

## 抄 録

## —製 銑—

アームコのみドルタウン高炉でのタコナイトペレットによる操業結果 (K. R. HALEY: Proc. Blast Furn., 20 (1961) 15~31)

みドルタウンの高炉はペレットによる操業データを批判する上に十分なだけ長期にわたつてこの原料 100% で操業を行なつた。みドルタウンの高炉は炉床径 28 フィートのマッキー型で、1953年に火入れされ、1958年に改修後第 2 次の操業に入つている。送風は 11 万  $\text{ft}^3/\text{mn}$  のターボ送風機 2 台による。3 基の熱風炉はそれぞれ加熱面積が 21 万  $\text{ft}^2$  で、1500°F の送風が可能である。

レザーブ鋳山会社のタコナイトペレットは 1954 年以来高炉に使用されたが、1956 年秋までは多量に使われることはなかつた。1957 年以降は溶銑トンあたり 1000 kg 以上のペレットが使用されるようになった。ペレットの分析値は、Fe 61.1%,  $\text{SiO}_2$  7.5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.64% などであり、同時に用いられる塊鋳石の鉄分は約 50% であつた。

ペレット使用によりコークス比は 1954 年頃の 900 kg より 1960 年には 600 kg に低下した。また 1958 年は 1957 年とペレットの使用量に大きな差はなかつたが、コークス比は 50 kg 以上も低下した。これはペレットの物理的性質が改善されたことによる。すなわち 1957 年には完全な形のペレットが 62.8% だつたが、1958 年には 86.4% と粉が大巾に減つたことである。

またペレット使用により塊鋳の場合より送風量を増せることがわかつたが、どれ位多くかはまだ解決していない。ペレットの品質をもつと改良し、炉頂圧を高めれば、これまで達せられたどんな送風量よりも多く送風できるだろう。

操業成績中最良のものは 1960 年 5 月で、この時はペレット 100% 使用で月間 86,925 トンの銑鉄が 1276 ポンドのコークス比で生産された。送風機能力の改善を行えば月間ベースとして 3200 トン/日の生産も可能であると思われた。その他の結論として、ペレットは塊鋳と混ぜて使うよりも、100% ペレット装入の方がずっと効果が大いこと、送風温度を高めて高い湿分で操業することができること、および非常に高い送風量に耐えられて、その時に化学的あるいは物理的に効率がひどく低下するようなことがない、などである。(下村泰人)

高炉への天然ガスの噴射 (JOEL RAMIREZ: Proc. Blast Furn., 20 (1961) 540~546)

Altos Hornos de Mexico は 1959 年より Armco Steel と天然ガスの高炉への吹込みに関する技術情報の交換、討論などを行なつたのちに 1960 年 3 月より第 2 高炉において実施された。この高炉は炉床径 21 フィート、羽口数 14 で 1954 年 9 月に火入れされた。熱風炉は 3 基で各々の加熱面積は 158306  $\text{ft}^2$  である。

天然ガスは熱風環状管の上に設けた環状のガス供給管より 14 の羽口に可撓ホース接手でもつてつながれる。

送風圧が 5 ポンド以下になつたときは天然ガスの供給が遮断されるようになっていた。ガス噴射は、ブローパイプに羽口端のベルの丁度前の点から 1 インチ 4 分の 1 のパイプを余分に鑄込んだものによつて行ふ。こうすることによつてバーナーが曲つたり位置が変つたりする恐れがなく、覗き穴をつけかえる必要もなく、ブローパイプはガスを切つたりガスパイプを傷けたりすることなく清掃できるなどの利点がある。

最初送風 1% の割で天然ガスが噴射され、同時に送風温度を 50°F 高め、湿分を 12 より 10 グレイン/ $\text{ft}^3$  に減した。つぎの日に天然ガスを 2% に増し、送風温度と送風湿分が前の日と同じだけ変更された。炉は熱くなり鋳石・コークス比は最初の 1.78:1 より 1.84:1 に変更された。つぎの日に送風温度と湿分の変更なしに天然ガスを 3% に増し、鋳石・コークス比は 2.08:1 になり、この間操業成績は良好だつた。

その後炉頂ガス中にかなりのメタンが見出されるようになったので天然ガス噴射を 2% に減した。

これらの結果より操業に何等の危険もなく 2% の天然ガスの噴射が行われた。噴射天然ガス 1000  $\text{ft}^3$  あたり約 64 kg のコークスの節約が認められた。しかしこの際に 100°F の送風温度の上昇が必要だつた。

(下村泰人)

## DOFASCO における高炉への重油噴射

(W. R. ROMBONCH: Proc. Blast Furn., 20 (1961) 573~578)

Dominion Foundries and Steel Co. (Dofasco と略称) と Esso Research and Engineering Co. とは高炉への重油の噴射について 1960 年 11 月より共同実験を開始した。高炉での試験に先立つて、燃焼炉でのバーナーの試験、1 つの羽口よりの燃焼試験および電子計算機による重油噴射の効果の計算が行われた。

重油噴射は Dofasco の第 3 高炉で行われたが、この炉は炉床径 22 フィート 3 インチ、羽口数 14 であり、朝顔部はカーボンレンガ積みである。熱風炉は 3 基で全加熱面積は 650,000  $\text{ft}^2$  である。

