

ISIJ International, Vol.33 (1993), No.3 掲載記事概要

High Temperature Processes

Measurements of Silicon Activities in Fe-C-Si and Fe-B-Si Alloys Using Electrochemical Silicon SensorsBy H.-G. LEE, *et al.*

A simple electrochemical silicon sensor was fabricated using a solid MgO-stabilized ZrO_2 electrolyte oxygen sensor with $\text{ZrO}_2 + \text{ZrSiO}_4$ auxiliary electrode. Silicon activities in liquid Fe-C-Si and Fe-B-Si alloys were measured using the sensor at 1773 and 1715 K, respectively. Reliable measurements were performed in Fe-C-Si melts at up to 3 wt% Si and in Fe-B-Si melts at up to 10 wt% Si. Results were in good agreement with calculated values from melt compositions. The value of 0.23 was proposed for the interaction coefficient, e_{Si}^B , at 1715 K. The silicon sensor was proved to be applicable for the in situ determination of silicon activities or concentrations in Fe-C-Si and Fe-B-Si melts.

Manganese Distribution between a Slag and a Bath of Molten Sponge Iron and Scrap

By M. MERAİKİB

Sponge iron and scrap were charged and melted in a 70 ton UHP electric arc furnace. Samples of molten metal and slag were taken and the data obtained from their analysis were used to investigate the effects of some process parameters on the thermodynamics and kinetics of manganese oxidation.

The present work shows that the activity coefficient of (MnO) is mainly dependent on temperature and varies only slightly with the basicity. The partial molar enthalpy of solution of MnO in the slag is 45.3 kJ/mol. The activity of (MnO) varies linearly with the concentration in the temperature range from 1550 to 1670°C and basicity range between 0.63 and 3.82.

A linear relationship between the activity of [Mn] and the concentration up to about 1 wt.% has been obtained which shows that the average value of the activity coefficient is 0.9503.

The manganese capacity and manganese distribution ratio are influenced mainly by the temperature and slightly by the basicity.

The rate controlling step in manganese oxidation is the transport of manganese to the slag-metal interface. The activation energy of manganese oxidation is 63.4 kJ/mol. The mass transfer coefficient and the diffusion coefficient of manganese are 0.0226 cm/s and $7.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ respectively at 1600°C.

Effects of the Viscosity of Liquid on the Characteristics of Bottom Blowing Bubbling Jet in a Cylindrical VesselBy M. IGUCHI, *et al.*

水とグリセリン水溶液を用いて上昇気泡噴流の気泡特性に及ぼす液体の粘度の影響を調べた。電気探針法、シュリーレン写真法、高速度ビデオカメラによりガスホールドアップ α 、気泡上昇速度、気泡径を求めた。粘度の増加とともに気泡が容器の中心軸上に集まるチャネリング現象が観察された。 α の半径方向分布が軸方向に変化していく様相をガス流量と粘度に関して四つのタイプに分類し、各々のタイプの境界を求めた。水-空気系気泡噴流の α に対して提案された推算式が気泡レイノルズ数が約400よりも大きい領域で適用できた。

Ironmaking・Reduction

A Numerical Study on the Combustion Phenomena at the Post Combustion Stage in Bath-type Smelting Reduction FurnaceBy M. K. SHIN, *et al.*

The turbulent combustion phenomena in the gas phase occurring at the post combustion stage in a bath-type smelting reduction process was simulated by use of a mathematical model, which combines the SCRS combustion model with instantaneous reaction up to the chemical equilibrium state allowing the concentration fluctuation and the $k-\epsilon$ turbulent model. The finite difference method based on the control volume approach was used to solve the transport equations which compose the mathematical model. A 100 ton capacity converter was used as the model of the bath-type smelting reduction furnace. The effects of the injecting method on the oxidation were studied mainly. The combustion reaction in the gas phase is concentrated in the vicinity of the oxygen jet boundary. The combustion flame is spread more widely with the decrease of the inlet velocity of injecting oxygen. The efficiency of the post combustion operation was evaluated by the post combustion ratio (PCR) at the outlet of furnace. The post combustion ratio increases with the decrease of inlet velocity of the injecting oxygen and with the increase of the lance height from the iron bath surface.

