

抄 録

—耐火物—

ソルメール高炉での放射性元素を用いた内張耐火物の
損耗度の管理(A. DUFOUR et al.: Rev. Métall., 82 (1985) 8~9,
pp. 615~628)

ソルメール製鉄所の2本の高炉は、ほぼ同じ累計出銑量のレベルにある。改修時に内張耐火物内に埋設したコバルト 60 の放射性元素により、内張耐火物の損耗度を推定すると同時に、操業条件との関連性を解析し、それぞれの損耗状態が操業方法と密接な関係にあることを示した。

(1) 第1高炉のように、長期間の休止後に再火入れた高炉では、火入れ初期の周辺流操業のために、羽口直上の耐火物の侵食が顕著であった。

(2) 第2高炉の高出銑比操業では、朝顔上部からシャフト下部にかけての耐火物が侵食された。この損耗は、融着帯根部の上昇(W型)に伴い、周辺流が助長されたためである。

(3) 円周方向の内壁プロフィールのアンバランスは、とくに第2高炉の朝顔部からシャフト中部において顕著であり、第1出銑口側で大きい損耗が認められた。

(4) 内張耐火物がほぼ完全に消滅した領域がある場合には、その近傍の耐火物は急激に崩壊する。第2高炉では、同一箇所に深度を変えて埋め込んだ放射性元素が同時期に検出される現象が、幾度も認められた。

(5) きめ細かい炉壁温度の管理により、炭化けい素の内張耐火物の寿命は改善され、平均寿命は3年であった。

(6) 内張耐火物の材質の選択は、高炉の長寿命化のポイントであり、とくに、朝顔部において極めて重要である。

(一田守政)

—製 銑—

ベルレス装入装置における装入条件研究のための実験
手法(V. N. KOVSHOV et al.: Steel USSR, 15 (1985) 5,
pp. 208~210)

ベルレス装入装置の高炉操業における技術的・経済的指標はかなりの部分を装入条件に依存する。しかしながらほとんどの場合、装入条件は、直感的にあるいは近似計算によつて試験されるが、最適条件に迅速に到達することにはならない。そこで著者はベルレス装入装置を装備する高炉において、最も効率的な装入モードを見出すための実験的手法を示し若干の知見を報告する。

当手法は Umeda-Ichikawa 連続単一法 (successive simpex method) の改良型に基づいて開発されたものであり、本報ではシュートを有する標準的な 5000 m³ 高炉をモデルとした。

高炉炉口部の半径方向の装入物分布を支配する因子として次の5因子を考える。すなわち、装入物量・装入レベル・コークスと原料の装入位置の比 ($N\alpha$)・シュート

の平均傾動角 (\bar{Y}) として、コークスと原料の装入位置の角度差 ($Y Pa$) である。

最適条件であることの評価関数として以下の3項目を用いた。すなわち装入原料層内の圧損 ($\Delta P/H$)・半径方向ガス流分布 (σ_d) として装入原料とガスの分布の均一性指数 ($\sigma_d^2(\Delta P/H)$) である。

初めに5回の実験を行い、6番目からは下式にて次の試験条件を求めた。

$$X_{N+1} = (1 + \alpha) \frac{\sum_{i=1}^K (Y_{max} - Y_i) X_i}{Y_{max} - Y_i} - \alpha X_{max}$$

ここに X_{N+1} : 次の実験条件 X_{max} : 評価関数 Y_{max} の時の条件

最悪の条件で $\alpha=1$ とし結果が改善されれば $\alpha=1.62$ とし逆なら $\alpha=-0.5$ として最適点を見出す。

この方法により装入位置を 1S/3C~3S/3C・平均傾動角 47~63°・装入原料 91~118 t・装入レベル 0.9~1.7 m、変位角 2.5~26° の範囲で実験を行い次の結果を得た。

最も重要な因子は原料の投入角度差であり、装入量と装入レベルはほとんど影響がなかった。

(井ノ口和好)

水素-アルゴンプラズマによる鉄鉱石の溶融還元

(M. LEMPERLE and A. WEIGEL: Steel Research, 56
(1985) 9, pp. 465~469)