噴射設備の特徴としては、バーナーは全部の羽口に取付け、各羽口への重油の流量はその羽口の空気流量に比例させることにした。重油はタンクよりポンプ、ストレーナー、自動温度調節の予熱器を通り炉周の分岐管に行き炉のまわりを循環している。何かの事故で油の供給がとまつたときには、直ちにバーナーに空気が吹込まれて重油の炭化を防ぐ。

1960 年の 11 月から 12 月にかけての試験操業は、基準操業時と比べて原料条件が悪くなつていたので、その結果は最上のもとはいえないが、今後を勇気づけるものであつた。平均的に云つて、66 kg/溶銑トンの重油を噴射することで、88 kg のコークス比が低下した。すなわちコークス 1 kg が 0.76 kg の重油で置換えられたことを示す。2.25% S の重油が用いられたが、銑鉄トン

あたり 65 kg までの重油噴射では溶鉄の S 含有量に著しい影響はなかつた。出鉄量は 1 日 1165 トンより 1214 トンに増加した。

重油噴射操作を行うことによつて、炉の操業者は炉況をコントロールするもう一つの方法を得たことになる。すなわち同じ結果を得るのに装入物の変更を行つたときにはその影響が出るのに数時間かかるが、重油噴射の場合は直接に羽口帯の温度やしたがつて炉床の温度を上げ下げし得る。

(下村泰人)

**US スチール・フェアレス工場の第 3 高炉への天然ガスの吹込み** (R. H. WHITE & C. M. SCIULLI: Proc. Blast Furn., 20 (1961) 579~586)

US スチールの応用研究所は高炉の燃焼帯に天然ガスを噴射することによつて、必要なコークス量をどの程度まで減することができるかを定めるための予備試験を、ペンシルバニア州ブルーストンにある米国鉱山局の試験高炉で行なつた。その結果噴射天然ガス 1,000 ft<sup>3</sup> ごとに 50 lb のコークスが節約されることがわかつた。この予備試験の結果にもとづいてフェアレス製鉄所の第 3 高炉で天然ガス噴射の大規模な試験が実施された。

天然ガスは、通常用いられる 15 インチの羽口に噴射管が一体のものとして鑄込まれ、噴射管は水冷室を通つて羽口の軸に対し 45° の角で羽口に開孔し、羽口先より 6 インチ手前で炉内に噴射される。この羽口の寿命は通常の羽口の寿命と変わりなく、羽口の設計製作やそれを通して噴射される天然ガスに直接帰因する事故はこれまで一度もなかつた。このように羽口に鑄込まれた噴射管は、炉の周りの作業を何ら阻害することなく、設置も容易で、送風支管の取替などに際してなんらじやまにならない。

各羽口への天然ガスの流量は各羽口の空気の流量にしたがつて制御される。安全上最も重要な点は、空気配管へのガスの侵入またはガス管中に空気の侵入を防ぐことである。これは空気圧が一定値以下に低下したり、ガス圧が一定値以下に低下したりすると、圧力スイッチが働き天然ガスを遮断することで防がれる。

天然ガス噴射の成績は、標準期間に比べて、平均天然ガス噴射量鉄トンあたり 1591 ft<sup>3</sup> で、出鉄量は 2045 t より 2364 t へ 15.6% の増加、コークス比は 625 kg より 494 kg と 20.2% の低下だつた。送風温度は 1612 °F より 1977 °F に上昇し、平均湿分は 16 グレイン/ft<sup>3</sup> より 2.5 グレイン/ft<sup>3</sup> に減した。天然ガスのコークス比低下の影響を解析してみると、天然ガス 1000 ft<sup>3</sup> あたり 25 kg のコークスが節約されることがわかつた。

(下村泰人)

#### 軸流圧縮機の溶鉄炉への応用

(J. A. MESEC: Blast Furn. & Steel Plant 49 (1961) No. 12, 1200~1203)

大型高能率溶鉄炉の建設に伴ない、従来使用されていた輻流送風機の高効率範囲以上の送風が要求されるようになり、この風圧、風量の増大に合致する軸流圧縮機が採用されるようになりつつある。

輻流送風機が開発されるまで溶鉄炉では往復動式送風機が使用されていたが、炉床径の増大とともに風圧風量の調整が容易であつた輻流送風機に置換された。現在こ

れが再び置換えられようとしている。両者を比較した場合軸流送風機の特徴は圧力—風量曲線が平坦で、定圧力送風機と考えることができ、一方輻流送風機は本質的には定容積送風機と考えることができる。軸流送風機は簡単に云えばスチームタービンを逆にしたようなもので、圧力上昇はローター、ステータ両者により各 50% あて行なわれる。回転するブレード内へ空気が流入すると圧力および運動エネルギーが上昇する。固定ブレード列はこの運動エネルギーを圧力に変換するディフューザーであり、かつ次列の回転ブレードへのノズルとして作用する。この運動エネルギーと圧力の変換が輻流送風機と大いに異なる点で、軸流送風機の効率の良い理由である。

