

抄 録

—製 鉄—

還元過程における鉄鉱石の微細構造の変化

(H. PUPP, et al.: Stahl Eisen, 102 (1982) 19, pp. 911~915)

高炉融着帯での還元過程における鉄鉱石の膨張, 収縮, 崩壊, 融着等の現象を明らかにする目的で, 試料を加熱でき, また間欠的に還元ガスを導入できる走査型電子顕微鏡を用いて, 種々の温度, ガス組成, 鉱種の変化に対する鉄鉱石の還元挙動, 特に微細構造の変化を調べた。

ヘマタイト結晶を $\text{CO}/\text{CO}_2=1/9$, $T=650^\circ\text{C}$ で還元した場合, 結晶軸のC軸に平行な方向で膨張が大きく, その結果C軸に垂直な方向に多数の層状のき裂を観察した。この傾向は 1h 予備還元した結晶でも同じである。しかし H_2 還元の場合は膨張せず逆に収縮し, その収縮率はC軸に平行な方向で小さかった。ウスタイト-鉄遷移過程での鉄鉱石の還元では, H_2 還元が CO 還元より速く, また還元活性点である粒界での鉄成長も速い。しかし H_2 還元の場合は早く生成した鉄殻が焼結し, その後の構造変化を妨げる。

針状鉄の生成プロセスを説明するモデルを C, WAGNER のモデルを改良し, 提案した。 Fe^{2+} イオンは還元進行に伴い, 粒子表面で濃度が過飽和になる。核生成に必要な過飽和濃度に達した後, 表面濃度は逆転して低下の方向に向かい, 粒内から Fe^{2+} イオンが核生成した特異点に向かつて急速に流れ込み, 針状鉄を成長させる。このモデルは還元終期での膨張と融着をよく説明する。酸化鉄にS源を加えたり, 還元ガス中に硫化物を添加することにより鉄の浸炭を妨げ, 針状鉄の成長を促す。

(高田至康)

—製 鋼—

凝固割れに及ぼす溶鋼中成分の影響

(T. W. CLYNE, et al.: Metall. Trans., 13B (1982) 2, pp. 259~266)

本研究は, 連続铸造鑄片の凝固割れの機構に関するものである。多元系成分の溶鋼の凝固割れ機構は, 溶質の再分布の取り扱いが複雑であることから, 十分に解明されているとはいえない。本研究では, 溶鋼中 C, P および S の再分布に対して, δ - γ 変態と固相内拡散を考慮したマイクロ偏析挙動を検討し, 凝固割れ機構を解明する。

固相内拡散の修正パラメータ Ω を, 次式で定義する。

$$\Omega = \alpha [1 - \exp(-1/\alpha)] - 1/2 \exp(-1/2\alpha) \dots (1)$$

したがって, マイクロ偏析は, 次式で与えられる。

$$C_s^i = k C_0 [1 - (1 - 2\Omega k) f_s]^{(k-1)/(1-2\Omega k)} \dots (2)$$

$$f_s = \left(\frac{1}{1 - 2\Omega k} \right) \left[1 - \left(\frac{T_f - T}{T_f - T_L} \right)^{(1-2\Omega k)/(k-1)} \right] \dots (3)$$

ここで, α は BRODY と FLEMINGS らのパラメータである。

固相内拡散が比較的速いCについて, マイクロ偏析を計算すると, f_s/T 曲線は, てこの法則に一致する。すな

わち, Cそれ自体は, マイクロ偏析が小さく凝固割れには, 直接的に作用しない。凝固割れに及ぼすCレベルの影響は, PやSのマイクロ偏析が, δ/γ 相のバランスと $\delta \rightarrow \gamma$ 変態開始固相率 $f_s^{\delta \rightarrow \gamma}$ により, 著しく影響されるという現象で説明されるべきである。