Raw Material Feeding and its Influence on Operation Performance of Smelting Reduction Furnace with a Thick Layer of SlagBy H. KATAYAMA, *et al.*

溶融還元炉に投入する原料の必要前処理条件、および装入方法を明らかにするために、粉鉱石と高VM石炭が種々の方法で溶融還元炉に直接投入された。そして装入条件と操業特性の関係が調べられた。

粉原料については、メタル浴へのインジェクション法と、スラグ層の上からの少量ガスによる流し込み法が試験された。インジェクション法では底吹きガス量が増え過ぎると二次燃焼率のていか鉄ダスト発生量増加の悪影響がある。粉鉱石については、粉体流の比表面積を小さく保つことに留意すれば、流し込み法によってキャリーオーバーを無視できる程度にできる。

石炭を直接投入した場合には、石炭に含まれる揮発分が2次燃焼率、石炭原単位およびキャリーオーバー量に悪影響を及ぼす。石炭直接投入法でも熔融還元炉の操業は可能であるが、さらに石炭原単位を下げるための前処理条件が議論された。

Simulation Analysis of Coal Packed Bed Type Smelting Reduction Process

By M.-K. SHIN, et al.

The simulation analysis of material and heat flow in coal packed bed type smelting reduction process, such as COREX process, was conducted by use of the computer model developed based on the heat and material balance. The simulation was conducted by focusing on the amount of volatile material in coal used in the process and the operation condition of the fluidized bed melter gasifier where the reducing gas used in the reduction shaft is generated. The coal consumption decreases with the decrease amount of the volatile material in coal. By increasing the oxidation degree of off-gas from the fluidized bed melter gasifier, the coal consumption decreases but the increasing amount is limited by the requirements of reduction shaft. The simulation results show that it is important for efficient process to control the volume and temperature of off-gas from the fluidized melter gasifier to be matched with the requirement of reduction shaft, which is necessary for reducing the amount of gas scrubbed and cooled as much as possible. It can be accomplished by using the low volatile coal and by increasing the oxidation degree of off-gas from the fluidized melter gasifier within the allowable range.

Steelmaking・Refining

Decarburization Reaction in Ultra-low-carbon Iron Melt under Reduced Pressure

By Y. KISHIMOTO, et al.

20kg真空誘導炉を用いて減圧下の極低炭素濃度域の鋼中酸素による脱炭反応機構を研究し、以下の結果を得た。

- 1) 脱炭反応は5 ppm以下まで進行するが、脱炭反応速度定数、 K は $[C]$ の低下につれて減少する。
- 2) 炉内全圧が減少するにつれて $[C] > 10$ ppmの脱炭速度は増加するが、 $[C] < 10$ ppmでは真空度の影響は小さくなる。
- 3) 脱炭速度が $[S]$ に影響を受けないことおよび、ガス側物質移動速度が脱炭速度に与える影響も小さいと考えられることから、本実験での脱炭反応の律速段階は液側物質移動と判断される。

- 4) 炉内圧力の変化により $[C] > 10$ ppmの脱炭速度が変化するのは、CO気泡のボイリングに起因する気・液界面積の変化によると考えられる。

Casting and Solidification

Fabrication of Small Aluminum Ingots by Electromagnetic Casting

By M. FURUI, et al.

交流磁場によって熔融金属の形状を制御することは電磁 casting法(Electromagnetic Casting 略してEMC)等の電磁気利用プロセスにおいて不可欠である。一般にEMCではステンレスなどの金属リング製スクリーンによってメニスカスの形状を制御しており、これらについての実験・解析はMayerらによって報告されている。

一方、EMCにおいては金属リングスクリーンの交換や電磁条件の変更によって一般的に異径鋳塊の製造に適用させているが操業ロスなどの問題を抱えているのが実状である。

本研究では電磁条件(電磁コイル電流、周波数、供給電力など)を変化させることなく外部コイル抵抗器を用いたスクリーンコイル系のインピーダンス調整によって鋳塊直径の加減を行い、良好な鋳塊表面が得られる鋳造条件によりアルミニウム合金鋳塊を製造しその内部組織について調査した。

Apparent Viscosity of Al-10mass% Cu Semi-solid Alloys

By M. HIRAI, et al.

コールドモデル実験とAl-10mass% Cu合金の攪拌凝固実験を行い、スラリー状半凝固金属の粘度におよぼす要因について調査した。コールド実験による固液共存状態の粘度は半凝固金属と同様な固相率 f_s とみかけ粘度の関係を示し、みかけ粘度は不定形粒子より球形粒子の方が低く、粒径分布の広い懸濁液の方が低くなった。これらの粘度は固相率、固相の粒径と比表面積および流動限界固相率で決まる粘度式で説明できた。Al-10mass% Cu半凝固金属のみかけ粘度と固相率の関係も同じ粘度式で整理でき、その係数は凝固速度 C 、剪断速度 γ によって左右された。凝固速度が大きいほど粘度は高く流動限界固相率は小さくなり、剪断速度が大きいほど粘度は低く、流動限界固相率は大きくなった。これらの関係は懸濁する結晶粒形状によって影響され、枝が多いネットワーク状結晶や凹凸の大きい結晶ではみかけ粘度は高く、流動限界固相率は低くなった。Al-10mass% Cu半凝固金属のみかけ粘度 η_a が推定できる計算式として次式が得られた。

