

抄 録

—原 料—

焼結鉄の低温還元強度におよぼす MgO の影響

(S. C. PANIGRAHY, et al.: Iron Steel Int., 57 (1984)

1, pp. 29~33)

焼結鉄の還元粉化におよぼす MgO の影響を、原料中の CaO を一部 MgO で置換することによつて系統的に調査した。焼結原料は Alegria, Orinoco および Mano River 産のヘマタイトを混合したもので、成品塩基度 ($B = (\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$) を 0.7~1.9 まで 0.3 ずつ変化させた。また特定の塩基度の焼結鉄に対しては、MgO/CaO 比を ± 0.02 (MgO 無添加 (100% 石灰石) の場合) から 1.2 まで 0.2 きざみで石灰石、ドロマイト、ジュナイトにより変化させた。15~20 mm に整粒したこれら焼結鉄各々 500 g を CO30% + N₂, 15 l/min, 550°C の条件で 30 min 還元する。次にこれら試料を円筒ドラム内で 30 min, 30 rpm の速度で回転した後、篩分けを行い +3.15 mm をもつて RDI とした。

試験の結果、(1)塩基度 0.7~1.3 の焼結鉄に対しては MgO/CaO 比を ± 0.02 より 0.6 まで上げることによつて RDI はかなり改善される。しかしこれ以上になると顕著な改善効果は認められない。(2)塩基度 1.6~1.9 の範囲の焼結鉄では、たとえ MgO/CaO 比が ± 0.02 、言いかえると MgO を添加しなくとも高 RDI が得られる。などが明らかとなつた。これらの結果に対して、次のような考察を行つた。(1)MgO/CaO 比が 0.02 で塩基度が 0.7~1.3 に対しては、焼結組織中に多くのヘマタイトが認められ、このヘマタイトが RDI を悪くしている。一方 MgO/CaO 比を上げてゆくと組織中にマグネタイトの比率が増加し、これにより RDI は改善される。(2)塩基度が 1.6~1.9 では、フェライト組織が多くなり、この中にヘマタイト結晶を包み込む。このためたとえヘマタイトが還元され応力が発生しても、MgO/CaO 比とは無関係にこのフェライト構造が粉化を抑制する。(3)塩基度が 1.9 では MgO/CaO 比が ± 0.02 から 0.6 まで上がるにつれ、RDI 値はわずかに低下する。これはたぶんヘマタイトを包み込むフェライトの量が減少することに帰因するものと考えられる。(4)その他ヘマタイト以外に RDI に影響をおよぼす要素として考慮すべき項目はガラス質スラグ内に存在するオリビン・パイロキシン等の結晶質物質である。これらはクラックの成長を防ぎやすい構造をしているため RDI 改善には効果があると考えられる。(坂本 登)

焼結鉄の磁化率におよぼす MgO 量の影響

(S. C. PANIGRAHY and J. DILEWYNS: Ironmaking Steelmaking, 11 (1984) 2, pp. 83~87)

焼結鉄の磁化率は、焼結鉄中のマグネタイト量に比例するとともに、強度や還元率などの焼結鉄品質とも密接な関係があり、このため磁化率の測定は、焼結鉄品質の予測と安定化にとつて重要な役割を果たしている。そこで本研究では、焼結鉄中のマグネタイト量を増加させ、

磁化率への影響も大きい MgO 量の効果について検討を行つた。

焼結鉄の製造には 45 kg の試験鍋を用いた。塩基度 $B (= (\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3))$ は 0.7~1.9 まで 0.3 ずつ変化させ、各々に対しさらに MgO/CaO を ≈ 0.0 ~1.2 まで 0.2 ずつ 7 水準設けた。ここで得られた焼結鉄に対して磁化率を測定し、この時の出力電圧を磁化指数 I_M と定め、 I_M を用いて種々の解析を行つた。