従来軸流送風機は使用しうる風量—圧力範囲が狭い欠点があつたが、最近では固定ブレードが可変になつており、これにより使用範囲が拡大され、同容量の輻流送風機に比らべ、重量は 1/2、所要面積は 25% 減、所要動力も 15% 低い。これに伴う基礎、建屋、配管などの費用の低減は非常に大きい値になる。現在 12 段軸流圧縮機が実用され各種データが得られているが、風量 165,000 cfm、風圧 50 psi の送風機で所要蒸気量 222,000 lb/h、輻流送風機では 242,000 lb/h で、差引 20,000 lb/h の蒸気が節減されている。蒸気が 60 cents/1000 lb とすれば年間 \$ 91,500 が節減されることになる。今後溶鉄炉用送風機はますますこの軸流送風機が使用されるであろう。

(河合重徳)

#### 溶鉄炉熱風中への燃料の吹込み

(H. C. TAYLOR & W. ROMBOUGH: Blast Furn. & Steel Plant, 150 (1962) No. 1, 35~39)

最近数年間に溶鉄炉の操業法は、装入物、熱風温度、水蒸気添加、酸素富化など著しい進歩を示している。コークス使用量を低減するための燃料吹込もその一つであり、本稿では著者らの工場 (DOFASCO) での鉄生産量増大に伴うコークス所要量の増大を解決するために行なつた燃料吹込について述べたものである。炉内への燃料吹込は考えとしては新しいものではないが、炉内反応などへの影響が明かにされたのは最近になつてからである。1960年 1 月にフランスで始めて行なわれたが、この時には軽油が用いられた。重油を全面的に採用したのは 1960 年 11 月の DOFASCO が最初である。それ以後各所で試験あるいは実用されている。DOFASCO での計画は ESSO と共同で行なわれ、ESSO は必要な計算を行ない、吹込装置を設計し、DOFASCO は新しい溶鉄炉を建設した。

燃料吹込用設備は予熱器付油タンク、燃料ポンプ、オイルヒータ、圧力調整弁、各種計器、操作盤、吹込用パイプなどで、燃料の噴射には側面吹込口付羽口が使用される。溶鉄炉は炉床径 22 ft 3 in 羽口 14 を有し、高圧操業も可能である。熱風炉の能力は 1850 °F で 70,000 ft<sup>3</sup>/mn の送風可能である。

燃料吹込により羽口近辺で温度低下を生じ、温度補償を要する。C 重油 1 lb/1000 ft<sup>3</sup> 添加時に熱風温度 150 °F の上昇が必要で、このような条件下で 65 lb の重油により 100 lb のコークスが節減される。熱風温度上昇が不可能な場合にはそれ以上の燃料添加を必要とする。したがつてコスト的な面から使用限界が存在する。一方

操業上からは主として装入材料による使用限界が存在する。

著者らの経験では 100 gal/h の燃料添加時に材料は装入あたり鉄石 500 lb 増に相当し、かつ当社の溶鉄炉では 300 lb/h の燃料吹込時に操業が安定するので、鉄石を 1500 lb 増加したのち 8h で燃料吹込を開始する。吹込量は Si 含有量で調整する。操業上、保守上には現在まで何等問題を生じていない。操業状況は満足すべき状態であり、かなりのコークスが節減され、経済的にも優れた方法であると考えられる。(河合重徳)

溶鉄炉コークス比におよぼす装入材料および操業方法の影響 (R. V. Flint Blast Furn. & Steel Plant, 50 (1962) No. 1, 47~58 & 74~76)

溶鉄炉におけるコークス比の重要性は説明を要しないが、従来コークス比に対する各種要因の影響は定量的に明かにされていなかった。最近はこの問題に対する定量的な検討が行なわれ、計算によりコークス比を求めるための公式が導かれている。

本稿は U. S. Steel で長年にわたる研究により求められたコークス比計算式について概説したものである。この公式は 21 の変数を含み、その 20 まではコークス比と直線的な関係にあり、1 は曲線的である。式は実際の操業状況を統計的に分析して得られた回帰関係を理論的に検討し、さらに実験操業により補なつて導かれた。コークス比の計算は直接的には面倒なので、所要炭素量を求め、これをコークス量に変換する方法を用いている。

一般的に溶鉄炉での所要炭素量を与える式はつぎの通り

$$Lb \text{ (溶鉄 t あたり所要炭素量)} \\ = K + C_1V_1 + C_2V_2 + \dots + C_nV_n + A$$

K: 定数 (炉によつて定まる一定炭素量)

$V_1 \sim V_n$ : コークス比と直線関係にある変数

$C_1 \sim C_n$ :  $V_1 \sim V_n$  に対する比例定数

A: 比例関係にない変数に対応する値、表で求める。

変数は 21 で、その内訳は (a) 鋼滓に関して 3, (b) 装入原料に関して 5, (c) その他 4, (d) 溶鉄成分に関して 4, (e) 操業方法に関して 5, 計 21 である。現在までに定量的な関係を求めえなかつた要因は除いてあるが、その中には羽口への燃料吹込、コークス粒度、コークスの物理的特性などが含まれている。

上記の各係数を求め、上記の式により所要炭素量を計算する。コークス中有効炭素%で、所要炭素量を割ればコークス量が計算される。過去の操業実績により計算したコークス比は実績と良好な一致を示した。種々の条件の操業について計算した値も良好な一致を示している。この公式と高速計算器を併用すれば、非常に広い範囲にわたつて最適条件を求め操業上の指針にすることができる。(河合重徳)

