

抄 録

—原 料—

表面活性剤の使用による焼結原料のペレタイジング

(Yu. S. KARABASOV, et al.: Steel USSR, 13 (1983) 1, pp. 1~2)

焼結原料の造粒速度は、核の量と粒径に支配される。ここでは、滴下散水での造粒による核の形成への表面活性剤（フェノール）の影響について、マグネタイト精鉱を用いた実験結果について述べている。

造粒原料はすべて同一のキャピラリー径の束から成り、混合中でもこの半径および核の気孔率は変化しないものと仮定すると、滴下散水で形成する核の体積は次式で示される。

$$U_n = \frac{2\pi\sigma\cos\theta}{\kappa\rho g'} \sqrt[3]{\frac{6U_1}{\pi\varepsilon}}, \quad dn = \sqrt[3]{\frac{6U_1}{\pi\varepsilon}}$$

ここで、 σ ：液体の表面張力、 θ ：濡れ角度、 κ ：原料の表面性状に関する係数、 ρ ：液体の密度、 g' ：重力加速度、 U_1 ：水滴の体積、 ε ：気孔率、 dn ：核の粒径である。

核の粒径 (dn) と水滴の体積 (U_1) との関係に関する実験結果と計算結果とは、2% 以下の精度で一致した。したがって、上式は核の粒径の計算に使用可能である。界面活性剤としてフェノールを水に配合して使用すると、水のみ使用に比べて生成核の直径が減少し、逆数が増加する結果を得た。これは σ と $\cos\theta$ が変化するためである。(土屋 修)

—製 鉄—

焼結原料層形成におよぼす原料の予備流動化の影響

(A. I. ROMANCHUK, et al.: Steel USSR, 13 (1983) 1, pp. 2~3)

焼結プロセスにおいて、点火前に原料層に空気を吹き込み流動化させることは、層内の原料粒度分布に影響をおよぼすために有効な方法である。流動化法には定風量で行う場合と、風量を周期的に変化させて行う場合の2種類ある。後者においてより効果的で、その方法は流動化開始速度 v_{1Cr} を越える強風期と v_{1Cr} 以下、もしくはわずかな流動状態を保つ弱風期とを繰り返す。

この効果を確認するため、150 mm ϕ × 240 mmH 鍋を用いて、通常装入法と流動化装入法について焼結実験を行った。最適風量は $v_{a.f}$ (最適風速) < $v_{a.f.c}$ (微粉が原料層から飛散する速度) で決定され、それは 1.6~1.9 m/s である。強風時の流速は 1.8~2.4 m/s であり、弱風時は 0.8~1.3 m/s である。

流動化の間に混合原料の粒度の再配分が行われる。上層には 10~15 mm の粉はほとんど含まれず、5~10 mm は 1/2~1/4 に減少するが、1.6 mm 以下の微粉は 1.5~2.0 倍に増加する。微粉の移動には燃料の再配分を伴い、上層部において増加し、その増加割合は、定流動化法では 0.5~0.8%、周期的流動化法では 1.5~2.1% である。グレートバーから 60~80 cm の位置で 5.7 と 5.5% の最低値になり、それより下層部では変化が少な

い。

原料層の通気性は流動化処理することにより改善され、通常充填法に比べ、定流動化法では 32.5%、周期的流動化法では 40% 改善される。これにより焼結速度は早くなる。歩留りは上層部試料において 0.8~2.2% 増加するが、下層部試料は、原料粒度が大きいため熔融時間が不足し、2.9~3.1% 低下する。全体の歩留りは 1.0~0.5% 低下する。生産率は焼結時間の短縮効果の寄与が大きく、通常充填法に比べ流動化処理した場合には 18.9~27.3% 増加する。(木村吉雄)

—製 鋼—

高級鋼用スラグの性質の研究

(J. GEISELER, et al.: Stahl Eisen, 103 (1983) 20, pp. 1013~1017)

ドイツのすべての高級鋼製造工場で用いられたスラグを用い、電気炉、VOD あるいは AOD 工程で極低合金鋼低合金鋼、中合金鋼、高合金鋼を精錬する際のスラグ組成変化の経路の研究を行った。

スラグ組成は三元系で表し、その状態図に組成変化の経路を表した。その基本系は CaO-SiO₂-FeO_n 系であるが MgO、MnO および Al₂O₃ を添加した系も重要である。特に、10%MgO や MnO を添加した系では飽和溶解量を変化させる。また高クロム合金鋼の精錬では CaO-Cr₂O₃-SiO₂ 系が基本系として重要であり、実際、クロムのスラグ化や還元の追跡が可能である。

