

Transactions of The Iron and Steel Institute of Japan,  
Vol. 23 (1983), No. 10 掲載記事概要

Review

Role of Research in the New Era of Steel Production Technology

By Hisashi Takahashi

過去数世紀にわたって蓄積された鋼の製造技術を系統的に見直し、より合理的な生産技術体系へと組み立てる時期が、現在である。鋼の生産技術体系の革新的変化は、その製造工程の工程能力を飛躍的に向上させ、従来は商業的に生産不可能であった新製品を出現させ、製品品種の多様化や質の向上と均質性の向上を達成しつつある。このような状況が市場に反映される結果として、よりいつその品種の多様化、特殊な使用性能、品質の均一化に対する要求が、急速に増大している。そこで、鉄鋼製造メーカーは、需要家の製造工程、あるいはその製品の使用状況に立ち入って、鋼材に要求される機能要素を知るために研究をおこない、そして必要とされる機能要素の組み合わせを満足する鋼材を造つてゆかなければ、需要家の品質保証要求に十分対応することは困難であろう。鉄鋼生産技術の新しい時代における研究の重要な役割は十分認識されるべきである。鉄鋼製品の価値は、今日、鋼材が持つ機能特性と、それを使用し生かすための情報とが結びつかなければ、完全なものとはならないと言えよう。

Research Articles

Temper Embrittlement and Pine Cone Like Fracture Surface of 5.5% Ni Cryogenic Steels

By Masato Murakami *et al.*

残留オーステナイト ( $\gamma_R$ ) を含む 5.5Ni 鋼などの低温用鋼が焼もどし脆化によって脆化した場合、延性脆性遷移温度以下で破断させると松かさ状の破面がみとめられる。この破面は、一種の粒界破面であり、旧オーステナイト ( $\gamma$ ) 粒界に逆変態生成した  $\gamma$  とマトリックスの界面に P が偏析し、この界面に沿って剝離した結果、破面が松かさ状を呈するものである。

5.5Ni 鋼の靱性向上に寄与する 2 相域加熱 (L 処理) は粒内とともに旧  $\gamma$  粒界での  $\gamma$  の生成をも促進させるため、 $\gamma$  とマトリックスの界面のジグザグ度を増し、P の偏析サイトの拡大、破壊経路の複雑化を通して、この粒界破壊を生じにくくさせる。

また、メスバウアー測定によると、この粒界の  $\gamma$  は、破壊の際に  $\gamma \rightarrow \alpha'$  変態によってマルテンサイトとなっていることが確かめられている。

Effect of Simulated HTR Helium Atmosphere on Creep Rupture Properties of Nickel-base Wrought Alloys

By Kazuaki Mino

ニッケル基鍛造合金のクリープ破断強度におよぼす高温ガス炉冷却ヘリウム模擬ガス雰囲気の影響を検討した。

ヘリウム中でのクリープ過程で起こる浸炭は表面クラ

ックの成長を加速し、Inconel 617 においては破断寿命および延性を低下させた。これは 3 次クリープの早期開始で特徴づけられ、表面クラックの発生に伴う有効断面積の減少により説明した。同様な早期破断は 950°C で行つた SSS 113 MA のクリープ試験で認められたが、NSC-1 および SZ ではみられなかつた。後者の合金はクリープ破断延性が小さく、表面クラックの成長におよぼす雰囲気の影響を受ける機会が少なかつたと考える。

長時間強度におよぼす浸炭の影響を考察するため、低応力側での破断モードの変化、浸炭によるクリープ強化および炭化物の粗大化について検討した。Inconel 617 の 900°C でのヘリウム中長時間強度については、大気中でのクリープ破断時間に 1/2 を乗ずれば十分であると推定した。

Thermodynamics of Solute Distributions between Solid and Liquid Phases in Iron-base Ternary Alloys

By Zen-ichiro Merita *et al.*

鉄基 3 元系合金における 2, 3 の溶質 (C, Ni, V) の平衡分配係数を実験的に求め、これら溶質の固液間の分配の機構を熱力学的立場から検討した。実験結果から、鉄中の炭素含有量の増加とともに、Ni の平衡分配係数は増加し、また、V の平衡分配係数は減少し、さらに、Fe-C-Ni, Fe-C-V 合金中の C の平衡分配係数は、いずれの場合も Fe-C 2 元系合金のそれらとほとんど変わらないことがわかつた。この Ni, V の平衡分配係数に及ぼす C の影響については、熱力学的に、相互作用パラメータ、活量係数などを用いて説明することができた。

また、鉄中の窒素および水素の平衡分配係数に及ぼす種々の合金元素の影響についても熱力学的立場から検討した。

Low-cycle Fatigue Behavior in Metastable Austenitic Steel Accompanying Deformation-induced Martensitic Transformation