## — 製 鋼 —

### 弧光式電気炉の電極制御方法の発達

(H. L. BASSETT: Blast Furn. & Steel Plant, 49 (1961), No. 12, 1177~1181)

最近の電気炉が次第に大型化するにつれ、電極昇降速度が重要なものになつてきた。初期には 3~4 ft/mn で

あつたが最近では 16 ft/mn のものもある。それとともに電極用モータは大型大容量化し、モータの代りに水圧機構を採用するものも作られている。

1940年以前にはバランスリレーによる制御が行なわれていたが、その後回転増幅機型の制御装置が開発された。電極モータおよび増幅機の容量は最高速度によつて決定される。通常連続負荷型であるが、所要馬力最大値が時々要求されるものであれば短時間定格のもので良く、ミルタイプのモータで、電圧が2倍になればベーススピードが2倍になり、出力が2倍になる“double voltage”型のものも用いられる。

電極の高速駆動の最初の試みは満足すべき結果を与えた。従来 3 ft/mn であつた速度を 10 ft に上げて溶解期は約 25 分短縮された。

電極モータの応答は制御系の安定性にとつて重要で、アンプリダインの出力を発電機に入れていたのでは遅れが大きいため、短時間定格 500V のアンプリダインが開発され、励起用入力側にも磁気増幅器を入れたり、信号検出要素の信号電圧を上げセレン整流器の代りにシリコン整流器を用い、電極モータも 10 馬力から 15 馬力にすることなどにより昇降速度は 12 ft/mn、ついで 16 ft/mn にまで増大した。この種の炉の操業状況は良好で各方面からの注目を集めた。

大型電気炉が鋼以外に用いられることは少ないが、電解銅板の再溶解用に使用されることがある。この場合電極は非常に急速に上下することが要求される。電極モータ、アンプリダインが大型化すると時定数が急激に増大する。そのため再び磁気増幅器を有する時定数の非常に小さい高速、高感度の高性能アンプリダインが開発されこの用途に使用された。電極駆動もケーブルの代りにラックピニオン方式に変換し効果を發揮した。一方これより 2 年前には電気水圧方式の炉が設置されたが、1 年間の操業の結果は良好なものであつた。

現在なお新方式の炉が次々に建設されており、その稼働実績が期待されている。(河合重徳)

### 塩基性横吹転炉の構造について

(Dr. B. R. NIJHAWAN & M. J. SHAHANI: Blast Furn. & Steel Plant, 50 (1962) No. 1, 40~46)

本稿は塩基性横吹転炉の特色ならびにインド国立冶金研究所に設置された実験用転炉について述べたものである。製鋼設備の設計は経験的数値を基準にしていることが多いが、本転炉は転炉製鋼法に関する諸種のデータに基いて設計されたものである。

酸性横吹転炉はかなり使用されているが、塩基性のものは実験用以外は中国を除いてほとんどない。しかし実験の結果では脱P操業が容易でかつ低窒素であり、平炉鋼級のもの製造することができ、LD転炉と競合しうる存在で、酸素発生装置のいらぬ強味がある。

操業は非常に柔軟性に富み、送風動力が少なく、耐火物の点でも有利で工業的にも十分検討すべき方法である。実際の設備は各種の要求を満足するものでなければならぬ。設計の基礎となるべき数値も工場により非常に異なつており、十分に豊富なデータが解析されてはじめて最適値が得られる。したがつて実際には鋼浴深さとか羽口などに関連する比率に基いて決定が行なわれるが

溶鋼ガスなどの流動に関する考察から、相似則、フラウド数に基くスケールアップは非常に重要である。

国立冶金研究所の設備は容量 500 kg で 3 mm 厚さの鋼板製、3 分割フランジ接続である。炉はドロマイト煉瓦で断面D字型に築造、羽口は平面部に二段に、一次、二次、羽口として付けてある。鋼浴深さは経験的に炉容量と独立に 540 mm 位とされているが、横吹転炉では炉体を傾倒することによりある程度変えられる。空気吹込は検討の結果、鋼滓-溶鋼界面へ行なうのが最も良い。溶鋼内への空気の滲透は多少は必要で、これは吹込角度によつて調整される。一次羽口は 7° の傾きで取り付けられており、0~30° で使用される。羽口面積総計は 5.27 in<sup>2</sup>/t である。本冷銅製羽口も試験しているが現在は耐火物である。送風量、圧力は溶鋼量、精錬方法で変わるが、普通は 0.5 m<sup>3</sup>/t, 0.35 kg/cm<sup>2</sup> で、風速 450 ft/s, 炉内流速は 15 m/s 程度である。送風は必要に応じて酸素富化あるいは予熱が可能で、これにより鋼浴湿度を十分に上昇させることができる。溶鋼の減失防止に種々の方法が用いられるが、一般に横吹転炉はヒュームの発生が少なく、除塵装置は特に必要ない。計装関係は一般の転炉に用いられるものとはほぼ同じで、電子管式終点決定装置なども有する。(河合重徳)

一 鑄 造 一

ケミカルキャップド鋼 (St 3) の製造とその性質

(I. E. PODINOGIN: Stal in English (1961) No. 10 727~732)

