

ISIJ International, Vol. 30 (1990), No. 11 (November) 掲載記事概要

Special Issue on Low Activation Steels

Research and Development of Iron-based Alloys for Nuclear Technology
(Review)

By D. S. GELLES

This paper describes several of the nuclear materials research and development programs that have involved ferrous metallurgy. The research program highlighted are as follows.

For light water reactors, corrections have been made for corrosion of coolant piping and irradiation embrittlement of pressure vessel steels. Gas-cooled reactor concerns have included breakaway oxidation of mild steel components, nitrided cladding materials development, breakaway oxidation in martensitic steel and structural materials specifications for very high temperature. Programs on liquid metal reactor have included efforts on void swelling resistance, piping alloy optimization and application of mechanically alloyed oxide dispersion strengthened steels. Fusion alloy development has considered first wall material optimization and low activation materials development. Descriptions of the causes and needed corrections are given for each of these research and development programs.

Recent Research and Development of Reduced Activation Ferrous Materials in Japan
(Review)

By Yuzo Hosoi

日本における低放射化鉄鋼材料の研究開発の現状について、その概要を論述した。低放射化鉄鋼材料は核融合炉第一壁材の候補材として注目されている。低放射化材料の理念は炉の安全操業と廃棄処分の観点から重視されている。鉄鋼材料中の Ni の代替えとして Mn, および Mo の代替えとして W を合金元素として使用すると、誘導放射能の減衰が速いことを示した。そのためフェライト系として 9Cr-W 鋼, オーステナイト系として高 Mn-Cr (-W) 鋼の研究開発が進められている。9Cr-W 鋼について、中性子照射前後の靱性変化とクリーブ破断強度, 高 Mn-Cr (-W) 鋼について、 σ 相生成挙動, 高温強度, 照射によるボイドスウェリングなどについて研究の現状を示すと共に、低放射化鉄鋼材料として有望な組成について示唆した。

Equilibrium Phase Diagram of Fe-Cr-Mn Ternary System

By Yukinori MURATA *et al.*

Fe-Cr-Mn 三元系の 923 K における等温線図, 特にオーステナイト相 (γ) の相安定性を, 組織観察, X 線回折および EPMA 分析により調べた。その結果, わずか 6 wt% Cr を含む合金で σ 相の析出を認め, 923 K における $\gamma/\gamma+\sigma$ 相境界はかなり低クロム側にあることがわかった。実験的に得られたその相境界は, 低マンガン合金 (-20 wt% Mn) では, これまでの我々の実験から決定された σ 相析出の臨界値, $\overline{Md}=0.89$ と一致した。ここで, \overline{Md} は, 分子軌道法を用いて計算された遷移金属元素の d 軌道エネルギーレベルを, 合金組成で平均した値である。一方, マンガンを多く含む合金における $\gamma/\gamma+\alpha$ Mn 相境界はクロム量の増加とともに急激に低マンガン側へ移行し, 結果として γ 単相領域を狭くした。以上のことから, Fe-Cr-Mn 三元系における γ 単相領域はこれまで報告されているほど広くないことが明らかとなった。

Effects of Ta and Nb on Microstructures and Mechanical Properties of Low Activation Ferritic 9Cr-2W-0.2V Steel for Fusion Reactor

By Kentaro ASAKURA *et al.*

核融合炉用の低誘導放射化・高 Cr フェライト鋼を開発するために, 0.1C-9Cr-2W-0.2V-0.04N 鋼の高温強度, 靱性および下部組織におよぼす Nb 添加と Ta 添加, それに熱処理の影響を調べた。Ta (C, N) は 1050°C, 30 min の加熱でマトリックスにほとんど固溶するという観察結果, および A_1 点の測定結果より, 焼ならし条件, 焼もどし条件をそれぞれ 1050°C-30 min, 800°C-1 h とした。クリーブ破断強度および靱性を考慮した Ta の最適量は, 約 0.10 wt% である。0.16 wt% Ta 鋼では δ -フェライト相が生じた。このときの Cr 当量は約 10 wt% であった。Ta 添加鋼のクリーブ破断強度は, Nb を適量 (0.05 wt%) 添加した鋼に比べて, わずかに低い程度で良好な値を示した。靱性については Nb 添加鋼よりすぐれた特性を示した。以上のことから, Ta 添加は, 低誘導放射化のみならず靱性の改善という点で, Nb 添加より有利であると言える。