(Pa·s)

$$\eta_a = \eta_{la} \left\{ 1 + \frac{2.41 \times 10^5 C^{1/3} \gamma^{-4/3}}{2 \left(\frac{1}{f_s} - \frac{1}{0.72 - 8.82 C^{1/3} \gamma^{-1/3}} \right)} \right\}$$

Physical and Mechanical Properties

Influence of Heat Treatment and Carbon Content on the Hot Ductility of Nb-Ti Microalloyed Steels

By A. GUILLET, *et al.*

The influence of C and heat treatment on the hot ductility of Nb-Ti microalloyed steels, in the temperature range 800 to 1300°C, was investigated by tensile testing at low strain rates. The C range was varied between 0.07 and 0.14 wt% (peritectic composition). The heat treatments involved direct heating to the test temperature, annealing at 1330°C and subsolidus reheating at 1480°C. The increase of the C content to 0.14 wt% slightly affects the hot ductility after the direct heating and annealing treatments. However, after subsolidus reheating, the width of the ductility trough is increased in the 0.14 wt% C steel. This effect is attributed to the coarser austenite structure inherited from this prior heat treatment.

Materials Characterization and Analysis

Nitriding of Fe-Cr Powdered Alloys by Ball-milling in Nitrogen Gas

By Y. OGINO, *et al.*

純鉄及び $\text{Fe}_{100-x}\text{Cr}_x$ ($X=30, 50, 70$) 元素混合粉末を窒素ガス中でボールミリングしたときの粉末への窒素吸収挙動、及び粉末粒子の組織形成について調べた。その結果、この方法により高窒素濃度のFe-Cr-N合金が作製されることが明らかにされた。窒化粉末粒子の内部組織は、窒素が過飽和に固溶したb.c.c. 微結晶粒からなり、とくに $X=50$ の組成では、約12 at.%の窒素を吸収後、組織は超微細化し、X-線回析による構造因子は非晶質図形を示した。しかし、高分解能透過電顕観察によれば、このときもなお、平均粒径2 nm以下の超微細粒からなるナノ組織を形成していた。メスバウアー分光により、4-8 at.%の窒素を含有する $\text{Fe}_{70}\text{Cr}_{30}$ 合金は強磁性成分と常磁性成分とからなり、また6-12 at.%の窒素を含有する $\text{Fe}_{50}\text{Cr}_{50}$ 合金は、結晶粒径が約5 nm以下になると、ほぼ完全に常磁性化することが観察された。

ブックレビュー

● 制振材料 その機能と応用 ●

田中良平, 他編, 1992年 3月

(財)日本規格協会発行(TEL 03-3583-8001)

A 5 判 235頁, 定価(税込) 3,000円

高度成長期から安定成長の時代に移行し、生活の中に静けさ、快適さを求める傾向が強まっているが、われわれの周りは相変わらず騒音がみなぎっている。騒音からわれわれの生活をまもるためには、システムの上で騒音を発生させないよう対策することが第一であるが、騒音の発生が避けられない場合も多く、こうした場合には音や振動を最小限におさえることが必要である。そのための有力な手段の一つが制振特性に優れた材料を使用することである。

本書は制振材料の特徴と利用方法についてわかりやすく解説したものである。本書は3つの章から構成されている。第1章は「制振材料とは」という表題で、弾性体の振動、材料中の振動の減衰という基礎的事項からスタートし、内部摩擦のメカニズム、種々の制振機構とそれを応用して開発した制振材料について解説している。第1章を読むだけでも制振材料についての一通りの知識を身につけることができる。金属系の有力な制振材料は制振鋼板と制振合金であるが、それぞれについての解説が第2章および第3章に述べられている。制振鋼板は2枚の鋼板の間に樹脂を挟み込んだ複合材料であるが、その特徴と制振性能、製造技術、機械的特性や耐熱性などの実用性能、適用例について、第2章で詳細な説明がある。制振合金は単一の合金で作られる制振材料である。第3章では強磁性型制振合金、複合型制振合金、転位型および双晶型制振合金の3つのタイプの制振合金に関して、製造技術、種類と特徴、特性、利用技術を解説している。

制振鋼板、制振合金ともに近年精力的に研究されており、新しい成果も産まれつつある。こうした状況における本書の刊行は時宜にかなったものといえる。

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 斉藤 良行)