この結果、塩基度の上昇に伴い MgO/CaO の変化に対する I_M の変化量も大きくなる傾向が得られたが、MgO/CaO ≥ 0.6 ~0.8 では I_M はほぼ横ばいとなつた。この原因としては、マグネタイト量と比例する焼結鉄中 FeO の変化量で説明できる。 I_M と FeO との関係は、ほぼ直線関係が成り立つが、高塩基度、高 MgO/CaO 焼結鉄では MgO が Mg²⁺ としてマグネタイト中に固溶し (Fe, Mg)O·Fe₂O₃ を形成するため、FeO 量に対して I_M が高い値を示し、ある幅をもつた直線関係が得られた。

焼結鉄の還元率 (ここでは 40% 還元時までの還元速度 (dR/dt)₄₀ を用いた) は、 I_M の増加に伴つて直線的に減少している。ただし、低塩基度 (=0.7) のものでは、MgO/CaO が上昇するとマグネタイト量はあまり変わらず、スラグ相中の FeO が増加するため還元率が悪化し、直線から逸脱する結果となつている。

低温還元強度については、マグネタイト量の増加により高塩基度のものほど高く、したがつて、 I_M の増加とともにこれが向上する傾向にあるが、塩基度の高いものほど I_M に対する変化割合は小さくなつている。

また、コークス添加量の増加はマグネタイト量の増加を促し、MgO/CaO によらず I_M が上昇した。

以上のように、とくに MgO 添加焼結鉄の生産にあつて、 I_M の活用は品質制御の上で有効な手段といえる。(野田英俊)

—製 鉄—

乾式及び湿式消火コークス使用時の高炉操業

(E. I. KHRUSHCHEV, et al.: Steel USSR, 13 (1983) 7, pp. 277~278)

Zhdanov I'lich Iron and Steelworks の高炉で使用するコークスは、主として Avdeevka By-Product Cokingworks より供給されるが、コークス炉の型式、装入炭組成、コークス消火方法、その他技術的特徴によりコークス品質にかなりの差異を持つ。

本報ではコークス消火方法の違いに着目し高炉操業への影響について 2300 m³ の高炉で検討した結果、乾式消火コークスは湿式消火コークスと比較すると機械的強度の増加及び粒径の均一化もあいまつて、高炉操業上後者よりも優れていることが確認された。

乾式消火コークス使用上のメリットを以下に列挙する。

- 炉下部の状況が改善され、羽口の取替数が減少した。
- 溶鉄中の S 含有率が 0.033% から 0.029% に減少し、0.040% 以上の S を含有する出鉄回数は 22.9% から 15.2% に減少した。
- 熱状態が安定化し、溶鉄中の Si 濃度の標準偏差は

0.25% から 0.17% に減少した。

- 出銑温度が 20°C 上昇した。
- コークス比が 8.9 kg/t-pig (1.7%) 減少した。
- 同一操業ベースにして、高炉の生産性が 120 t/d (2.9%) 上昇した。

これら高炉操業上の経済的メリットは年間 165.5×10^3 ルーブルになった。(田原 勉)

高炉朝顔部における熱負荷制御について

(B. SCHILLER, et al.: Iron Steelmaker, 11 (1984) 2, pp. 12~18)

高炉朝顔部での耐火物ライニングの摩耗・損傷原因の確認と、将来の解決策、並びに現在稼働中の高炉炉命の延長技術の開発を主眼に検討を行った。

耐火物ライニングの摩耗・損傷要因は、フラッディング・ガス流分布・装入物分布・および冷却系統での沸騰皮膜の形成が挙げられる。対策としては、耐火物ライニング面での高温部を最小限に留めることで、そのために

- 1) ボッシュからの熱流束の連続的計測手段の開発
- 2) 伝熱速度をより早くする手段の開発
- 3) ライニングへの熱負荷を最小化する操業条件

上記3点について研究を行い、下記に示す結論を得た。

朝顔部において、通常の伝熱速度では安定した耐火物ライニングを維持することは不可能である。一方、一時的な装入物の付着によりライニングは保護されるが、この付着物は炉壁熱負荷が増加すると、容易に脱落し、さらに炉内にれんが面が露出することにより摩耗が促進される。従つて以下の対策を施した。