極低炭素鋼、低炭素鋼、中炭素鋼溶製時のスラグは (CaO-MgO-MnO_n)-FeO_n-SiO₂ 系で整理した。スラグ組成は FeO_n-(12~15%) SiO₂ の熔融状態から CaO 飽和に向かつて変化する。CaO 30% 付近で SiO₂ は極大値約 35% となり、次いで CaO 40% 付近で極小値約 15% となる。そして還元期では CaO-18~30%SiO₂ の近くの組成になる。

VOD による高クロム合金高級鋼の精錬では、スラグ組成は SiO₂ 飽和から出発し、温度上昇によつて石灰-ホタル石混合物がスラグ化すると少しづつクロムをスラグ化しながら CaO-Cr₂O₃ 組成上を変化する。そして低炭素濃度に達すると急激にクロムのスラグ化が起こり Cr₂O₃ 飽和の方向に転ずる。クロムロスを防ぐために続いてスラグが還元されると、Cr₂O₃ 濃度は 1% 以下になる。その後は CaO·SiO₂ 組成となり未溶解の石灰により CaO 飽和になる。AOD による高クロム合金高級鋼の溶製ではスラグ組成は Cr₂O₃ の高濃度から始まる点が VOD と異なる。

以上のようにスラグ組成変化の経路は上述の2つの型式で整理でき、その型は工程にはよらない。これらの経路をスラグの組織観察からも検討した。さらに 2CaO·SiO₂ の崩壊防止についても述べた。(永田和宏)

—性 質—

マトリックスII 及び M-2 高速度鋼の破壊靱性と疲労挙動

(B. Low and B. L. AVERBACH: Metall. Trans., 14A (1983) 9, pp. 1889~1898)

2種類の高速度鋼について、破壊靱性値 K_{IC} 及び疲労き裂成長速度 da/dN に及ぼす熱処理と未溶解炭化物

の影響を調査した。M・2 鋼は 0.9% C-4% Cr-5% Mo-2% V の組成であり、0.5% C-4% Cr-5% Mo-1% W-1% V-8% Co のマトリックス II 鋼と比較して多量の炭化物を有している。2 次硬化の最高硬度を揃えた熱処理条件では、焼もどし温度と降伏強度の関係は類似していたが、最高硬さでの破壊靱性値を比較すると、マトリックス II が 16~17 MPa·m^{1/2}、M・2 が 17~19 MPa·m^{1/2} と M・2 が若干優れており、延性破壊を示す焼もどし温度域も M・2 が広い。これらの鋼では、破壊靱性値に対しては未溶解炭化物の存在はマイクロ組織的に重要な要因ではなく、基地の化学組成と組織が決め手になるものと思われる。応力拡大係数 ΔK と疲労き裂進展速度 da/dN の関係は両者とも典型的な S 字曲線を示しており、中間成長域では力学法則に従っている。き裂伝播下限値近傍でのき裂成長速度は、素材の降伏強度と結晶粒の大きさに依存し、未溶解炭化物の大きさと分布には余り関係しない。 ΔK と da/dN が直線関係を示す領域では、き裂成長速度は破壊靱性値の高いものが低い値を示した。引張試験、破壊靱性及び疲労き裂の破面を走査電顕で観察した結果では、破断の起点は未溶解炭化物近傍の 2~3 の結晶粒で、擬へき開破面を呈しており、その伝播は基地組織及び炭化物の周辺で塑性的に進行し、炭化物の存在にはほとんど影響されない。以上を総合すると、未溶解炭化物の存在は破壊の起点としては重要であるかも知れないが、その成長には基地組織の強度と延性が主要な役割を演じており、したがって今回の試験に供した 2 種の高速度鋼は、その組成が互いに異なり、未溶解炭化物量が異なるのにもかかわらず、その破壊靱性値と疲労き裂成長の挙動は類似して、一般に認められるように硬さとの関係で説明できる。(野中保宏)

440C と BG42 鋼の破壊靱性と疲労き裂成長速度に及ぼす熱処理の影響

(B. Low and B. L. Averbach: Metall. Trans., 14A (1983) 9, pp. 1899~1906)

