

High Temperature Processes

Enhancement of Resistance against Oxidation with Carbon Dioxide for Formed Coke and Electrode-grade Graphite and Carbon by Infiltrating Carbon into Pores

By Y. SHIGENO *et al.*

成型コークスは、一般炭を多量に配合するために、通常CO₂に対する反応性が高く、これが高炉での実操業に対する大きな障害の1つとなっている。そのため、成型コークスの耐酸化性向上を目的とし、気孔へのCの充填とその結果生ずるCO₂への耐酸化性向上の効果と気孔構造の関係を調べるために各種炭材、すなわち成型コークス、電極用黒鉛、電極用カーボン(黒鉛に比較し、結晶化度が低いもの)中の主に微小気孔をメタンガスのクラッキングにより生成するCを充填することにより改質した。CO₂に対する耐酸化性は、これらの総ての試料で向上し、またその向上の仕方はそれぞれの炭材の気孔構造に大きく依存することがわかった。特に他の試料に比較し、電極用カーボンの場合、耐酸化性が著しく向上した。耐酸化が向上しそれが炭材の種類により異なる理由は、炭素充填と酸化に伴う気孔構造の変化から説明できた。

Mass Transfer from a Solid Body Immersed in a Cylindrical Bath with Bottom Gas Injection

By M. IGUCHI *et al.*

鉄浴式溶融還元炉内における鉄鉱石や石炭の溶解挙動を把握するための基礎的研究として、気泡噴流中に浸漬した固体と液体間の物質移動をコールドモデル実験で調べた。浸漬物体には平板と球を選び、物質移動係数の測定には電気化学的手法を用いた。流れ場の乱れ強さが100%を大きく超える場合についても物質移動係数を求め、レイノルズ数、シュミット数、乱れ強さの関数として無次元相関式を提案した。この相関式はシャーウッド数をヌッセルト数に、シュミット数をプラントル数に置き換えることにより、気泡噴流中に浸漬した固体からの熱伝達の実験データも精度よく近似できた。これによって気泡噴流中に浸漬した物体に対しても、熱伝達と物質移動の間のアナログの存在が確認できた。さらに本実験結果に基づいて円柱からの物質移動に対する推算式を導き、従来の測定結果と比較してその妥当性を確認した。

Ironmaking Reduction

Kinetics and Reduction Characteristics of Hematite-noncoking Coal Mixed Pellets under Nitrogen Gas Atmosphere

By S.K. DEY *et al.*

Hematite-noncoking coal mixed pellets were reduced isothermally at 900, 950, 1000, 1025 and 1050°C under constant flow rate of Nitrogen gas. The surface characteristics of the reduced pellets for different time-temperature schedule was examined by a Scanning Electron Microscope (SEM).

Analysis of the data and examination of the SEM microphotographs reveals that the mechanism associated with the reduction, changes with increasing temperature and fractional reaction. Activation energy values of the reduction at different levels of fractional reaction were calculated with the help of an Integration Method.

The effect of Carbon/Hematite molar ratio on the extent of the reduction was also investigated. It is found that at temperatures 900 to 1000°C fractional reaction increases with increasing carbon content upto a critical value of the ratio and then decreases. At temperatures above 1000°C fractional reaction increases linearly with increasing carbon content.

Steelmaking Refining

Mixing Phenomena in a Liquid Bath Stirred by Gas Jets through Side and Inclined Nozzles

By K.S. VICTOROVICH *et al.*

容器底部から吹き込み角度を変化させて水浴中にガス吹き込みを行い、電気伝導度法により混合時間 t_m を測定し、混合時間に対するガス流量、浴深さ、ノズル角度及び位置の影響を調べた。実験より、浅い浴(H/D=0.31)で高ガス流量(攪拌動力密度 $\epsilon > 10^{-1} \text{W/kg}$)の場合、混合時間に対するノズル角度及び位置の影響が大きく、一方深い浴(H/D=1.25)においてはそれらの影響が無視できることがわかった。数字モデルによりトレーサー濃度の時間変化を計算し、その計算結果と実験結果が一致するようにブルーム上昇速度と有効粘性係数を試行錯誤法により決定した。浴の均一化に対して、深い浴ではトレーサーの物質移動が支配的であるが、一方浅い浴では液体の対流の影響が大きいことがわかった。

Gas Blowthrough of a Liquid Metal Bath by an Upward Directed Submerged Jet

By I.F. TAYLOR *et al.*

A novel instrumentation system has been developed which can measure the fraction of time that a gas jet penetrates from its point of injection to the surface of a liquid metal bath. Such penetration of the bath by injected gas is also termed "blowthrough". Using this new instrument the conditions required for blowthrough have been studied using a liquid tin model of a bath smelting vessel. The experimental results confirm a criterion previously published by Kato *et al.* for the onset of blowthrough provided the gas injection rate is low. It is shown that the limit of applicability of the Kato criterion corresponds to the onset of compressibility effects in the injected gas. A modification to the Kato criterion is developed which extends its range of applicability into the compressible gas flow regime.