- 1) 沸騰皮膜を除去し、れんがからの伝熱速度を増すために朝顔冷却水量を増加した。
- 2) 朝顔冷却系統は、高圧水あるいは適宜酸洗することにより、冷却ジャケット内のスケール皮膜の形成を阻止した。
- 3) 装入物分布は、耐火物ライニングへの熱負荷を軽減するように調整した。
- 4) 出銑計画は、フラッディングを起こし、ボッシュへの熱負荷を上昇させることの無いように、出銑回数を増加した。
- 5) 朝顔部の熱流束は、コンピュータによつて常時監視されている。(桜井雅昭)

— 製 鋼 —

連続铸造機タンディッシュ中の溶鋼中酸素の連続測定

(T. H. ETSSELL and C. B. ALCOCK: Can. Metall. Quarterly, 22 (1983) 4, pp. 421~427)

溶鋼中の溶解酸素濃度を連続して測定できるモニターを開発した。モニターは CaO で安定化した ZrO₂ 固体電解質を用いた電池で、照合極を溶鋼と接する測定極から 5~15 cm 離して、照合極の温度を下げた非等温型電池である。溶鋼には 75%Mo-ZrO₂ サーメットを接触させ、測定極側リード線とした。

モニターの構造は、高純度アルミナキャストابلに固体電解質棒とサーメット棒を固定したものである。その電解質の一端に白金網を付けて電極とし、そこにステンレスパイプで空気を送入した。白金網には Pt-Pt13%Rh あるいはクロメル-アルメル熱電対で溶接してある。

適切な固定電解質を得るため、その微細構造をX線回

析と SEM で調査した。CaO 濃度を 3.5, 4.5, 5.0 wt% と変えてみたが、3.5 wt% CaO-ZrO₂ 粉末を引き抜きで成形し、1760°C で焼結したものが最も耐熱衝撃性に優れていた。その理由は、均一に分散した小さな気孔がクラックの伝播を阻止する効果を持つためである。

10~12 kg 高周波溶解炉による実験室的規模の実験では 15 h 連続して 15 から 1500 ppm の酸素濃度を測定することができた。その測定精度は ±2 ppm であり、不活性ガス中溶融分析法との比較では、±5 ppm 以内で一致した。照合極の温度は 700 から 725°C であつた。また、脱酸操作に対する起電力の応答も速かつた。

タンディッシュでの実験では、堰に用いた耐火物に垂直に固定し、モニターの頭が耐火物の底に少し出るようにした。起電力が安定するまでに多少時間がかかり、それは照合極と測定極の距離に依存する。その距離が 5 cm で 40 min 程度かかる。実験は 3.5 h にわたり、35 から 200 ppm の酸素濃度を連続して測定した。測定後の電解質とサーメットにはほとんど損傷が認められなかつた。(永田和宏)

鋼の連続铸造：品質改善プロセス

(B. KRUGER, et al.: Iron Steel Eng., 61 (1984) 3, pp. 45~52)