LEMPERLE らは、移行型の水素-アルゴンプラズマを用いて、実験室規模で鉄鉱石のプラズマ溶融還元の研究を行つた。実験は、鉄鉱石 680 g を、アルゴンガス流量 9 l/min、水素ガス流量 10 l/min、プラズマアークへの平均供給電力 40 kW のもとで最高 40 min 反応させて行つた。

パイロメーターでの測定によると、アーク付近の溶融物の表面温度は、水素を陰極の前でプラズマガスに混合した場合は約 2600 K、アークの横から水冷ランスを用い供給した場合は 2250 K、アルゴンプラズマのみの場合は 2150 K であつた。熱力学的プラズマデータによると、おのおののアーク温度は電流値 250 A 一定のもとで、13000 K、11000 K、9500 K と推定された。溶融段階での還元速度は、水素をプラズマトーチの前で混合した場合の方が速いが、溶融後の還元速度は一定に保たれ、水素の供給方法にはほとんど影響されなかつた。また、溶融物の表面積を 50% 増加しても、還元速度への影響は認められなかつた。測定された水素の利用効率、43% ないし 50% であり、この値は $FeO + H_2 = Fe + H_2O$ の平衡と良く一致する。プラズマ溶融還元で得られた速度定数と、低温での文献値を用い溶融酸化鉄の活性化エネルギーを求めると、約 67 kJ/mol となつた。この値は、鉄相の析出後のウスタイトの還元に関して報告されている活性化エネルギーの範囲にある。従つて、プラズマ溶融還元の場合においても、律速段階は吸着 H + 吸着 OH → 吸着 H₂O の反応であり得る。

(国友和也)

ソラック社パチュラル 6 高炉における装入物分布試験
(P. VANNSON et al.: Rev. Métall., 82 (1985) 7, pp. 523~533)

ソラック社のパチュラル6高炉は、PW社のベルレス装入装置を装備している。1982年の中間改修時に、ソラックおよびイルシッドが共同して装入物分布試験を行い、以下の結果を得た。

コークスおよび焼結鉄の落下軌跡：(1)落下軌跡幅は90 cmと、ベル式高炉の30~40 cmに比較して大きく、その幅は、装入物(コークス、焼結鉄)あるいはシュートの傾動位置によつてほとんど変化しない。(2)ホッパー間での落下軌跡の差異は、半径方向で約10 cmである。

排出時の偏析：(1)排出時の粒度の経時変化によれば、最初に細粒が多く、最後に粗粒が多く排出されるが、BSC社のレドカー高炉の結果ほど顕著ではなかった。(2)焼結鉄と他原料の混合による排出時の偏析は、少量の他原料(例えば、KD鉄石、スクラップ、ペレット)がホッパー内で焼結鉄の下にある場合に顕著であり、他原料が最初に排出される。しかし、他原料が焼結鉄の上にある場合には、より均一に排出される。(3)粗粒の落下軌跡は、細粒に比較して炉壁側に近い。

装入物分布：(1)コークスの傾斜角は33°~34°、焼結鉄の傾斜角は26°~30°であつた。この測定結果は、プロフィールメーターによる実炉での測定結果とよく一致している。(2)KD鉄石の半径方向の偏析は、傾斜角が大きいため顕著であり、選択的に炉壁近傍に堆積している。この現象はベル式高炉でも観察されており、とくに装入物のレオロジー的な性状に依存している。(3)炉半径方向の粒度偏析は大きく、炉壁と中心の間で、粒子の調和平均径が5.5 mmから14 mmまで変化する。そして圧力損失は、装入物の粒度分布と1対1で対応し、炉壁と中心の間で3倍程度変化する。

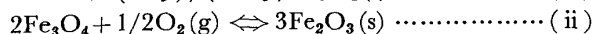
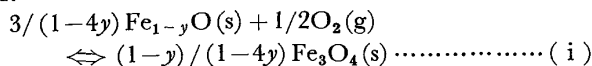
(一田守政)

— 製 鋼 —

1000~1600KにおけるFeO-Fe₃O₄系およびFe₃O₄-Fe₂O₃系の起電力測定

(E. JACOBSSON: Scand. J. Metall., 14 (1985) 5, pp. 252~256)

高温における平衡計算を取り扱う場合には、信頼性の高い熱力学データが必要である。そこで酸化物の平衡を取り扱う際に最も信頼度の高いデータが得られるガルバーニ電池法を用いて、wüstite-magnetiteの平衡反応(i)およびmagnetite-hematiteの平衡反応(ii)を調べた。