Fe-C-P 三元系状態図の Fe コーナー部において, 固相内拡散を考慮すると, Cに比べてPの濃化が著しく, Fe_3P を析出する凝固過程をたどる。とくに, Cが0.1%以上では, Cの増加と共に $f_s^{\delta \rightarrow \gamma}$ が小さな値となるため, デンドライト樹間でのPのマイクロ偏析は, さらに大きくなる。

凝固割れ感受性指数 CSC を, マイクロ偏析の大きさと対応するように定義し, 実際の連鑄片を調査した結果, 凝固割れの発生傾向は, CSC パラメータにより推定される傾向と, よく一致することが確認された。

δ - γ 変態と固相内拡散が, Pのマイクロ偏析に影響を及ぼし, 凝固割れに密接に関係することは, 注目すべきことである。(菅原 健)

—性 質—

焼入れたままの AISI 4340 シャルピー V 型試験片の破壊形態に対するノッチ底半径とオーステナイト化温度の影響

(D. FIRRAO, et al.: Metall. Trans., 13A (1982) 7, pp. 1003~1013)

AISI 4340 鋼を, 1200°C - 870°C のステップ焼入れするか, または, 通常の 870°C から直接焼入れをしてシャルピーV型試験片を作製し, 曲げ試験で破壊し, フラクトグラフィを調査した。また, Vノッチ底の半径 (ρ) をほとんど0 (疲労クラック) から 2.0 mm までの範囲に変化させた。

870°C でオーステナイト化し, 油焼入れした試験片では, 有効ノッチ底半径 (ρ_{eff}) が存在し, $\rho > \rho_{\text{eff}}$ の場合, ノッチ底に沿って連続的なシェアリップが形成され, そのサイズは ρ と共に増加するが, クラック発生抵抗とは直接関係ない。 $\rho < \rho_{\text{eff}}$ の場合, 応力制御した破壊機構が明白であり, シェアリップの幅は, J積分と一義的な関係がある。

1200°C からのステップ焼入れの試験片でシェアリップのない形態が記録された。破壊形態において Cleav-cut の変化は, ρ が ρ_{eff} を越えないと見られず, 試験片は, 主に粒界延性範囲と等しく, 粒内脆性破壊する。延性破壊部の面積は, ノッチ底半径が大きくなると増加する。

フラクトグラフィからは, 高温でオーステナイト化した試料のすべてと, 870°C から焼入れられ, $\rho < \rho_{\text{eff}}$ のものが, 応力制御された機構で破壊することを指摘している。従つて, オーステナイト化温度の上昇のために, 平面歪み破壊靱性が増加することを characteristic distance という概念で説明するのに適している。 $\rho > \rho_{\text{eff}}$ で, 通常にオーステナイト化した平面ノッチ試験片が, 1200°C からステップ焼入れしたものより高い初期

破壊抵抗特性を与えることは、後者はノッチ底でシェアリップを構成しないからである。

ノッチ底半径とオーステナイト化温度の組み合わせで現れる破面外観の差は、ノッチ底半径の減少と、高温オーステナイト化後の平均粒度の粗大化に伴って、靱性遷移曲線を高温側に移動して考えられる。(虎岩 清)

急速凝固された鉄基の超合金の特長

(J. E. SMUGERESKY: Metall. Trans., 13A (1982) 9, pp. 1535~1546)

急速凝固組織は、溶滴を 10^2C/s で冷却することにより得られる。 10^3C/s の冷却速度でも準安定なマイクロ組織が得られたとの報告がある。粉末製造技術はこの中間の冷却速度をもちい不活性ガス噴霧 (IGA) は 10^4C/s 、遠心噴霧 (CA) は 10^6C/s の 2 つの技術がある。本報ではこの両製造法と静水圧プレス (HIP) による高温圧縮前後のマイクロ組織および機械的性質について検討を行った。