西独マンネスマン社における最近の高清浄鋼の連続铸造に関する一連の新技术を紹介すると共に、1990 年代の最適連铸プロセスを提案している。

Al₂O₃ 系介在物の少ない高清图鋼の製造に際しては、取鍋精錬と完全無酸化铸造の改善が絶対条件である。Al キルド鋼連铸片内の介在物は、二つの分布パターンを有する。第一は、平均 20 μm 粒径の Al₂O₃ 結晶(脱酸生成物)であり、第二は、40~1300 μm の Al₂O₃ クラスタである。後者のマクロ介在物は、介在物総数の約 70% を占め、曲率半径の小さな連铸機の場合には、铸片上面側に集積し問題となる。マクロ介在物の生成起因を定量化し、スラグフリータッピング、Ar 吹き込み、加圧断気ボックス、取鍋溶鋼脱硫(MPE)等の各種技術を導入した結果、80% の介在物低減効果が得られた。溶鋼の再酸化を防止しても、鋼中に懸濁する微小介在物は、铸造中に浸漬ノズル内壁に析出し、フラッシュアウトされて铸片内のマクロ介在物になり得る。MPE 法によれば、[S] ≤ 10 ppm 以下が得られるが、同時に鋼中に懸濁する微小な Al₂O₃ の低減も可能である。さらに、Ca 処理を加えて Al₂O₃ の形態制御 (Al₂O₃(S) → xAl₂O₃ · yCaO(l)) を実施することにより、超清浄鋼の製造も可能となつた。この方法によれば、自動注入中のストッパーロードの変位やモールドスラグ中の Al₂O₃ 濃度にも変化が認められないことを確認している。

超清浄鋼の製造が可能になることで、1990 年代には 5~8 mR のローヘッド CC あるいは 100 mm φ (100 mm φ) 程度の小断面サイズの浸漬ノズル・パウダーキャスティング等の実用化が期待される。(菅原 健)

— 加 工 —

高速度鋼工具面の非金属性保護層の形成

(Z. PÁLMAI: Met. Technol., 11 (1984) 1, pp. 34~37)

酸化物系と珪素系介在物の工具摩耗に及ぼす影響についてはすでに解明されており、超硬工具で珪素系介在物を含有する被削材を施削した場合、工具表面に保護層が形成され工具寿命が伸長することが知られている。この保護層形成の条件は工具が Ti あるいは Ta の炭化物を含有していることと切削速度が 80 m/min 以上であることである。この条件は高速度鋼工具の場合には無理である。

本研究は珪素系介在物を含む材料に対する高速度鋼工具の切削性を評価する目的で、超硬工具でその保護層が形成される快削鋼 C45JF (ハンガリヤ規格) を被削材として旋削試験を行った。被削材の比較鋼種として C 45、高速度鋼工具は M2-grade のスローアウエイチップに物理的蒸着法により厚さ 4 μm 程度の TiN のコーティングを施したものを使用した。被削材の介在物および工具削り面の保護層の観察および組成分析には光学顕微鏡、走査電顕、電子回折および X 線分析を用いた。

X 線分析により C 45 の介在物は酸化物系が主体であり、その組成は 49%Al-21%Si-26%Ca であることがわかった。一方、C45JF の介在物は主として可塑性の珪素系であり、その組成は 12%Al-34%Si-7.5%Ca-9%Mn であった。TiN をコーティングした高速度鋼工具で被削材 C45JF を旋削 (切削速度 70 m/min 程度) したところ、工具削り面に連続した非金属の層が形成されていることが観察された。この層は電子回折分析により超硬工具に形成される保護層と一致するものであることが確認された。さらに工具寿命試験でも TiN をコーティングした高速度鋼チップで C45JF を旋削した場合、保護層の形成により工具寿命がかなり伸長 (切削速度で 25% アップ程度) していることが明瞭に認められた。

本研究の結果は超硬工具に対する高速度鋼工具の切削特性のギャップを小さくすることに役立つことを信ずる。(坂井一男)

一 性 質

二相鋼の降伏と変形の挙動に与える残留オーステナイトの効果

(A. K. SACHDEV: Acta Metall., 31 (1983) 12, pp. 2037~2042)

本研究では、二相鋼の降伏と変形の挙動に影響を与えるのが残留オーステナイト (A) のマルテンサイト (M) への変態であると予想し、温度をパラメータとして残留オーステナイトの安定性について検討した。

試料として、0.12C-0.007N-1.44Mn-0.50Si-0.061V (wt%) の 2 相鋼が用いられた。引張試験は、200~460 K で歪み速度 10^{-3} S^{-1} で行われた。また、低温での試験は、冷却 N_2 ガスを流して行つた。各温度での残留オーステナイトの含有量は、X 線回折から得られた (220)_A と (211)_F の積分強度の比から決定した。