通常の大形平炉操業で溶製された溶鋼を鑄型に注入し Al で脱酸してケミカルキャップド鋼を得る。アルミニウムの投入時期は注入終了の 3~10 s 前あるいは注入終了直後など種々実験された結果 3~5 s 前が最も適していることが判つた。アルミニウムの投入量は溶鋼温度、カーボン%, マンガン%により変えねばならないが C=0.18%, Mn=0.40% 出鋼温度 1570°C の場合 97~100 g/t 程度である。鑄型は 6.7~6.9 t の下広角型である。比較材として St 3 Kp リムド鋼をとり鋼塊切断を行つて調査した結果を下表に示す。この表ではケミカルキャップド鋼の頭部ポロシティが非常に深い所まで侵入している点が注目される。

化学分析の結果中心部の偏析は減少していた。機械的

性質の中抗張力、伸び、降伏点はほとんど差異なく、シャルピー衝撃値はキルド鋼とリムド鋼の中間的性質を示した。

以上の結果歩留が 3% 向上し 27 コベックの原価切下が可能となつた。(河野拓夫)

連続鑄造による形鋼ビレットの製造

(N. N. GUGLIN et alii: Stal in English (1961) No. 10, 732~736)

連続鑄造の最大の経済的長所は、ブルームの段階を経なくて、ビレットを製造することができる点に在るが、これを形鋼に応用することを試験設備で試みた。

この設備は、地下 2560 mm, 地上 615 mm, 巾 2100 mm で鑄型は銅製で、125° の角度を持つ形鋼を鑄込むようになっている。鑄型の運動は Junghans 式で 20 mm の往復運動をする。

鋼は 150 kg の誘導電気炉で溶解され 1520~1540°C で鑄込まれた。表面状況は 10 回の試験の中 2 回は良好で、その他のものは、注入シワ、ハンガークラックなどのため良好とは言い難かつた。

注入後の収縮は大体 4.0~4.5% であつた。横断面のマクロ、サルファプリントを取つたが、硫黄の偏析はなく均一であつた。

最適注入条件はつぎの通りである。

注入温度: 1520~1550°C

ビレット速度 1.2~1.5 m/mn

注水量(鑄型用): 260~270 l/mn

注水量(二次冷却): 160~180 l/m

このような条件で鑄造されたビレットは機械的性質、表面状況も健全で、充分生産段階に移行することが可能であるとの見透しを得た。

この試験操業で得たビレットの機械的性質は次表の通

	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	伸 び %	断面収縮率 %
連続鑄造のまま	105	85.2	16.7	52.7
連続鑄造後次の変形を加えたもの...				
2.3	113.3	109.6	13.5	47.6
4.0	103.1	90.5	18.0	62.3
5.0	114.4	97.1	14.5	55.0
圧延鋼材 (参考)	100~120	90~110	12~18	45~55

調 査 項 目	St 3 KkZ		St 3 Kp	
	08~2730	15~3440	14~9263	15~3440
Heat No.	08~2730	15~3440	14~9263	15~3440
Ladle No.	I	II	II	I
鋼塊番号	14	17	7	15
出鋼温度	1590	1600	1570	1600
鍋投入 Fe-Mn (kg)	1400	1300	3000(炉内)	1300
鑄型投入 Al (kg/t)	0.08	0.08	—	—
鑄込所要時分	2'30"	1'35"	2'20"	—
殼の厚さ (mm)				
鋼塊頭部より 15% の所	30	12	30	17
〃 50% 〃	11	7	10	5
〃 80% 〃	9	6	10	5
管状気泡の深さ				
鋼塊頭部より 15% の所	0	5	0	40
〃 50% 〃	6	20	55	80
〃 80% 〃	15	35	95	85
鋼塊頭部ポロシティの深さ%	45	—	18	—

りである。

(河野拓夫)

### 一加 工

#### コイルブレイク (Coil Break) 防止の限界条件

(R. S. BURNS & HARRY LATOUR: Blast Furn. & Steel Plant 49 (1961) 12, 1180~1188)

軟鋼の降伏点における現象は各方面で注目されているが、鋼板製造者の場合は coil break, roller leveller break, fluting として、需要家においては stretcher strain, fluting などとして問題になる。いずれも降伏点における伸びが不均一に生ずることによるもので、本稿はこの観点から完全焼鈍した鋼板の直伸、再巻取過程でコイルブレイクを生じないための限界条件について述べたものである。

コイルブレイク、ローラーレベラーブレイクは完全焼鈍した鋼板に曲げを与えた場合に生ずる凹凸で、調質圧延すると消滅するように見えるが、その後引張りを加えると同様な現象を再現する。したがってこの状況を生じないように調質圧延しなければならない。このことは表面状況の問題になる冷圧鋼板の場合に特に重要である。

焼鈍した鋼板をコイルに巻き取るときに内径がある一定値以下、換言すれば生ずる歪が一定値以上になるとコイルブレイクを生ずる。逆にコイルを直伸するときも同様である。コイルの形状と、これを平に伸ばしたとき、あるいは再巻取りした場合に生ずる歪量は幾何学的に計算することができる。コイルブレイクを生ずるときの限界歪を実測し、降伏応力を用いてコイルブレイクを生ずる限界条件を計算することができる。ヤング率を  $E$ 、降伏応力  $Y$ 、板に加えられた引張応力  $T$ 、コイル径  $d$ 、 $D$  として再巻取時の限界条件は  $[(ZY - T)/E] = [1/d - 1/D]t$  で与えられる。この式を基にして引張応力、降伏応力などの変化した場合の限界条件を誘導することができ、コイルブレイクを生じないための最小コイル径を計算することができる。この計算値と実測値とは良好な一致を示した。