YSZ(yttria stabilized zirconia)を固体電解質に用いた酸素濃淡電池の起電力Eを測定したところ、反応(i)および(ii)に対してそれぞれ

$$E(i)/mV = 19.705 + 1.3458(T/K) - 0.20514 T/K \ln(T/K) \quad (960 \sim 1600 K)$$

$$E(ii)/mV = -337.95 + 1.1727(T/K) - 0.19185 T/K \ln(T/K) \quad (1090 \sim 1590 K)$$

なる結果が得られた。この測定結果をもとに各反応の平衡酸素分圧を計算したところ次の結果が得られた。

$$\lg(p(O_2)(i)/atm) = -17.979 - 28365/(T/K) + 3.8535 \ln(T/K)$$

$$\lg(p(O_2)(ii)/atm) = -14.490 - 21154/(T/K) + 3.5856 \ln(T/K)$$

さらにこの酸素分圧を用いて非化学量論組成を考慮したmagnetiteとhematiteのGibbs生成自由エネルギーを求めたところそれぞれ

$$\Delta_f G^\circ(Fe_3O_4)/J \cdot mol^{-1} = -1094200 + 331.67(T/K) - 3.6056(T/K) \ln(T/K)$$

$$\Delta_f G^\circ(Fe_2O_3)/J \cdot mol^{-1} = -818930 + 348.39(T/K) - 12.866(T/K) \ln(T/K)$$

が得られた。(中川朝之)

溶鉄と酸素のパルスジェットとの相互作用の機構

(A. V. YAVORSKIY et al.: Steel USSR, 15 (1985) 3, pp. 114~115)

平均酸素ガス流量を一定にしてパルス状に吹き付けると、溶鉄の脱炭速度は25~45%も上昇する。1~2gの金属滴を用いた実験ではパルスの周期が60~80 Hzの時、脱炭速度が最大になることがわかつた。

この機構を次のように解析した。この現象は伝達関数を用いて表した振動連鎖で表される。

$$W(p) = V_c(p)/B_0(p) = k/(\tau^2 p^2 + 2\tau\xi p + 1)$$

ここでV_cは脱炭速度、B₀は酸素ガス流量、kは変換係数、τは時定数、ξは緩和係数である。τとξがある関係にあると振動連鎖は共鳴を起し、p=iωでの最大振幅は

$$A(\omega) = k/[(1-\tau^2\omega^2)^2 + 4\tau^2\xi^2\omega^2]^{1/2} = k/\Phi(\omega)$$

で表される。脱炭速度は正弦波で変化するので

$$V_c(t) = B_0 A(\omega) \sin \omega t + k B_0 = V_c(0) (1 + \sin \omega t / \Phi(\omega))$$

これを1周期にわたつて積分すると平均の脱炭速度V_c(ω)が得られる。結果は次のようになつた。

$$\begin{aligned} \bar{V}_c(\omega) &= (V_c(0)/2\pi) [\pi + 2 \arcsin(\Phi(\omega)) \\ &\quad + 2\sqrt{(1/\Phi(\omega))^2 - 1}] \quad (\Phi(\omega) \geq 1) \\ &= V_c(0) \quad (\Phi(\omega) < 1) \end{aligned}$$

溶鉄重量2g、τとξをそれぞれ0.0025と0.18として平均の脱炭速度を計算したところ、実験結果を定性的に説明できた。

共鳴振動数はτとξの関数であり次のように表せる。

$$\omega_r^2 = (1 - 2\xi^2)/\tau^2$$

結局、τやξを反応容器の形状、酸素ガス流量、液滴の重量で表せば、このプロセスの指数を定量的に予測できるであろう。(永田和宏)

ライムで安定化したジルコニアの酸素透過機構

(S. Dou et al.: Electrochemical Soc., 132 (1985) 8, pp. 1843~1849)

ライムで安定化したジルコニア(CSZ)を高温固体電解質として使つたときの酸素透過度は、P型電子伝導に起因し、電解質の両端の酸素分圧の1/4乗の差に比例する式で与えられる。しかし従来の研究ではその指数は1/2から1/4までの値を取ると報告されている。本研究では不純物濃度および見かけ密度を変えた数種のCSZ管を用いて等温下における透過度を測定した。

