

業が行われていた。

装入物中鉱石降下時間は Table 1 に示す通り南側付近が一層激しく、不均一な装入物の降下が行われていることが推定される。一方羽口風量分布は Fig. 2 よりみられるごとく、全般的に南側から東側にかけて送風が多く、北側が少く、やはり不均一な羽口送風がなされているように推定される。したがって J. M. Stapleton³⁾が述べているように送風量の多い羽口付近では装入物の降下が活発となり、また、G. G. Lykashev⁴⁾が論じているように降下速度の速い方向に装入物が傾いて降下するために炉内の場所によつて不均一な装入物降下が生ずるのではなからうかと考えられる。

熔鉱炉内のコークス降下時間については I. G. Polovchenko⁵⁾ や A. Kohn⁶⁾ の報告があるが、両者共コークスの降下時間は鉱石の 1.80 倍を要するとしている。われわれは Co⁶⁰ を種々な形でコークスに入れてコークス降下時間の測定を行つたのであるが、Table 2 に見られるように鉱石降下時間とはほぼ同一時間となつた。結局、Co⁶⁰ のごとく、たとえ硝酸化物の形でコークス中に封じて使用しても高温の還元性雰囲気中で還元され、コークスの気孔を通過して熔銑と接触し、あるいはコークスが割れて熔銑と反応して鉱石降下時間と同じ結果として現われるのではなからうかと考えられる。したがって次期試験に際しては Ca⁴⁵ を使用する計画である。

IV. 総 括

以上、釜石第 2 高炉において装入物降下速度および羽口風量分布について測定した結果を報告した。これらの結果を総括するとつぎのごとくである。

1) 装入物中鉱石降下時間は炉内の場所によつていちじるしく異り、南側がきわめて速く、北側が遅い不均一な装入物降下が行われているように推定される。

2) 各羽口からの送風量は均一でなく全般的に南側から東側にわたる羽口から多量な風量が送り込まれ、一方北側付近では少くなつていようである。

3) 以上のごとく、第 2 高炉の場合南側付近の羽口送風量の多い方向は装入物の降下時間も速く、また北側の送風量の少い付近で荷下りが遅くなつていようから両者には密接な関係があるようにみられる。

4) Co⁶⁰ を金属の形および酸化物の形で使用してコークス降下時間を測定したが鉱石降下時間と同じ結果を示し、満足な結果が得られなかつた。

参 考 文 献

- 1) 富永, 八塚, 庄野, 沢村: 鉄と鋼, 43 (1957) p. 873~874
- 2) 富永, 八塚, 駒木: 鉄と鋼, 44 (1958) p. 960~961

- 3) J. M. Stapleton: Blast Furnace and steel plant, (1957), 9, p. 1007~1017
- 4) G. G. Lykashev: stal, 12 (1958) p. 682~687
- 5) I. G. Polovchenko: stal, 12 (1957) p. 1057~1068
- 6) A. Kohn: UNESCO 第 1 回国際アイソトープ会議資料 (1957) 194

(4) 羽口前衝風透入深さによる高炉操業の研究

中山製鋼所

工 菊池 正・工〇野路 哲三

Study on Blast Furnace Operation by Penetration of Air in Tuyere Zone.

Tadashi Kikuchi, Tetsuzô Nozi.

I. 緒 言

高炉の羽口の前には、衝風によつてコークスが旋回運動をしているレースウェイと呼ばれる空間が生じている。羽口の覗孔を通して金棒を挿し込むと、かたい炉芯につきあたるが、それまでの距離が燃焼帯奥行と考えられている。衝風の透入深さと炉況との関係について、いろいろ研究が行われているが、著者らはさきに、その経時変化、ストックライン上 CO₂ 分布との関連性、装入物による影響について報告した。今回はさらに、操業に応用できるように研究を進めた結果を報告する。

II. モデル実験結果の高炉への適用

近年レースウェイの大きさについて透明な模型を用いた研究が行われ、Wagstaff と Holman により²⁾無次元のペネットレーションファクター (PF) と、レースウェイファクター (RF) によつて関係づけられることが明らかになつた。

$$(PF) = K_1(RF) + K_2$$

K_1, K_2 は定数

$$PF = D/D_j \dots \dots \dots (1)$$

$$RF = V^2/g\sqrt{S} \cdot \rho/\rho_s - \rho \cdot (A_j/A_m)^{0.75} \dots (2)$$

ただし、 D はレースウェイの径 m, D_j は羽口径 m, V は羽口でのガス流速 m/s, S は装入物 1 個の粒子の表面積 m², ρ はガスの密度 kg/m³, ρ_s は装入物の密度 kg/m³, A_j は羽口面積 m², A_m は炉床面積 m² である。

高炉操業への適用に際しては、(1) の D は各羽口の平均透入深さ、 D_j は測定羽口平均径とし、一方風量計の読み W , 開孔羽口の総断面積 A_j , 羽口先端を結ぶ湯留径 A_m を用い、(送風温度 + 273) を T , (風圧 + 1034) を P とおき、羽口前のコークス粒度は装入時のコークス平均粒度

