO の生成によつて低下した塗膜とりん酸塩被膜の結合は容易に破壊される。さらに、 $Zn(H_2PO_4)_2$  は Hopeite 4 水塩となり体積膨脹して応力を生じその破壊を助長する。以上の結果により C-ED 塗装材の耐水密着性は低下する。Ni の存在は ZnO の生成を抑制し加水分解反応を押えてりん酸塩被膜を安定化する。また、りん酸塩皮膜を非晶質化し Hopeite 4 水塩への回復を押えて体積膨脹をなくし応力を押えている。従つて高  $Ni^{++}$  イオン濃度の浴から形成されたりん酸塩被膜は優れた耐水密着性を確保できる。

### The Effect of Thin Insulating Layer on Heat Transfer Characteristics during Quenching of Hot Metals in Saturated Water

By YOSHIHIRO KIKUCHI *et al.*

本論文では、薄い断熱(熱抵抗)層を被覆した高温金属から飽和水へのプール過渡沸騰熱伝達について述べる。今回の実験で採用された試験体は銀円柱であつて、その伝熱表面が薄い耐熱塗料で被覆されている。加熱円柱は蒸留水中へ浸漬され、大気圧水の飽和温度まで冷却された。その結果、表面塗装により、熱伝達が大幅に促進されることがわかつた。これは、塗装が厚くなるほど最小膜沸騰温度が高くなり、膜沸騰から遷移沸騰への早

期移行が生じるためである。最小膜沸騰温度の測定値は膜沸騰状態においても固液接触が間欠的に起こると仮定した理論モデルによる計算値とよい一致を示した。

### Fatigue Strength of Low Carbon Steel with Hard Boride Alloy Bonded on

By Akio Fuji et al.

流動床ボイラでは低炭素鋼伝熱管のエロージョンを防止する目的で、小型のボライド合金を鋼管の表面へ拡散接合している。しかし、このボライド合金の小型ブロックは、その端面の応力集中や鋼管との硬さの違いにより疲労強度を低下させる心配があつた。ここでは、板および鋼板にボライド合金を接合した試験片を用いて疲労試験を実施し、特にき裂発生挙動について検討した。その結果、ボライド合金を接合した低炭素鋼管は、ボライドをつけない鋼管の疲労強度とほぼ同じ強度をもつことが分つた。圧縮残留応力や合金元素の拡散による強度上昇が疲労強度に有効であり、応力集中により低下するというそれぞれの要因が相殺してボライド合金の有無にかかわらず疲労強度が同程度になつたと考えられる。すなわ

ち流動床ボイラではボライド合金を接合した鋼管は接合しない鋼管と同様な方法で使用出来ると考えられる。

### New Technology

#### Automatic Control System for Coke Quencher

住金化工(株)・技術部

#### Ultrasonic Shape Meter with Water Column for the Convexed Peripheral Sides of C.C. Slabs

日本鋼管(株)・福山製鉄所

#### Detection System of Slag Entrained to Teeming Stream in Continuous Casting

住友金属工業(株)・制御技術センタ

#### Automatic Operation System for Yard Machines

川崎製鉄(株)・千葉製鉄所

### Preprints for the 110th ISIJ Meeting

—Part V (continued from Vol. 26, No. 4)—

会員には「鉄と鋼」あるいは「Trans. ISIJ」のいずれかを毎号無料で配付いたします。「鉄と鋼」と「Trans. ISIJ」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付されます。

### 書 評

#### 現代における小たたら

#### —実操業と関連技術の全て—

加藤 誠・天野武弘 著

本書は表題の示すとおり、古代日本のたたら製鉄を実験的に再現した時の詳細な記録であるが、近代製鉄技術を熟知した我々に、鉄がいかに容易に製造されるかを改めて知らせ、驚嘆させる書でもある。

著者らは、“たたら”に関して全くの素人であつたにもかかわらず、野だたらあるいは一人たたらと呼ばれる古代たたら(小たたら)に想いをはせ、技術史に登場する古来のたたら製鉄法への理解を深めようと実験にとり組んだ。その結果、極めて簡単な手製の小さな炉で、容易に鉄塊を得ることに成功し、工業高等学校の実験実習として授業にも取り入れている。そのため本書はたたら

法の操炉手順のみならず、鉄塊(鋳)の性状分析法をも詳細に記述している。

読者は知らず知らず古代日本の、そして鉄づくりのロマンに引きこまれ、自らも庭の片隅で“たたら”を吹いてみたくなってくる。著者らは、これを予期したかのごとく、図、表、写真をふんだんに使用し、用語解説を付して高校生や一般の人にも容易に理解できるよう配慮するとともに巻末には多数の参考資料を掲げている。また、新たに実験せんとする人へのアドバイスを記すことも忘れていない。さらに鋳を鍛造する小鍛冶に言及し、その理論と実際を述べ、その実証として自ら実験で得た鋳から二振りの短刀と脇差しを作成した。著者らのロマンここに極まれの感がある。

鉄に携わる者として、古代日本に想いを至す者として是非読んでおきたい古代技術の書である。

(稲葉 晋一)

A4判 112 ページ 定価 2,000 円

1986 年 1 月 コンパス社発行