Experimental results confirm that the modified Kato criterion correctly predicts the

influence of injection nozzle diameter, gas density and gas sonic velocity on the gas flow required to cause blowthrough at a given bath depth.

Model of Mixed Control for Carbon and Silicon in a Steel Converter

By C. BLANCO *et al.*

The removal of carbon in a steel converter has been studied under Gas-Liquid reaction considerations; diffusion and reaction parameters were determined and control regimes tested. Improvement of the prediction of C results in the end of the blowing process can be obtained considering the variation of factors during the process. This is also obtained by introducing the Si-removal in the simulation obtaining the C and Si evolution. Application to control is discussed in relation with the use of a slag reaction model.

Casting and Solidification

Mathematical Modelling of Heat Transfer Phenomena in Continuous Casting of Steel

By S.K. CHOUDHARY *et al.*

A steady-state three-dimensional heat flow model based on the concept of artificial effective thermal conductivity has been developed. On the basis of available literature information, boundary conditions to the governing heat flow equation have been applied, and the equation was solved via the control-volume based finite difference procedure. The model is sufficiently general and can be applied to various geometrical shapes of relevance to continuous casting of steel. Sensitivity of the predicted results to various numerical approximations including grid configurations, as well as to other modelling parameters such as axial conduction, mushy zone modelling procedure, choice of value of K_{eff} have been extensively studied. It has been shown that assumptions and numerical procedures influence the computed results significantly. Finally, numerical predictions have been compared with three sets of experimental measurements reported in literature on shell thickness in industrial casters. In contrast to the earlier claims, these indicated only poor to moderate agreement between model prediction and experimental results.

Microstructure

Effects of Second Phase Morphology on Retained Austenite Morphology and Tensile Properties in a TRIP-aided Dual-phase Steel Sheet

By K. SUGIMOTO *et al.*

0.17% C - 1.41% Si - 2.00% Mn (mass%)の組成を有する変態誘起塑性(TRIP)型複相組織鋼を用いて、第2相形態と残留 γ 形態との関係、および20°Cから

400°Cまでの温度範囲における引張特性に及ぼすそれら形態の影響を検討した。

第2相を連結化および微細針状化することにより、フェライト母相に島状に孤立し、かつ安定な残留 γ を多量に得ることができると。一方、第2相が粗大な場合、少量のフィルム状残留 γ がベイナイトラスに沿って存在する。この残留 γ の安定性は孤立残留 γ に比較して高い。

変形応力に対する第2相形態の影響は従来のフェライト-マルテンサイト複合組織鋼と大きく異なる。孤立残留 γ は変形応力を低下させ、結果的に変形応力に対する第2相形態の影響(連結効果、微細化効果)を小さくする。しかしながら、その孤立残留 γ は適度なひずみ誘起変態によって、延性を著しく高める。これは、50-100°Cにおいてとくに顕著に現れる。一方、ベイナイトラス境界に沿う残留 γ フィルムは引張特性に対してなんらの影響も与えない。これらの結果を連続体理論に基づいて検討した。

Effect of Initial Orientation on the Recrystallization Behavior of Solidified Columnar Crystals in a 19%Cr Ferritic Stainless Steel

By N. TSUJI *et al.*

19%Crフェライト系ステンレス鋼凝固柱状晶材を70%冷間圧延後973Kで焼鈍し、再結晶挙動に対する各柱状晶粒の初期結晶方位の影響を調べた。各柱状晶の再結晶速度、再結晶粒径、再結晶粒方位は初期方位の影響を強く受けることが明らかとなった。微細な筋状の圧延組織を示す(001)

[100]初期方位粒では、粒内より多数の再結晶粒が速やかに生じ、微細な再結晶組織を形成する。一方、均一で滑らかな圧延組織を示す(001) [110]初期方位粒は再結晶を起こしにくく、長時間の焼鈍後粗大な再結晶組織を呈する。各柱状晶粒間での以上のような違いのため、柱状晶材の再結晶組織は粒径の極めて不均一なものとなる。また、再結晶を完了した柱状晶材は、bcc多結晶体ではほとんど報告のない(001) [100]、cube再結晶集合組織を示す。cube方位を持つ再結晶粒は、(001) [100]初期方位柱状晶粒内より優先的に生じることを明らかにした。柱状晶材の再結晶挙動の特徴を、冷間圧延により導入された不均一変形組織と関連付けて考察を行った。

Physical and Mechanical Properties Creep Properties of $\alpha + \alpha_2$ Type Ti-Al-Sn-Zr-Nb-Si Alloys Designed by the Aid of Thermodynamics