残留オーステナイトは、295 K の引張試験ではひずみと共に約 9% から 1% まで急激に低下したが、試験温度の上昇に伴う安定化のためその減少はゆるやかになった。全伸びと均一伸びは、220 K から 345 K まで単調に増加したが、この現象はひずみ誘起による A→M 変態がおそくなつたためと考えられる。しかし、400 K 以

上では、動的歪み時効が生ずるため伸びに変動が生じた。

真ひずみに対する加工硬化指数は、低ひずみ領域では試験温度と共に低下して行くが、高いひずみ領域ではこの傾向が逆転する。この現象は、温度と共に均一伸びが大きくなることを部分的に説明するものである。応力-ひずみ曲線の初期段階の形状は、295 K 以下では降伏点近傍で階段状の変化を示すがそれより高温では連続降伏型となる。

二相鋼の上記の引張性質は、A→M 変態の高ひずみ側へのソフトによるものであり、加工性により影響を与えている。(矢萩正人)

第二相粒子 Cu-Fe と Cu-SiO₂ を有する粒界でのすべりによつて生じた内部摩擦

(N. SHIGENAKA, et al.: Acta Metall., 31 (1983) 12, pp. 2087~2093)

第二相粒子のまわりで拡散緩和が生じないという条件下で、これら第二相粒子による粒界すべりの阻止効果を内部摩擦の実験から解明した。

冷間圧延した Cu-1.52Fe を 1223 K で 300 s 加熱水冷した後、α-Fe 粒子を粒界へ析出させるため、873 K または 973 K で 2 h、1123 K で 6 h 時効させた。また粒界を持たない竹状組織についても実験を行った。この組織を作るために試料は、973 K で 2 h の前焼なましをし、2.5% 歪みを与えた後、1303 K で 10 h の焼なましをして結晶粒を粗大化させた板から切出された。Cu-SiO₂ は、Cu-0.06Si を 1073 K で 24 h 内部酸化させ、更に 1223 K で 24 h 酸化し、真空中、1123 K で 10 h 脱ガスされた。この試料の竹状組織は、Cu-Fe と同じ方法で行つた。内部摩擦測定は、光学テコを利用した標準逆ずり振子法を用いて行つた。

Cu-α-Fe と Cu-SiO₂ の内部摩擦のピークは、各々 ~470 K と ~460 K で観測されたが、 ω^2 はこの温度付近で連続的な減少を示した。この結果は、純 Cu の場合よりもピークの高さとその温度が共に低く、粒界すべりによる応力緩和に関する第二相粒子の効果を現している。これは、粒界における α-Fe と SiO₂ 粒子の存在が内部応力の発生により粒界すべりを妨げるために緩和強度を小さくし、かつ緩和時間を短くしていることを示し、前報で行つた理論的検討の結果と一致している。竹状組織をもつ試料でも緩和型の内部摩擦ピークが観測された。この結果は、粒界すべりが上記の内部応力により抑制されたためである。Cu-α-Fe の緩和過程の活性化エネルギー ($Q=1.4 \text{ eV}$) は、純 Cu の値に近いことから、粒界における粒子が内部応力を通して緩和時間と緩和強度に影響を与えるが、粒界すべりを構成する原子的メカニズムを変化させないことを示している。竹状組織を持つ試料の Q は、1.3 eV となり普通の多結晶と同じ値になつた。(矢萩正人)

中間温度におけるニッケル基合金の硫化アタック

(S. FLOREEN and R. H. KANE: Metall. Trans., 15A (1984) 1, pp. 5~10)

市販のインコロイ合金 800 の厚板より平滑丸棒試験片を作成して、593°C から 704°C の温度範囲の He-2%SO₂ 環境中で、クリープ及び疲労試験を行った。損傷の度合いは、EDS 及び SEM を用いて外表面及び縦断面を測