疲労き裂成長速度 da/dN 及び破壊靱性値 K_{IC} が 2 種のマルテンサイト系ステンレス鋼、440C (1.0% C, 17% Cr, 0.5% Mo) 及び BG 42 (1.1% C, 14.4% Cr, 4% Mo, 1.3% V) について調査された。オーステナイト化温度、冷却条件及び焼もどし温度の組み合わせにより残留オーステナイト量を変化させて試験を行った。サブゼロ未処理の 440C 鋼を 150°C で焼もどしたものは、 K_{IC} 試験の間に破面で約 10% の残留オーステナイトがマルテンサイトに変態した。この歪み誘起変態は破壊靱性値に重要な意味を持つことがわかった。歪み誘起変態は、焼もどし温度が 450°C まで上昇するとしだいに少なくなり、2 次硬化ピークの 500°C では認められなかった。サブゼロ未処理の 440C 材の 1065°C オーステナイト化したものでは、 K_{IC} 値は 150°C の焼もどしで最高値の 30 MPa·m^{1/2} を示し、500°C 焼もどしで最低値の 18 MPa·m^{1/2} を示した。サブゼロ処理 440C 材は、約 5% の残留オーステナイトを有しているが、いかなる焼もどし温度でも、破面には歪み誘起変態は認められなかった。サブゼロ処理鋼の 2 次硬化のピークまでの焼もどし温度に対応する K_{IC} 値は、終始未処理鋼のものよりも低い値を示した。BG 42 材は、すべてサブゼロ処

理され、2 次硬化域で 2 回ないし 4 回焼もどしを行った。本材の 2 次硬化のピークにおける K_{IC} 値は 16~18 MPa·m^{1/2} であつた。焼もどしマルテンサイト脆性 (TME) はサブゼロ処理の有無に関係なく、440C 材に認められ、残留オーステナイト変態はこの鋼種では TME を軽減する働きのないことが明らかになった。力学法則領域での 440C 材の疲労き裂成長速度は、サブゼロ処理の有無で同じ値を示し、500°C 以上の焼もどし温度では変化が少ない。しかし、2 次硬化のピークを過ぎると、焼もどしマルテンサイトの硬度低下により、終始低い値を示した。サブゼロ未処理鋼では、き裂伝播下限値 ΔK_{th} は若干高い値を示したが、これは歪み誘起マルテンサイト変態を示す鋼の圧縮残留応力発生と表面荒れの増加によるものであるとみなされた。(野中保宏)

ラインパイプ鋼の硫化物応力腐食割れ

(J. C. Turn, et al.: Corrosion, 39 (1983) 9, pp. 364~370)

H₂S を含むサワー環境で使用される鋼は、水素誘起ブリスター割れ (HIBC) と硫化物応力腐食割れ (SSC) が問題となるが、SSC を防止するためにはロックウェル硬さ HRC 22 以下の鋼を使用することが推奨されている。しかし、環境がよりきびしくなり応力が高くなると、低強度鋼でも SSC の可能性が考えられる。本研究は、低強度のラインパイプ鋼の SSC の感受性と機構について検討したものである。

調整圧延された商用の X42~X70 鋼で造られた 8 種類のラインパイプから供試材を採取した。NACE 溶液 (H₂S 飽和 0.5% 酢酸+5% 食塩水) 中の定荷重 SSC 試験、PB 溶液 (H₂S 飽和人工海水) を用いた HIBC 試験、NACE 溶液と As₂O₃ を 1g/L 含む 5% 食塩水中における低ひずみ速度引張試験 (SSRT) を行った。また、X 60 鋼については電気化学的水素透過試験も行った。

NACE 溶液中で、降伏強さの 72% の定荷重試験を行った場合、すべての鋼種が 100 h 以内に破断し、PB 試験から求めた HIBC の感受性とは特に相関が認められなかった。HIBC が認められなかった X 65 鋼を PB 溶液中で降伏強さに相当する応力で SSC 試験すると 24 h 以内に破断し、低強度鋼でも応力が十分高いと SSC が生じた。また、NACE 溶液中で SSRT 試験を行ったが、ひずみ速度の低下に伴って単調に延性が低下し、水素脆化機構の特徴を示した。比較的速い 10⁻²/s のひずみ速度で、NACE 溶液と As₂O₃ 添加食塩水中で荷重前の浸せき時間の影響を各電位条件で調べた結果、SSC が水素脆化機構によることが示唆された。さらに、各種水溶液中の水素透過試験から求めた水素の逃散能 (fugacity) と SSRT 試験の脆化度との間に良い対応が認められた。

SSC の感受性を硬さだけを基準として判定することは問題があり、環境と応力によつて低強度鋼でも SSC が生ずる。また、不純物が少なく HIBC が生じない鋼でも SSC が起きる可能性がある。(青木孝夫)

腐食環境下使用における高合金オーステナイト系材料

(J. Kolts, et al.: Met. Prog., 124 (1983) 15, pp. 25~36)

高温及び腐食性の環境で使用するオーステナイト系合金は、Ni-Cr-Mo系とFe-Cr-Ni, Ni-Mo, Ni-Cr系に大別される。この文献は、これらの合金の成分と腐食特性との関係を各方面からまとめ、材料選択の際の手助けとなるように計っている。