By H. ONODERA *et al.*

α_2 相の析出量(V_{α_2})が0.1または0.2となるように熱力学計算に基づいて設計された5種類のTi-Al-Sn-Zr-Nb-Si合金を用いて、 $\alpha + \alpha_2$ 型Ti合金のクリープ及び引張特

性に及ぼす組織及び組成因子の影響について調べた。

β 処理材のクリープ特性から、Nb及びSi添加がクリープ強度の向上に有効であることが確認された。GT-88、89及び90の各合金では、クリープ強度と一次 α 量($V_{\alpha p}$)の関係においてピークが認められた。一方、GT-91合金のクリープ強度は $V_{\alpha p}$ の増加とともに急激に低下し、またGT-79合金では大きな変化が認められなかった。これらのクリープ強度の $V_{\alpha p}$ 依存性は熱処理による V_{α_2} と結晶粒径の変化に起因していると考えられた。室温引張試験において、 V_{α_2} が0.1の合金で $\alpha + \beta$ 処理により著しい延性の改善が得られた。以上の結果から、823Kにおける V_{α_2} が0.1であること及び $\alpha + \beta$ 域での溶体化処理が最適設計条件として提案された。

Influence of Composition and Thermal History on the Dynamic Recrystallisation and Subsequent Hot Ductility of Mild Steels

By L.E. CEPEDA *et al.*

Torsion tests at strain rates of 1×10^{-3} , 1.6×10^{-1} and 1 s^{-1} and at temperatures between 850 and 1100°C have been carried out on Al and Al-Ti mild steels after heating directly to the testing temperature and, on Al steel, after soaking for 30 min at 1200°C, then cooling the specimen to the testing temperature and after soaking cooling to 700°C and then heating to the testing temperature. Both steels show a clear trough in ductility between 850 and 1050°C, the ductility being lowest for the directly heated Al treated steel and the soaked, cooled below A_1 and heated again to the testing temperature, highest for the 1200°C soaked steel and intermediate for the directly heated Al-Ti steel. The lowest ductilities are associated by the inhibiting effect of AlN and TiN exerted on grain boundary migration and hence preventing the completion of dynamic recrystallisation, as shown also by their effect increasing the peak strain and diffculting the reaching of equilibrium dynamic recrystallised grain size, which markedly improves ductility. Soaking at 1200°C, by dissolving and/or coarsening the AlN precipitates has the marked effect of increasing ductility. The present results can be explained in terms of the drag exerted by the dispersed particles diffculting dynamic recrystallisation and grain growth.

Recent Trends in the Production and Use of High Strength Stainless Steels (Review)

By Y. MURATA *et al.*

高強度ステンレス鋼の強化機構として、

加工熱処理による結晶粒の微細化、合金元素の添加による固溶強化、焼き入れあるいは加工硬化マルテンサイトによる変態強化、冷間加工による加工硬化、マルテンサイトの焼戻しあるいは時効によるひずみ時効硬化および金属間化合物の析出による析出硬化が挙げられる。これらの強化機構は、化学成分と同様、加工熱処理とも深く結びついており、これらを組み合わせることにより製造される種々の高強度ステンレス鋼は、それぞれ特徴ある機械的性質を示す。最近では、使用用途の多様化にともない、高強度、高延性に加えて優れた靱性、溶接性、成形加工性、疲労特性等の諸特性が要求されており、それに対し新たな加工硬化型、析出硬化型、サブゼロ硬化型および結晶粒超微細2相ステンレス鋼が開発されている。本報では、各強化機構について解説するとともに高強度ステンレス鋼の特徴や加工熱処理方法を示し、さらに最近の開発鋼の機械的性質や強化機構を解説し、用途例を紹介した。

Influence of Weld Thermal Cycle on Properties of Flash Butt Welded Mn-Cr-Mo Dual Phase Steel

By P.K. GHOSH *et al.*

Flash butt welding of 3.7mm thick Mn-Cr-Mo dual phase steel was carried out at different final jaw distance (FJD), where besides normal machine cooling (NMC) various instantaneous post weld cooling such as forced air cooling (FAC) and water spray cooling (WAC) were used. The energy input during welding was kept practically constant. The aim of the investigation was limited to study the influence of variation in weld thermal cycle, resulting from the change in FJD and post weld cooling, on the properties of the weldment. It was observed that during NMC the variation in FJD influences the weld thermal cycle and properties, but the application of forced cooling reduces the influence of FJD on them. The increase of cooling rate was found to reduce the weakening of HAZ, in presence of reduction in tempering of martensite at a distance of about 6.0mm from the weld centre. During slow cooling, especially under NMC, the variation in FJD was found to reduce relatively the YS/UTS ratio and elongation of the weldment without affecting its UTS significantly where, the weldment was generally found to fail from HAZ, 6-7mm away from weld centre. However, in case of fast cooling, especially under WSC, the variation in FJD was found to have an insignificant effect on the tensile properties of the weldment and the weldments were generally observed to be fractured from the base material.