供試材は JBK-75 (A286 相当) の鉄基の超合金を粉末メーカー 3 社から調達した。粉末の粒度分布は篩で行い、形状は SEM で観察した。タップ密度は ASTM-B-212-76, B-527-70 の標準によった。真空中で $260\text{C} \times 3\text{h}$ 焼成後、 100MPa で $700, 1000$, および 1200C で 3h HIP 処理を行った。溶体化と時効処理は $982\text{C} \times 1\text{h}$, $718\text{C} \times 16\text{h}$ の条件で実施した。

圧縮前の粉末の形状は、IGA 粉の表面に小さい惑星状のこぶがあり、CA 粉は球状である。マイクロ組織は前者が等軸晶、後者が樹枝状晶で、2 次アームスペーシングが細かい。焼結後の粉末の特性は、 700C では相対密度が IGA 粉で約 90%、CA 粉では 76.7% と低く、圧力を 165MPa に上げて 82.3% しか得られず、CA 粉が強いことを示唆している。 1000C では CA 粉に超微細な析出物がデンドライトのアームの界面に析出している。 1225C では凝固組織の痕跡がなくなる。ただし粉の境界には TiC の粉子が残存する。

溶体化および時効処理の結果、機械的性質は 1000C 圧縮の CA 粉が耐力 861MPa 、絞り 28% と耐力がもつとも高くなるが絞りが小さい。 1225C で CA 粉、IGA 粉との差がなく耐力が $737\sim 827\text{MPa}$ 、絞り 35~50% と両者の差がほとんどなくなる。この理由は、 1000C では CA 粉に超微細な析出物が存在し強化機構になっている。 1225C ではこの析出物が消失し両者の差はなくなる。このように急速凝固組織の高密度の合金を得るための温度、圧力および時間の最適値が考えられる。(望月俊男)

Ni Cr Mo V 鋼の下限界近傍のき裂伝ば速度に及ぼす環境の影響

(P. K. LIAW, et al.: Metall. Trans., 13A (1982) 9, pp. 1633~1645)

Ni Cr Mo V 鋼の下限界近傍の疲労き裂伝ば速度に及ぼす環境の影響を調べた。環境としては、湿度 30~40% の大気、圧力 448kPa の水素ガス及びアルゴンガスを使用し、試験温度は 93C に保った。下限界近傍のき裂伝ばのデータは自動的に応力拡大係数を増加及び減少させるテクニクにより求めた。また応力比として $R=0.1, 0.5$ 及び 0.8 繰り返し速度 120Hz を用いた。

実験の結果、水素ガス中において、 ΔK が $12\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 以下で応力比によらず大気中よりき裂伝ば速度が遅いことがわかった。また ΔK_{th} 値はアルゴンガス中と水素ガス中では等しかった。疲労き裂伝ば速度は、大気中でも水素ガス中でも R の増加とともに増大した。この効果は、下限界近傍に近づくにつれて大きくなった。従って、 ΔK_{th} は著しく R に依存する。

下限界近傍におけるき裂伝ば速度に対する R の影響は、データが ΔK_{eff} で測定された場合かなり減少する。このことは、き裂閉口が下限界近傍においてき裂成長に大きく影響することを示唆している。しかしながら、下限界近傍のき裂成長速度の環境依存性はき裂閉口概念によつて説明できなかった。

ΔK_{th} での破面形態はすべて試験環境及び R において粒内割れであつた。大気中及びアルゴンガス中では、この割れ形態は ΔK が増加しても変化しなかつたが、水素ガス中では ΔK の増加とともに粒界割れが見られはじめ、繰り返し塑性域が結晶粒寸法にほぼ等しくなつた時最高破面専有率 30% を示し、その後 ΔK の増加とともに減少した。

Ni Mo V 鋼との比較では、疲労き裂速度は、大気中、アルゴン中では同じであつたが、水素ガス中では下限界近傍では、Ni Cr Mo V 鋼のほうが特に高応力比 $R=0.8$ で速かつた。(升田博之)

—物理冶金—

酸化物系における還元反応の研究

(D. I. RYZHONKOV: Scand. J. Metall., 11 (1982) 3, pp. 135~138)