試料は市販の物と自作の物を用いた。それらは10⁻⁵ m以下の直径の小さな気孔が体積の10%ほどを占める物と、気孔は少ないが不純物の析出による第二相を持つ

物であつた。チューブの形状は長さ 30 cm, 内径 1.4~2.0 cm の一端閉管で、壁の厚さは 2.75~0.5 mm だつた。これらの管の透過度は、管の外側に酸素分圧 10^{-3} ~1 atm の Ar-O₂ 混合ガスを流し、真空に引いた管内に透過してくる酸素の量をマススペクトロメーターで測定して得た。管内の圧力は 10^{-6} ~ 10^{-4} atm で、温度は 960~1450°C の範囲で測定した。その結果指数 n は、連結していない微細な孔を持つ試料では 3.6 から 2.5 まで変化する値を取り、気孔の少ない試料では $n=4$ の一定値を取つた。また、壁が厚くなると n は 4 に近づき、薄くなると 2 に近づいた。

酸素の透過機構を表面反応とバルクの拡散に分けて考えたとする。前者では酸素透過度は酸素分圧の 1/2 乗に、後者は 1/4 乗に比例することがわかつた。従つて、電解質の壁が薄い時は表面反応律速、厚い時はバルク中の拡散律速であり、その臨界厚さは 2.7×10^{-2} cm であつた。

バルク中に存在する孔は、拡散の断面積を小さくし、かつ拡散距離を長くすることになる。また、表面にある第二相では、表面反応が非常に速いことを示した。

(西脇亮羽)

— 性 質 —

Ni 添加 Ti-6Al-4V 合金の超塑性変形中の微細組織変化

(B. H. PRADA and A. K. MUKHERJEE: Scr. Metall., 19 (1985) 10, pp. 1235~1239)

金属材料の高温変形において、低歪み速度域(領域 I)では変形強化結晶粒成長による歪み硬化が、高歪み速度域(領域 III)では結晶粒微細化による歪み軟化がそれぞれ観察される。これらの中間の歪み速度域(領域 II)で

は超塑性変形が可能となる。

本論文は、Ti-6Al-4V-2Ni 合金を 815°C, 5.0×10^{-5} ~ 5.0×10^{-3} /s において引張り、変形中の微細組織変化を調べ、金属組織学的な検討を行つたものである。

試験片として、厚さ 1.3 mm の板から圧延方向に切り出し、815°C Ar ガス中で 1 h 保持の熱処理を施したものをを用いた。引張試験は試験温度 815°C で一定歪み速度下で行い、試験後、試験片の肩部及びゲージ長さ部を透過及び走査型電顕にて組織観察した。また、 α 及び β 相の結晶粒径と相の体積率を測定した。

引張試験の結果、この相の結晶粒径は歪み速度 5×10^{-5} /s では微細化し、変形応力は歪み軟化が、歪み速度 5×10^{-3} /s では粗大化し歪み硬化がみられた。歪み速度 2×10^{-4} /s では歪み硬化と軟化が釣合つた状態の動的平衡効果が認められた。すなわち、中間の歪み速度域では結晶粒成長と連続的再結晶による結晶粒微細化が起こり、超塑性伸びが大きくなり、その流動応力は歪みに依存しない定常流動挙動となつた。

歪み速度 2×10^{-4} /s で各相の有効動的結晶粒径の変化量 $\Delta\lambda$ (肩部の結晶粒径からゲージ長さ部の結晶粒径を差し引いた量) と真歪み ϵ_t との関係を調べた。その結果、粒成長速度 $d\lambda/dt$ は β 相の方が α 相より大きかつた。この原因は、拡散係数が β 相の方が α 相より大きいためであると考えられる。また、微細組織の歪み誘起粗大化現象はみられなかつた。代わりに、 $\Delta\lambda$ は両相とも ϵ_t に対して振動していた。これは、本合金の超塑性変形中の有効な各相の粒径変化が、粒粗大化と微細化の両プロセスを含むことを示唆している。この動的平衡効果により、硬い α 相の比較的微細かつ等軸粒であることの維持、及び軟い β 相の α 相周囲への分布と緩和が容易になる。

(呂 芳一)