Mechanical Properties and Microstructure Changes of Low-activation 3Cr-2W-V-Ti Ferritic Steels Developed for Nuclear Applications

By Kentaro ASAKURA *et al.*

低誘導放射化 (2.25-3)Cr-(2-2.5)W-V-Ti 鋼の高温引張強度, クリーブ破断特性, シャルピー衝撃特性および下部組織に及ぼす合金元素の影響を調べた。これらの鋼を汎用 2.25Cr-1Mo 鋼と同じようなベイナイト組織になるように焼ならし処理を行った。本系鋼は 2.25Cr-1Mo 鋼に比べて, すぐれた高温引張強度とクリーブ破断強度を示した。本系鋼の中で最もすぐれた鋼の 500°C, 100 000 h クリーブ破断強度は汎用 2.25Cr-1Mo 鋼の約 2 倍であった。3Cr-2.5W-0.2V-0.01Ti 鋼が高温引張強度, クリーブ破断強度, 靱性などを考慮して, 最適化された核エネルギー用の低放射化フェライト鋼として推奨された。合金元素の効果については, 組織変化と機械的性質との相関関係を通して検討を加えた。

Regular Papers

Preparation and Beneficiation

The Relationship between the Degree of Reduction (α) and the Fraction of Reaction (f) during Reduction of Ore-Coal Mixture (Note)

By B. B. AGRAWAL

Smelting and Refining

Cold Model Study of Mixing and Mass Transfer in LBE Process of Steelmaking

By R. P. SINGH *et al.*

Experiments have been conducted to determine the mixing time and mass transfer rates between slag and metal in an LBE model. Complete mixing time of water has been determined by two methods—conductimetric and chemical decolourisation. The mixing time in LBE process under all experimental conditions was found to be higher than that in top-blowing model. It has been shown that the amount of bottom gas does not have much effect on mixing time. On the other hand, mixing time decreases as the number of porous plugs increases. Volumetric mass transfer coefficient ($K_B a$) for LBE was found to be higher than that for top-blowing and bottom-blowing processes. The $K_B a$ value was found to decrease with increasing gas flow rate and tends to plateau after a certain value of gas flow rate is reached. Mixing and mass transfer results have been explained on the basis of overall turbulence intensity. The model results have been compared with industrial data.

Numerical Computations of Fluid Flow and Heat Transfer in Gas Injected Iron Baths

By Hasmet TURKOGLU *et al.*

The time evolution of the flow and temperature fields in industrial scale gas-injected molten iron baths are numerically analyzed. For the vertical injection case, a cylindrical vessel, containing molten iron, is considered. For the horizontal injection system, a cubical vessel is chosen. The Eulerian approach is used for the formulation of both the gas and the liquid phase transports. Turbulence in the liquid phase is predicted using a two-equation $k-\epsilon$ model. A constant effective viscosity is used for the gas phase turbulence. For the interphase friction and heat transfer coefficients, correlations from the literature are used. In order to realistically model the volume expansion due to gas injection, the computational domain is extended beyond the initial undisturbed liquid height.