コイル焼鈍したものを伸ばす場合には巻取径を無限大として計算される。著者らの実例では限界条件は  $d = 612t$  でコイル径がこれより小さいとブレイクを生じ、計算結果と実験値は一致した。鋼板厚み  $t$  が大きいと最小コイル径  $d$  は非常に大きくなり、実用的でない。この場合には曲面を維持しながら巻き受る。これについても曲率を用いて最小径を導びく式が得られる。ローラーレベラーブレイクについても幾何学的な考察を基礎にして限界条件を計算することができる。(河合重徳)

### 一性 質

#### 鋼板の脆性破壊におよぼす熱間圧延条件の影響

(F. DE KAZINCZY and W. A. BACKFEN: Trans. Amer. Soc. Metals, 53 (1961) 55~73)

温度を制御しながら普通より低温で行なう熱間圧延を制御圧延 (controlled rolling) という。制御圧延された鋼板は切欠靱性が改善されるが、本論文はその理由を見いだそうとするものである。

実験に用いた2種類の試料の化学組成 (%) は、

C	Mn	Si	P	S
0.15	1.18	0.03	0.017	0.026
0.19	0.74	0.04	0.017	0.028

で、同一溶解の鋼塊について一方は普通の方法で圧延し他方は仕上温度  $720^{\circ}\text{C}$  で制御圧延した。結論を要約すると、

1. 制御圧延した鋼板の遷移温度 (Vノッチシャルピー試験で吸収エネルギーが 15 ft-lb の温度) が低下するのは、主にフェライト結晶粒度が小さいことによる。しかしその一部は、切欠の基底部に鋼板の平面に存在する微小亀裂 (microfissure) によると考えられる。つまりこの微小亀裂は応力の三軸性を軽減し遷移温度を下げる効果をもつ。

2. 微小亀裂は制御圧延された鋼板に独得なものではない。発生するためには製造履歴の如何にかかわらずつぎの2つの条件が満足されねばならない。

(1) 脆性亀裂の始まるもとなる塑性変形量より大きくない程度の大きさの欠陥組織が分散していること。

(2) 圧延方向の臨界破壊応力 ( $\sigma_R$ ) に対する厚さ方向の臨界破壊応力 ( $\sigma_Z$ ) の比が約 1/2 以上にならないこと。

制御圧延された鋼板はこの基準を最もよく満足しているのである。

3. 微小亀裂は僅かな塑性変形で破壊したシャルピー試験片の切欠基底部に見出だされるようである。微小亀裂を生じさせるもとの欠陥ははつきりしないが、普通の金相的な技術による観察には小さすぎる介在物かもしれない。マクロ的な延性亀裂のもとなる可視的介在物あるいはフェライトバンドも、遷移温度には何の影響もおよぼさないのである。

4. 延性遷移温度に至るまでの温度範囲で、引張りにおける  $\sigma_Z/\sigma_R$  は制御圧延された鋼板の圧延状態において最小である。それは  $\sigma_Z$  および結晶粒度が小さい ( $\sigma_R$  を大きくする) からである。

5.  $\sigma_Z$  と介在物量との相関関係は、のびた介在物が多いほど  $\sigma_Z$  が減少していることを示している。 $900^{\circ}\text{C}$  以上に焼鈍すると介在物は次第に球状化し、 $\sigma_Z$  は著しく増加してくる。(中島宏興)

#### 低炭素オーステナイト系ステンレス鋼の高温強度および溶接性におよぼす燐の影響

(G. R. RUNDELL and R. J. RAUDEBAUGH: Trans. Amer. Soc. Metals, 53 (1961) 233~250)

この研究の目的は、過熱蒸気温度 ( $650^{\circ}\text{C}$ ) で使用されるタイプ 304 の低炭素ステンレス鋼を発展させることにあり、この論文では、タイプ 304, 310, 316 ステンレス鋼に燐を添加した場合に、その強度にどのような効果をおよぼすかについて述べたものである。またタイプ 304, 316 ステンレス鋼の溶接性におよぼす燐の影響についても述べてある。

試料はマグネシャルツボを用いて高周波誘導炉で溶解した。鋼塊は  $4.5\text{kg}$  および  $13.5\text{kg}$  で鍛造および熱間圧延した。

まず強度におよぼす燐の効果をみよう。タイプ 304 および 316 に約  $0.3\%$  P を添加すると、引張強さおよび  $0.2\%$  歪降伏点はかなりよくなる。特に降伏点は  $650^{\circ}\text{C}$  で最大の改善が起り、304 では約 50%, 316 では約 90% 増加する。そして両者とも引張りの延性の低下は大したことはない。