L とコークス強度 DI 50mm k の積に比例すると仮定した。実験式であるので、デimensionおよび単位は便利にとり、

$RF = K'X$ とおきかえ、 K' は常数で

$$X = (W/60 \cdot A_j)^2 \cdot (T/P) \cdot (L \cdot k)^{-1} \cdot (A_j/A_m)^{0.75}$$

.....(3)

とした。

III. 結 果

中山製鋼所 No. 1, No. 2 高炉では、毎日第1回出鉄後、羽口の覗孔をあけ 19mm 丸棒を挿入して衝風透入深さを測定することを標準作業としている。昭和 33 年 3 月より昭和 34 年 2 月までの毎日の測定値を、平炉鉄、鋳物鉄吹製別に分類し、そのうち、とくに棚吊の多かった期間と羽口破損の多かった期間を除外して、No.1 高炉は 22 期間に No. 2 高炉は 14 期間に分類した。

それぞれの期間の平均 D/D_j と、(3)式にしたがつて平均 X を算出し、 $D/D_j = Z$ と X との関係を求めると Fig. 1 のようになりきわめて強い相関が認められた。回

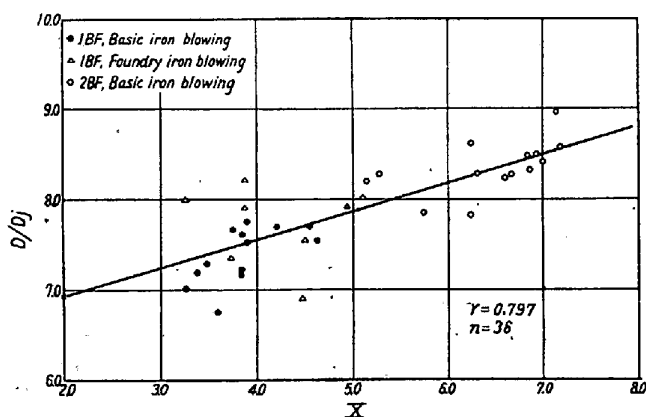


Fig. 1. Relation between race-way factor D/D_j and penetration factor X .

帰式は

$$Z = 0.314X + 6.30 \quad \text{.....(4)}$$

で、この回帰による Z の推定誤差は 0.234 である。

Wagstaff らがモデルによつて得た関係からⅠに述べた適用法を用いると、かなりよく一致することが認められた。しかし、高炉では昭和 29 年来の研究の結果、透入深さは焼結鉱の使用量が増すと浅くなる傾向が認められ、焼結鉱使用量を表わすのに(焼結鉱装入量/コークス装入量)を用い、これを Y とおいて、 X および Y に対する Z の相関を求めると、 $r_{Z \cdot XY} = 0.906$ ($n = 36$) となり、高度の相関があり回帰式は

$$Z = 0.382X - 2.34Y + 8.54 \quad \text{.....(5)}$$

Z の推定誤差は 0.220 となつた。 X の影響を除いた偏相

関係数 $r_{YZ \cdot X}$ は -0.711 であり、 Y の影響を除けば、 $r_{XZ \cdot Y} = 0.904$ である。影響度の比較をすると $R_{YZ} = 0.402$, $R_{ZX} = -0.840$ であり、 Y よりも X の影響が強いことがわかる。

IV. 結 果 の 考 察

棚やスリップのときは衝風透入深さの変動が大きくなることや、前報に示したようにストックライン直上の CO_2 分布との関係から、透入深さと炉内装入物の通気特性とは関連性が深いことが考えられる。コークスは一般に良好な通気性をもっているが、生鉱石のサイジングの度合の評価は困難であるので、単に焼結鉱の使用量のみをとりあげると前掲の関係が得られた。焼結鉱が生鉱石にくらべて通気特性がすぐれていて、その有利性は一般に認められている。 Y の値が 0.80~1.40 の間では(5)式の結果を用いてよいと思う。

高炉では羽口前で遊離されるエネルギーによる影響があるはずであるが、鋳物鉄と平炉鉄の吹製別に有意な差はなかつた。

羽口前のコークス粒度については別の研究が望まれるが、高炉ではコークス強度の影響が大きいて考えて、通常各作業所で管理されている装入直前の粒度と強度から近似的に推定しようとした。この仮定にそう大きな間違いはないように思う。

1 カ年間のデータを管理図に打点してみると、衝風透入深さがとくに深いとき棚吊と羽口尖端下部の熔損事故が起り、逆に極端に浅いときも棚吊を起すことが認められる。このようなトラブルは数日頻発するのが常であるし、ある羽口を閉塞すると、その隣の羽口の深さが増すことも認められる。このことは炉内壁の条件も衝風の透入深さに影響をおよぼすものと考えられる。

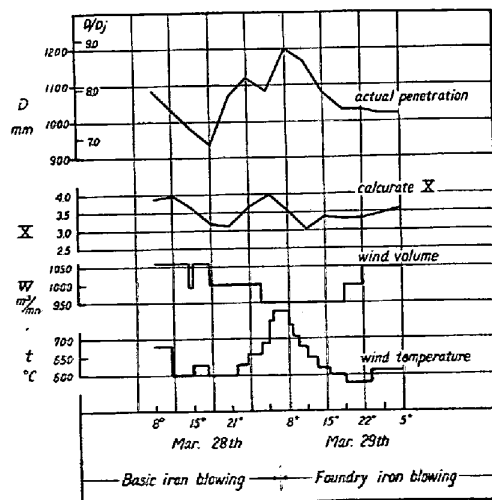


Fig. 2. Variation of penetration by operating action.