Sulfide Capacity of Slags and the Lattice Energy of the Component Oxides

By Eiji ICHISE *et al.*

スラグ中の O^{2-} イオンに対するカチオンの相互作用エネルギーを成分酸化物の格子エネルギーの平均値で表した。スラグ中では複合イオンは存在しないものと仮定し, また格子エネルギーは熱データとイオン化エネルギーとから Born-Haber サイクルにより計算した。 S^{2-} イオンに対する相互作用エネルギーも硫化物の格子エネルギーから同様に計算した。サルファイドキャパシティーの表式に含まれる O^{2-} および S^{2-} イオン活量係数の相互作用エネルギー依存性に基づいた, キャパシティー対格子エネルギーの関係は予想された関係とよい一致を示すことが明らかとなった。

Fabrication and Forming

Effects of Carbon Content on the Diffusion Bonding of Iron and Steel to Titanium

By Tadashi MOMONO *et al.*

市販純チタンと種々の炭素含有量の鉄鋼材料, すなわち 0.01 % C の低炭素鋼 (ULC), 0.19 % C の軟鋼 (S20C), 3.75 % C の球状黒鉛鑄鉄 (FCD) とを拡散接合した。900°C 以下で接合した継手の引張強さは, 炭素量にほとんど影響されず, 接合温度の上昇とともに増加した。しかし 900°C 以上では, ULC/Ti 継手の強度は一定値を示した。他方, S20C/Ti 継手の強度は, 接合温度の上昇とともに低下し, FCD/Ti では増加した。接合界面に形成された化合物層は, FCD/Ti 継手では TiC のみであり, ULC/Ti では TiFe と TiFe₂ であった。Ti および Fe の拡散は, FCD/Ti よりも ULC/Ti の方が, より長い距離にわたって生ずることから, TiC 層は Ti と Fe の相互拡散を阻害し, それゆえ TiC よりも顕著に継手強さを低下させる TiFe や TiFe₂ の形成を抑制するものと思われる。S20C/Ti に

おける化合物層は、TiC と TiFe および TiFe₂ から構成されていた。このような炭化物と金属間化合物の共存は、それぞれが単独で形成されるよりも、大きく継手強さを低下させるように思われる。

Microstructure

Influence of a variety of Grain Boundary Structures on Grain Boundary Segregation (Note)

By Shigeru SUZUKI

Mechanical Behavior

Role of Strain-Hardening of Steel in Structural Performance (Special Lecture)

By Ben KATO

1989年9月北海道大学で行われた浅田賞受賞記念講演。

Physical Properties

Gibbs Energies of Formation of TiS and Ti₄C₂S₂ in Austenite

By W. J. LIU *et al.*

The Gibbs energies of formation of TiS and Ti₄C₂S₂ from Ti, S and C solutes in austenite are evaluated on the basis of the solubility data measured by Swisher in Fe-C-S-Ti system. These quantities are employed in equilibrium calculations applied to a series of Ti bearing steels. The results indicate that Ti₄C₂S₂ is expected to predominate in Ti-microalloyed steels, whereas both TiS and Ti₄C₂S₂ are likely to be present in Ti-modified extra-low-carbon IF steels. These predictions are in good agreement with the experimental observations reported by other researchers.

Materials Characterization and Analysis

Determination of C, P and S in Steels by Time-resolved Atomic Emission Spectrometry

By Yoshiro MATSUMOTO

鋼中微量 C, P および S の定量に時間分解法が適用された。スパーク放電開始点を基準にした経過時間 50 μs 以降における測定強度を用いることにより次の結果が得られた。

(1) 高精度分析が達成された。10 ppm 濃度水準における繰り返し標準偏差は C 3.7 ppm, P 0.8 ppm, S 0.5 ppm であった。

(2) スペクトル線の妨害がほとんど除かれた。PI 178.29 nm に対する Ni の影響係数は 0.16×10^{-4} , SI 180.73 nm に対する Mn の影響係数は $0.2 \times 10^{-4} \sim 5.8 \times 10^{-4}$ であった。

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 5000 円の追加で両誌が配布されます。

平成3年春季(第121回)講演大会案内

平成3年春季講演大会は下記により開催されることになりましたのでお知らせいたします。

期 日 平成3年4月2日(火), 3日(水), 4日(木)

会 場 東京大学工学部, 法学部(東京都文京区本郷)

講演申込締切日 平成3年1月7日(月)