650°Cにおける応力—ラプチャー試験でも、燐が低炭素ステンレス鋼の強度を上昇させることを示している。すなわち、タイプ 304 では、燐を添加しない普通の場合には、650°C で 100h ラプチャーに必要な応力は  $14.8 \text{ kg/mm}^2$  であるが、0.46% P を添加すると  $26.7 \text{ kg/mm}^2$  になる。しかしこの場合には伸びおよび断面収縮率で測定された延性はかなり減少する。316 に 0.53% P を添加した場合には、同じく 650°C で 100h ラプチャーに要する応力は約  $17.6 \text{ kg/mm}^2$  が約  $40.0 \text{ kg/mm}^2$  になる。この場合には幾らかの延性低下があるが有用性を減少させるほどではない。また燐の添加は、応力—ラプチャー曲線の傾斜をかなり減少させる。

つぎに、マイクロ組織におよぼす燐の効果をみよう。タイプ 316 に 0.29% P を添加した場合、1065°C で焼鈍すると僅かな量のフェライトが存在するが、燐の量が 0.62% になるとかなりのフェライトの量が存在する(約 3%)。ところがこの高燐材を 1010°C で 1/2h 焼鈍すると、フェライトは事実上除去される。このことから、燐は恐らくオーステナイト系ステンレス鋼におけるフェライトの生成温度を低下させるものと思われる。そしてこの論文に用いられた成分の合金に対しては、1065°C の焼鈍温度はオーステナイトフェライト領域であるが、1010°C は高燐材に対してもこの二相領域の直下にあたるのである。このようなフェライトの存在は、燐の添加によつて得られる強度の増加に上限を生じさせるかも知れない。燐はオーステナイト中でその他の相変化(燐化物のような)を生ずるようにはみえない。

溶接性に関してはタイプ 304 および 316 に約 0.30% P を添加した材料について調べた。結論を簡単に述べると、もし炭素含有量が 0.03% 以下で、ニッケル含有量がこの鋼種の組成範囲の下限側にあればうまく溶接できる。このことはつぎのように説明できる。すなわち、溶融した溶接部が冷却するとき起る包晶反応において、炭素およびニッケルが上述の成分以下であればその温度で凝固するが、この成分以上になると溶融体が残る、完全に凝固するのはさらに低温となる。このことによつてそのステンレス鋼の溶接部は、熱間亀裂に敏感になると考えられる。

(中島宏興)

## 一分 析

分光分析値自動記録伝送装置 (W. F. HORSCHROFT, JR.: Blast Furn. & Steel Plant 49 (1961) No. 10, 975~983)

Bethlehem Steel では分光分析装置と連動する自動記録伝送装置を用いて分析値を溶解工場に連絡している。この装置は直読式分光分析装置とコンピュータプリンターを組み合わせたもので、分光分析装置の出力を含有量を示す電圧に変換、デジタル電圧計によりテレタイプコードに変え、テレタイプにより炉前に連絡する。

通常の直読式分光分析装置では分析結果は濃度目盛付時計またはレコーダにより表示される。濃度目盛は濃度比 (Fe% と合金成分% の比) となっており、高合金鋼の場合には Fe% による補正を必要とする。読み取り、計算補正、記録連絡などの操作はいずれも誤差の原因となる。コンピュータプリンターの場合はこれらはいずれも自動的に行なわれ誤差を減少し、分析時間短縮に役立つ

ている。光電管からの出力回路は電磁クラッチを介してポテンシオメーター用同期電動機に結ばれており、濃度比に見合う電圧を発生するようになっている。これは時間信号を電圧に変換する部分でタイムコンバーターと呼ばれ、非線型函数型電位計を使用している。このポテンシオメータは抵抗を変えて検量線に合わせて設定することができ、曲線貯蔵部とも呼ばれる。各元素に最低一ケは必要で、濃度範囲の広い場合には復数個が自動切換で使用される。この電位計からの電圧は計算器に入り、各元素の和から Fe% を求め、これを濃度比に乗じて真分析値が瞬間的に算出される。この結果がデジタル電圧計により数字に変換され、同時にリレーを働かしテレタイプコードになり、分析値としてテレタイプされる。計算器の補正は標準試料を分析し、非線型電位計の抵抗を調整して行なう。検量線はスパーク的な放電とアーク的な放電との両者について作成される。前者は高含有量、後者は低含有量に対して適用され、選択はリミットスイッチにより自動的に行なわれる。分析結果はテレタイプと同時に分析室で記録され、分析者はこれをチェックする。2人の分析員で 1mn 間/試料、約 600 試料/日の分析が可能である。

この分析装置による精度、正確度は他の直読式分光分析装置と同程度もしくはそれ以上である。現在まで18ヶ月の間ほぼ満足すべき性能を発揮してきたが、部品寿命の短かいものがあり、さらに高性能な部品を使用して長期間安定した分析を行なえるように考慮している。

(河合重徳)

## 同位体希釈法による微量コバルトの定量

(W. D. Ralph, Jr., et alii: Anal. Chem. 34 (1962) No. 1, 92~94)

$\text{Co}^{60}$  を追跡子として使用し、同位体希釈法、溶媒抽出法および吸光度法を結合して、正確かつ確実な微量 Co の定量法を案出し、これによつて Cu-Ni-Zn 合金および鉄鋼中の微量 Co を定量しているが、ここでは鉄鋼中の Co の定量操作を主として紹介する。