By Kaneaki Tsuzaki *et al.*

準安定オーステナイト系 304 ステンレス鋼の室温での低サイクル疲労 (ひずみ制御) 挙動におよぼす加工誘起マルテンサイト変態の影響について、 $\gamma$  が安定な 310 ステンレス鋼と比較しながら研究した。304 鋼の疲労寿命 ( $N_f$ ) は  $\alpha'$  マルテンサイトの生成によって大きく変化する。平均全ひずみ範囲 ( $\overline{\Delta \epsilon_t}$ ) が 0.8% 以上の場合、クラックの発生以前に  $\alpha'$  の生成が開始し同じ平均塑性ひずみ範囲 ( $\overline{\Delta \epsilon_p}$ ) で比較した場合 304 鋼の  $N_f$  は 310 鋼のその約 1/5 程度になる。これは  $\alpha'$  生成による繰り返し引張応力 ( $\bar{\sigma}_t$ ) の増加および  $\alpha'$  がクラック発生の優先サイトになるためである。 $\alpha'$  が疲労変形過程での定常変形段階よりも、初期の加工硬化段階で生成する方が  $N_f$  の低下が大きい、 $\overline{\Delta \epsilon_t}$  が 0.6% のように小さいときは、 $\alpha'$  はクラック発生後に生成し、304 鋼の  $N_f$  は 310 鋼のそれに比べ約 2 倍ほど大きくなる。これはクラック先端部に  $\alpha'$  が生成することによるクラック伝播の

抑制のためである。実測された 304 鋼の  $N_f$  の値は、Tomkins のモデルをもとに  $\alpha'$  生成による  $\bar{\sigma}_t$  の上昇を考慮に入れて計算した値とほぼ一致した。

#### Research Note

Loading Direction Dependence of Temper Embrittlement Observed in 2.1/4Cr-1Mo Steel under Sustained Loading

By Masahide Suzuki *et al.*

2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 鋼の焼もどし脆化に及ぼす付加応力の効果を、特に脆化の付加荷重方向に対する依存性に着目して調べる研究を行った。この目的のため、450°C で 3 000 h までの等温時効を、付加応力下 (210 MPa) 及び無応力下で行った。脆化の程度の評価は主にシャルピー衝撃試験により行い、破面のフラクトグラフィ解析のためには走査電子顕微鏡観察、オージェ電子分光測定が行われた。この結果、付加応力下での脆化は特に、試験片の長手方向が荷重方向に平行な試験片において促進されていることがわかった。

応力下での脆化の原因としては、焼もどし脆化の原因となつていりんの偏析している結晶粒界が、付加応力の作用でさらに強度低下を引き起こすためであることがわかった。

#### Technical Report

Strip Shape and profile Control with a New Type of the Variable Crown Roll System

By Takeshi Masui *et al.*

良好な形状の板を圧延するには圧延中のロール撓みを圧延条件の変化に対応して相殺する必要がある。本問題の解決策として、内圧によりスリーブを拡張する新しい可変クラウンロールが開発された。このロールはスリーブとアーバとからなる組み立てロールで両端部は焼ばめにより固着されている。アーバとスリーブ間には空隙が設けられ、外部からの高圧油がロータリジョイント、油道を経て伝達されスリーブを拡張するので、油圧を任意に変化することによりロールふくらみが変わり板の形状・プロファイル制御が可能となる。この可変クラウンロール (VC ロール) システムは操作、保守が容易でしかも制御範囲も広い。更に 2 Hi ミル、4 Hi ミルとも適用が可能であるとともに、既存のミル改造なしに導入できる特長を有する。

#### Reports

The Research on the Feasibility of Robotizing Work at Steelworks

By Tsuneomi Ishizaki

圧延設備分科会加盟の 14 社でロボット研究小委員会を設置し、「製鉄所のロボット化」をテーマに、製鉄所におけるロボットの導入実績及びロボット化のニーズをアンケート方式によつて調査した。

その結果、前者は 49 件あり、これらを工程別、作業種類別、目的別に分析した。JIS の定義に基づくと、製鉄所に導入されているこれらのロボットの大部分はマニュアルマニプレータ方式のものであつた。一方、後者は 110 件あり、ロボット化実現のための技術的課題を作業種類別にまとめた。ロボット化ニーズの特徴として、(i)生産のメインラインよりも精整工程あるいはオフラインの附帯作業に関心が高い。(ii)鉄鋼業のイメージとしてある“重量物”、“高速処理”等のニーズは少なく、技術的見地らみて実現性の高い案件が多い。等が挙げられる。

本報告のロボット化のニーズは、手作業のロボット置換を前提として調査したもので、ロボットの導入を前提とした生産システムの改善などを検討すれば製鉄所のロボット適用率は大いに高まることが期待できる。

A Vision of Energy Structure for Integrated Steel Works of Future

By Tetsuya Yamamoto *et al.*

一貫製鉄所の未来はエネルギー運用のいかんにかかつていとの認識から、内容積 5 000 m<sup>3</sup> の高炉 2 基、300 /ch の転炉 6 基 (2/3×2 系列)、年産粗鋼 800 万 t、稼働率 80% のモデル製鉄所を想定し、(A)昭和 53 年度当時の各製鉄所中最良のエネルギー原単位を適用した場合を“基準”とし、(B)これに、当時実用化されようとしていた“新”省エネ技術を加えて合理化を更に進めた場合を“限界”として (英文では STD (Standard) 及び TGT (Target) と訳出) エネルギーフローを詳解し、また製銑、製鋼、圧延の各部門において、種々の操業上のくふう (例、高炉のオイルレス化諸手法、連鑄の強化 (STD の 70% から TGT の 80% へ)、HCR と HDR の強化など) の影響と相互作用を、総合的に数値解析を以て示した。

最後に、省エネ技術の開発と普及が一段落した今日、次の問題はいかにして現存体系の範囲内でコストミニマムのエネルギー構造を構築すべきかにあると考え、副生ガス、電力、排熱による需給調整の未来像を例示した。

(共同研究会熱経済部会報告に基づく西山記念技術講座)

Preprints for the 105th ISIJ Meeting-Part IV (continued on from Vol. 23, No. 9)