二種類以上の酸化物から成る混合系において、個々の還元反応が他の酸化物の存在によつてどのような影響を受けるかを検討した。

このため調整した FeO-NiO および $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ の各混合酸化物について還元反応の実験を行った。種々の組成の粉末試料について昇温しながら固相還元反応を行わせ、この時の反応速度と反応進行度を熱天秤を用いて測定した。還元については He や H_2 ガスなどの非酸化性雰囲気中で固体炭素によつて行つた。ガス分析と反応生成物の X 線分析も行つた。このほかクロム鉱石についても同様の実験を行つた。

この結果、酸化物混合系における還元反応の反応速度は個々の酸化物が同一条件で示す反応速度の和として単純に表せないことがわかつた。まず、系の一方の酸化物の分率が比較的小さい場合、系で起こっている反応の反応生成物が主酸化物の還元反応に影響するのが観察された。例えば FeO-NiO 系で NiO 分率を徐々に増加させると、FeO 還元反応の反応速度が極大となる温度は変化した。この現象は $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 系でも見られた。つぎに、初期の酸化物と反応生成物との間に強い相互作用を生じる場合、新たな化合物や固容体が形成され、これが系の還元反応に影響するのが観察された。例えば $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 系を還元させた場合、FeO がクロムスピネルを形成するために FeO 還元反応の進行度が減少し、代わりに生じたスピネルの還元反応に対応する反応速度のピークが観察された。クロム鉱石についても同様

な反応生成物の影響が見られた。すなわち、まず Fe~Cr 系スピネルの還元反応が生じ、次にアルミン酸塩が形成され、さらに温度を上げていくとクロムカーバイドによる Cr₂O₃ の還元反応が生じた。

複雑な系の還元反応について、さらにその機構の規則性に関する研究を進めることによつて反応の最適条件や法則性を求めることが可能である。(村川恵美)

新刊案内

データシートシリーズ 4

構造用鋼板の破壊靱性値

編集 日本鉄鋼協会標準化委員会データシート部会編

発行者 日本鉄鋼協会

定価 会員 3,000 円(送料実費), 非会員 4,000 円(送料実費) A4判 162 頁

本会では、我が国で製造される鋼材について、使用者がその性質を正しく把握し、適切な材料使用を容易にするため、鋼材の諸性質に関するデータを収集し、これを発行しております。

本データシートは我が国における代表的構造用鋼板 JIS の SM, SPV, SLA, NK の船体構造鋼板, WES の溶接構造用高張力鋼板など(原子力圧力容器用鋼板, 新制御圧延法による鋼板は除く)母材に限定し、その破壊靱性試験のデータを次の通り収集している。

V ノッチシャルピ試験 499 件, 低温引張試験 119 件, Deep Notch 試験 123 件, COD 曲げ試験 90 件, 二重引張試験又は ESSO 試験 89 件, NRL 落重試験 108 件

~~~~~

### データシートシリーズ 1

|                                                                            | 会 員    | 非会員    |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| (第1集) 質量効果を考慮した機械構造用鋼の機械的性質<br>(S35C, S45C, S55C, SCM3, SCM22)             | 600 円  | 1000 円 |
| (第2集) " "<br>(SCr4, SCr22, SCM4, SCM21, SMn3, SMnC21)                      | 1000 円 | 1400 円 |
| (第3集) " "<br>(SCM2, ASCM17H, SCr2, SNC2, SNC21, SNCM8, SNCM21, SNCM23)     | 1500 円 | 1800 円 |
| (第4集) " "<br>(S35C, S45C, S55C, SMn3, SCr4, SCM2, SCM3, SCM4, SNC2, SNCH8) | 2000 円 | 2500 円 |

### データシートシリーズ 2

伸び値におよぼす試験片の寸法効果 550 円 950 円

### データシートシリーズ 3

高温引張試験 1400 円 1800 円