定した。さらに全相顕微鏡により粒界アタックの方位依存性についても調べた。

硫化環境及び純 He 中で 241 MPa の応力下でクリープ特性を比較すると、硫化環境中でも 3 期クリープまで SO₂ の影響は顕著に認められなかつた。破断伸びは、He-2%SO₂ によつて 35% から 30% に減少した。

硫黄による侵食のほとんどは粒界にみられたが、割れ深さは 1 期及び 2 期クリープ間のちがいはほとんどなかつた。外表面は Cr を多量に含む硫化物が形成されたが、割れ中心部のスケールでは、Fe 及び Ni が非常に多く、Cr 含有量は少なかつた。

0.01 Hz で 84.3 及び 241 MPa の間で 30 回及び 0.001 Hz で 10 回の荷重制御の疲労サイクルを与えた試験片の割れ深さは、試験の終了時におけるひずみ量の同じクリープ試験片と比較するとかなり小さかつた。これは疲労サイクルにより、割れの先端で大きな硫化物の粒子が形成するためと考えられる。

クリープによる粒界割れの成長速度は、試験時間ではなく、クリープひずみ量に依存し、おおよそ直線的に増加する。試験温度の影響はわずかであつた。10 μm 以上の深い割れは、特定の粒界に優先的に生じ、応力軸に対して直角に近い方位の粒界が最も割れやすいことを示した。

(池田清一)

γ' 強化 Ni 基超合金の高温特性に及ぼす保護被覆の効果

(R. CASTILLO and K. P. WILLETT: Metall. Trans., 15A (1984) 1, pp. 229~236)

ガスタービン用の耐熱部品に耐ホットコロージョン材を被覆するのが一般的である。しかし基材のバルクや表面特性が、化学的にも機械的にも変化するので十分に考慮しなければならない。被覆の結果、基材との系でクリープやラプチャ強度に及ぼす効果に関する情報が少ない。本報では、Udimet-520 (U-520) の Ni 基超合金に Cr, Al 系の被覆を行い、その間の相互作用について研究を行った。

供試材は市販の合金を用い、タービンブレードに鍛造を行った。熱処理は、1121°C×4h で固溶化処理し、843°C×24h、760°C×16h の 2 段階時効を行った。マイクロ組織は γ', MC 炭化物及び M₂₃C₆ の粒界炭化物であつた。4.06 mmφ, 標点間距離 19.05 mm のクリープ試験片に 2 種類のバックコーティング処理 (①単サイクル……Cr と Al を同時に拡散, ②複合サイクル……Cr の拡散後 Al を拡散) を行った。両処理とも外層は β-Ni アルミナイド (NiAl), 拡散層は NiAl と炭化物、また基材の影響層に針状相が現出する。クリープは 802°C で 345 MPa と 483 MPa の応力レベルで行い、き裂径路とマイクロ組織との関係を調査した。

その結果を要約すると次のとおりである。

- 1) 耐ホットコロージョンの被覆材は U-520 基材のクリープラプチャ強度を低下させる。
- 2) γ' の析出と粒界炭化物により強化される U-520 合金は被覆処理中に炭化物の空洞化が生じやすい。
- 3) 単サイクルの被覆処理が複合サイクルに比べてクリープラプチャ強度が幾分高い。この理由として炭化物の空洞化が少ないのが主原因である。
- 4) 基材の影響層 (拡散層の直下) に針状相が析出し、

高温特性に有害である。き裂の伝播の優先径路になりやすいためである。

(望月俊男)

ジルコニウム酸化物-熱間押し出しの新しい工具材料 (S. T. GULATI, et al.: Met. Prog., 125 (1984) 2, pp. 21~28)

熱間押し出しの工具材料は、高温高压にさらされるために、従来からタングステンカーバイドや Ni 基, Co 基の超合金が使用されている。しかし高温での塑性変形や表面粗度の悪化が避けられない。このためセラミック系の部分安定ジルコニア (PSZ) が検討された。