腐食試験として、均一腐食試験、孔食試験、応力腐食割れ試験及び腐食疲労試験について、各合金の特性がまとめられている。

均一腐食については、非酸化性の酸に対して、合金元素としてモリブデン及びニッケルが耐食性に効果がある。酸化性の酸に対しては、クロム及びニッケルに効果がみられ、アルカリに対しては、ニッケル及びクロムが耐食性に優れた効果を示す。

孔食については、モリブデンの効果が大きく、孔食温度と $\%Cr+2.4(\%Mo)$ との間には直線関係が成り立

つ。

応力腐食割れについては、温度とpHが重要な役割を果たす。高ニッケル合金及び高ニッケル+モリブデン合金は応力腐食割れ感受性は小さい。

腐食疲労については、腐食疲労は応力腐食割れのように特殊な環境を必要としなく、耐食性のよい合金も腐食疲労に対して不感性的ではない。特に腐食疲労では水分子の吸着効果が重要で、大気中で強い不動態皮膜を形成するNi-Cr-Mo-W合金においては腐食疲労による損傷は小さい。

また、溶接部の組織の腐食特性に及ぼす影響として、母材と熱影響部の金属組織の相違が原因となり、母材-熱影響部境界が選択的に腐食することなどが述べられている。(升田博之)

統 計

講演大会での発表からみた製鉄研究の推移

製鉄分野における研究・開発活動を講演大会での発表をもとに発表機関別に整理した結果が右図である。

発表機関を次の4つに分類した。

- 大学・公立研究機関からの発表
- 会社研究所からの発表
- 現場（主に製鉄所で一部、重工等を含む）と会社研究所との共同発表
- 現場からの単独発表

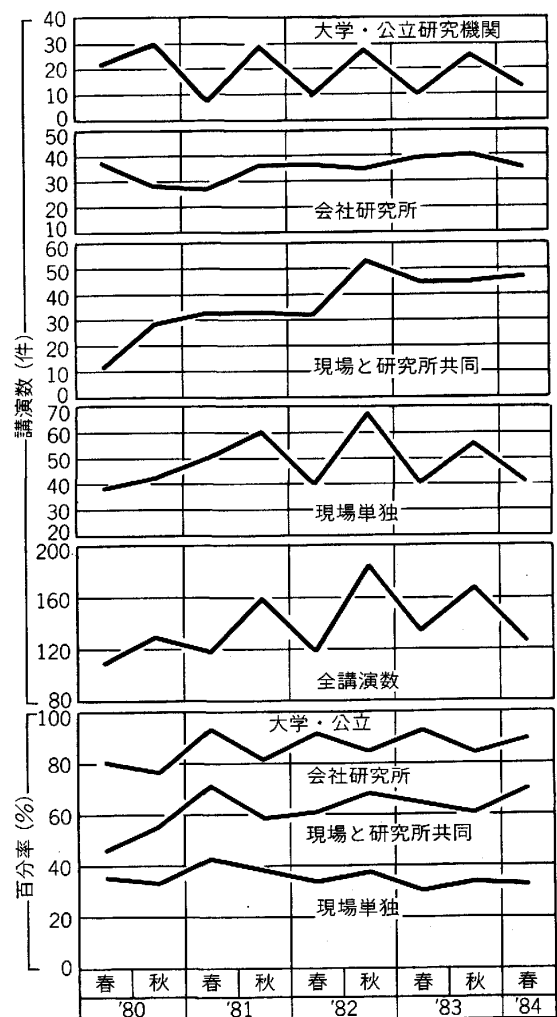
分析結果の主な特徴は次のようである。

- 全講演数は春季大会より、地方で開催される秋季大会で多く、しかも年を追って増加する傾向にある。これらの傾向は全分野総合件数の推移（鉄と鋼，69（1983），p. 902）と同じである。
- 春低秋高傾向は大学・公立研究機関と現場からの単独の発表件数についてもみられる。
- 大学・公立研究機関からの発表は変動してはいるものの20件前後でほぼ横這いである。
- 会社研究所からの発表は春秋を問わず、ゆるやかな増加傾向を示しつつ30~40件と一定している。
- 現場と会社研究所との共同発表は4.5年間に2度急増している。すなわち、'80年秋に従来の3倍増となった後、30件強と約1.5年間一定に推移したが、'82年秋に再び急増し、その後45件程度を維持している。

発表機関別の中で、この現場と研究所との共同発表件数が最も大きく増加している。

6) 百分率でみると、相対的に、現場からの単独発表が年々減少し、研究所との共同発表が増加している。

((株)神戸製鋼所中央研究所 稲葉晋一)



研究機関別の講演大会発表件数の推移（製鉄分野）