鉄鋼試料 8g を HCl(1+1) 100 ml で分解し Conc.  $\text{HNO}_3$  10 ml を加えて酸化する。加熱蒸発して液量を約 40 ml としたのち 100 ml メスフラスコへ入れ、冷却後水を標線まで加える。この内より 25 ml を別の 100 ml メスフラスコへ入れクエン酸ナトリウム溶液 (40%) 60 ml, Co 60 溶液 ( $0.6 \mu\text{C}$ ,  $5.6 \times 10^{-2} \mu\text{g/ml}$ ) 10 ml および水を加えて標線に合せる。この内より 50 ml を分液漏斗に入れ  $\text{NH}_4\text{OH}$  (28%) 2.5 ml を加え pH を 3~4 とする。つぎに  $\text{H}_2\text{O}_2$  (12%) 10 ml および 2-ニトロソ-1-ナフトール氷酢酸溶液 (1%) 2 ml を加え 10mn 放置し Co と試薬を完全に反応させる。これにクロロホルム 25 ml を加え 1mn 振りまぜ Co 錯塩を抽出する。クロロホルム相を取り出し、2M HCl 20 ml, および 2 M NaOH 20 ml で決つたのち、この 5 ml をとり 10 mn 放射能を測定する。一方 100 ml メスフラスコ中に残っている水溶液 5 ml ををつて同様に 10mn 放射能を測定する。またクロロホルム相の一部を吸収セルにとり Blank を対照として 535m $\mu$  における吸光度を測定する。つぎの式によつて 100 ml メスフラスコ中の Co 量を計算する。



$$W_a = \frac{a_a V_a v_0 Co}{a_0 v_a}$$

$a_a$  = 水溶液  $v_a$  ml のカウント数

$a_0$  = クロロホルム  $v_0$  ml のカウント数

$V_a$  = 水溶液の容積 (ここでは 100 ml)

$Co$  = クロロホルム中の  $Co$  量

$Co$  は吸光度と検量線から得られるが、検量線の作製方法はつぎの如くである。

$Co$  量既知の  $Co$  溶液の種々な量を 100 ml メスフラスコにとりクエン酸ナトリウム溶液 10 ml を加える。メチルオレンジを指示薬として Conc. HCl で中和したのち、 $Co^{60}$  溶液 10 ml および水を加えて標線に合せ、以下前記と同様に操作し、クロロホルム相の吸光度を測定し、クロロホルム中の  $Co$  量と吸光度との関係曲線を描く。なお加えた  $Co^{60}$  は極微量であるから無視している。

(若松茂雄)

**クロラニール酸バリウムを用いるホウ素の吸光度定量** (R. D. SRIVASTAVA et alii: Anal. Chem. 34 No. 2, 209~210)

Ba, Hg, Sr, La, Th などのクロラニール酸塩はすでに  $SO_4$ , Cl, F, および  $PO_4$  の間接吸光度定量に使用されている。例えば  $SO_4$  を含む溶液にクロラニール酸バリウムを加えると、 $BaSO_4$  が沈殿しこれと対応するクロラニール酸が遊離し赤紫色を呈する。従つてこの吸光度を測定することにより間接的に  $SO_4$  の定量が可能となる。著者らは新しくホウ酸を含む溶液に酒石酸とクロラニール酸バリウムを加え、ホウ素をホウ素酒石酸バリウムとして沈殿させ、遊離したクロラニール酸の吸光度を測定しホウ素を間接的に定量する方法を考案し

た。操作の概略はつぎの如くである。4 ml 以下の溶液中にホウ酸 100  $\mu$  g 以下を含むように試料溶液を調製し 10 ml メスフラスコに入れる。緩衝溶液 (酒石酸 1.4 g  $NH_4Cl$  24 g および 15N  $NH_4OH$  10 ml を加え水で 100 ml としたもの) 1 ml およびアセトン 5 ml を加え水で標線に合せる。これにクロラニール酸バリウム 0.04 g を加え間歇的 30mn 振りまぜる。この時溶液の pH は 8 になつている。過剰のクロラニール酸バリウムおよびホウ素酒石酸バリウムの沈殿を汙過し、Blank を対照として汙液の 530m  $\mu$  における吸光度を測定する。

クロラニール酸の吸収帯は前記 530m  $\mu$  付近のほか紫外部にもあり、これを用いると感度は増大し 530m  $\mu$  付近よりも 20~30 倍も大である。吸収極大の位置は pH と溶媒系の性質によつても異なるが、一般に pH の低いほうが妨害成分が少なく吸光度も大である。しかし本法ではホウ素酒石酸バリウムの沈殿がアルカリ性溶液で生じるので pH 8 で反応させるようにした。そのため紫外部で吸光度の測定を行なう場合は他成分の影響の少ない 355m  $\mu$  の波長を使用することとした。この波長は吸収極大の範囲から外れているが、それでも 530m  $\mu$  におけるよりも 10 倍も感度は大である。検量線は低濃度のときは直線となるが 3 ppm 以上では曲線となる。また 10 ppm 以上では結果バラック。この方法は 355m  $\mu$  の波長を用いた場合キナリザリン法やカーミン法よりも感度が大きく操作も簡易である。二つの吸収帯を適当に使分けけることにより広範囲の含量のホウ素の定量に利用できる。0.3~10 ppm の範囲では平均偏差は  $\pm 0.1$  ppm である。

(若松茂雄)