本材料は、高温硬さが高く、熱的に安定であり、かつ熱衝撃に強い、特にその他のセラミック材と異なり、破壊靱性値が高い。また、耐焼付き性、耐摩耗性に優れ、押し出し製品の仕上りが改善される。Zr 酸化物は温度と圧力により 3 つの結晶形態に変態する。その時の体積の変化率は 3.25% と大きい。PSZ は、ZrO に MgO, CaO および Y₂O₃ を少量添加し多結晶体にし熱膨張係数を小さくしている。PSZ の安定化は MgO の量により市販材として Zircoa 2032, 1027 および 2016 があるが各々 30%, 40% および 50~60% の斜方晶が含まれている。各材料の特性のうち抗折試験は各々 275, 170 および 275 MPa, 熱膨張係数は各々加熱時 (冷却時) で示せば 75 (40), 80 (50) および 95 (78) × 10⁻⁷ °C⁻¹ である。ただし 25°C から 1000°C での熱膨張係数を示す。

Corning 社 (米) で開発した工具設計の手順は、1) PSZ の特性の測定, 2) 押し出し条件の検討, 3) 工具および焼嵌の設計, 4) フィールドテスト, である。応力分布は FEM (有限要素法) で a) 熱間工具鋼のコンテナに PSZ のライナを入れた時の過渡的な収縮応力, b) 室温および押し出し時のコンテナとライナ間の残留応力, c) 押し出し荷重による応力, d) 押し出し温度により発生する応力, e) 押し出し中の PSZ の相変態にともなう体積変化による応力, f) 押し出しサイクルの過渡的熱応力, を計算し、PSZ 材に適用させている。

フィールドテストの結果、19 mmφ の鋼の押し出しで工具の寿命は 24 回、67 mmφ の銅管の押し出しでは 450~500 回で各々金属製の工具では 0 回、125 回で、大幅な改善が見られる。

(望月俊男)

再熱処理によるバナジウム強化鋼 (1Cr-1Mo-0.75V-Ti, B) のクリープ特性の回復

(R. A. STEVENS and P. E. J. FLEWITT: Metall. Trans., 15A (1984) 4, pp. 707~718)

稼動中にクリープ破断 (838 K, 3.1 × 10⁸ S) した蒸気タービンのケーシング用ボルト (1Cr-1Mo-0.75V-Ti, B 鋼) の破断部近く及び無負荷部より棒状試料 (10 mmφ × 45 mm) を切り出し、この試料に 3 段階の再熱処理 (第 1 段: 1273 K × 8.6 × 10⁴ s → 空冷, 第 2 段: 1273 K × 300 s → 油冷, 第 3 段: 970 K × 7.2 × 10⁸ s → 空冷) を施した後、切り出しまのままの試料とともにクリープ試験 (873 K, 220 MPa) を行い、クリープ特性に及ぼす再熱処理の影響を調べた。なお、再熱処理により旧オーステナイト粒は細粒化するため、約 180 μm の粒径をもつ未使用材についても同様の検討を加えた。

未使用の粗粒材に再熱処理を施すと炭化物の組成及び分布は変化せず、20~50 μm の旧オーステナイト粒径を

もつ混合組織となり、クリープ速度は 2.5 倍に増大し、延性が改善されたが、破断時間は粗粒材と同じであった。クリープ速度の増加は細粒化に伴う粒界すべり量の増加に、一方延性の向上は割れの伝播が遅滞したことに関連すると推察される。

稼動中にクリープ破断した破断部近くの試料 ($HV_5=237\pm 3$) の破断時間は無負荷部 ($HV_5=252\pm 2$) の $1/2\sim 1/3$ であり、これはキャビティの形成及び温度の違いによる微細組織変化によると思われる。これに再熱処理を施すとキャビティは認められず、粗大な Ti を含む炭化物の数は著しく減少してクリープ破断時間は無負荷部の試料と同程度の値にまで著しく改善された。

これらの結果より、再熱処理は粗大な Ti を含む炭化物を固溶させるため Ti による固溶強化量が増し、また再固溶した炭素は微細なバナジウム炭化物を新たに析出させてクリープ抵抗を増加させると推論している。なお、粒界キャビティが再熱処理により小さくなることもクリープ特性の向上に寄与することを示唆している。

(木村一弘)

—そ の 他—

試験・検査技術における動向

(Met. Prog., 125 (1984) 1, pp. 44~51)

コンピュータが金属の試験・検査に導入されつつあり、工程、品質管理技術に大きな変化をもたらしている。コンピュータによる検査・計測の自動化と共に、センサーの開発が要望され、また新材料開発への金属組織学の適用と共に、試料処理技術の開発が要求されている。検査装置メーカーは、コンピュータを内蔵した硬さ試験機、引張り試験機、非破壊検査装置を開発し、自動化、高精度化、データ処理の高速化を図っている。また、材料選択のためのデータベースの必要性が認識され、そのコンピュータシステムのための作業が進められている。

新しい検査技術として、レーザ干渉変位測定法による高温中でのき裂進展計測、温度係数ゼロの抵抗体を使った磁気テープの耐摩耗性試験、クリプトンガス同位体を使った浸透探傷試験、コンピュータを使用した光学格子分析器による板の成形性試験、電磁超音波および誘導加熱を用いた高温金属の内部、表面の探傷などが、研究あるいは使用されつつある。

検査技術の新しい応用として、材料の熱的様相の画像化への SEM の応用、J 積分およびき裂開口変位法によ

る弾塑性破壊靱性試験の各種構造物への適用、放射線透過試験にかわつて蛍光 X 線分析の鑄造への適用、超音波など非破壊的検査手法の、材料評価・予寿命予測への応用などが行われつつある。

微小き裂や疲れの挙動あるいは環境のき裂への影響などの研究の進展により、き裂をもつた構造物の予寿命予測が可能となつてきているとの報告がある。また、応力拡大係数の下限界値は材料特性によるものではなく、応力履歴、試験条件により変化するものであるとの報告がある。

(山脇 寿)

ベスレヘムスチール・スパローズポイント工場コークス炉 A 炉団の管理

(A. MICHEL, et al.: Iron Steel Eng., 61 (1984) 2, pp. 25~31)

米国内で最新鋭のコークス炉 (A 炉団) がベスレヘムスチールのスパローズポイント工場で本格操業に入った。この炉団の設備はコンピュータ技術と最新のコークス製造技術を織り込んでいる。

本炉団は、炉幅 18 inch (45.7 mm)、炉高 21 ft (6.4 m)、炉長 49 ft (14.9 m)、容積 35 t-coal/oven の 80 門から成る。平均乾留時間は 18 h ($WR=133\%$) であり、塊コークス年産 850 000 t を目標とする。

建設は 1979 年に着工し、火入れは 1982 年 1 月、初窯出は 1982 年 4 月であった。

炉廻り移動機械は、1-スポットの押出機、装炭車、ガイド車、消火車を各 2 台擁している。前 3 者は自動、手動の操業モードを持ち、自動モードでは単位動作のブロック自動運転が可能である。特記すべき付帯機能として、押出機では炉蓋と炉枠のクリーニング、天井スカフティング、コンピュータへの窯番の伝送、押出ピーク電流値の伝送が可能である。ガイド車では、炉蓋と炉枠のクリーニングの他、窯出コークス温度 (上下 5 点) のコンピュータへの伝送を行う。(コークス温度パターンは CRT 表示可能)。装炭車は、上昇管トップカバーの開閉、ダンパーの開閉、スチーム弁 (無煙装入用) の開閉の他、曲管と立管のクリーニング装置を持つ。

コンピュータシステムの基本的機能は、石炭、コークス輸送システムのモニターとコントロール、燃焼 (炉団) のモニターと警報、消火のモニターとコントロール、窯出スケジュールの作成、及び燃焼、生産、窯出装入レポートの作成であり、各データは 3 日間バンキングでき、随時 out put 可能である。

(田原 勉)