操業している高炉では、大なり小なり不安定な要素を内蔵していて、炉内のガス分布や衝風透入深さのような、炉況に鋭敏な項目をとると、かなりの変動があらわれている。日常の操業データに(3)式を適用して、アクションによる透入深さの変化を調べると、Fig. 2 のようである。アクションの大きい平炉銑から鋳物銑に切替えるときの例であるが、アクションと衝風透入深さとは相い対応していることが実証される。しかし、アクションによる影響は(5)式の関係以上に大きくあらわれている。(5)式は長期の平均における関係であり、時々刻々の操業では高炉の不安定性のために、わずかのアクションが透入深さに大きく作用しやすいことを示している。

V. 操業上の問題

1) (3)式の諸因子と(5)式の関係から、高炉の操業要因を衝風透入深さの面から考えることができ、羽口径の選択の方向を示しうる。

2) 風量、風温の変更による衝風透入深さの変化は比較的すみやかにあらわれ、焼結鉍装入量の効果は数日遅れるようである。

3) 棚吊や羽口熔損のトラブルは、平均衝風透入深さが 1150mm 以上のとき起りやすく、また 950mm 以下のときも棚吊が起りやすい。この傾向は数日前からあらわれるので、毎日管理図に打点すれば、炉況判断に役立つと思う。

4) 平炉滓の大巾装入変更を行って、銑鉄中の隣の変化を追跡すると、衝風透入深さが深いとき遅く、逆に浅いとき速く熔銑にあらわれる傾向がみられ、装入変更の降下に対する参考となる。

VI. 結 言

1) Wagstaff らがモデルを用いて得たレースウェイの関係を高炉に適用したところ、よく一致することがわかった。

2) 高炉の羽口前衝風透入深さは、装入物の影響をうけ、とくに焼結鉍の作用が顕著である。

3) 実用的なレースウェイファクター X と、焼結鉍装入割合 Y を用いて重相関分析を行うと、高度の有意性をもつて X と Y より Z (D/D_j) を推定する回帰式を得た。

4) 操業上の諸問題を衝風透入深さにもとづいて考察し炉況判断ならびに操業管理の一方法を述べた。

文 献

- 1) 菊池, 野路, 鉄と鋼 41 (1955) 9 p. 941~943
- 2) J. B. Wagstaff, W. H. Holman, J. Metal 9 (1957) 3 p. 370~376

(5) ラジオアイソトープの高炉操業への利用

日本鋼管, 技術研究所

工博 飯島 弘・工 松本 利夫

川崎製鉄所 工 林 敏・工〇山田 幸夫

Use of a Radioactive Isotope for Blast Furnace Operation.

Hiroshi Iijima, Toshio Matsumoto,

Satoshi Hayashi, Yukio Yamada.

I. 緒 言

鉄鋼業へのR Iの利用は近年盛んとなり、これまで科学的究明の困難であつた高炉の操業にもR Iを使用しての各種の測定が、英国、ドイツなどの他、国内の製鉄所でも各所で行われている。当所においても昭和 33 年以来、R Iを用いて高炉操業の研究や、炉体の浸蝕調査などが技術研究所と製鉄課との協力の下に進められており、ここに中間報告を行いたい。なお測定に使用するR Iはすべて ^{60}Co であるが、これは強い γ 線を放出し、5.2 年という長い半減期を持つているので、この目的に最も適している。

II. 壁 付 の 測 定

当所の高炉は炉冷が古くなると、シャフト部の壁付が成長し、ガスおよび装入物分布が乱れて操業成績が低下して行く傾向がある。その壁付状況は従来は休風時、煉瓦に開孔して測定していたのであるが、昭和 33 年 12 月 5 日、第 5 高炉 (昭和 27 年 12 月 15 日火入) の装入線下約 5 m の水準で外部より 900 および 1100 mm の位置に ^{60}Co 1 mc を埋込み、外部より定期的に Survey meter にて計測することにより、壁付の変化を観測するようにした。この付近は強固な壁付ではなく、粉状の鉍石およびカーボンが堆積したいわゆる不活性帯であり、装入物の降下に疑問が持たれたのであるが、この計測によりそれが裏づけされた。そして埋込後約 6 カ月を経過した昭和 34 年 5 月下旬の定期計測の際、その中の 1 カ所の計数が消失し、その数日前に大きなスリップがあり、また付近の炉壁温度が上昇している点から見て、不活性部分に変化があつたことが推測された。また第 5 高炉の経験に基づき、第 3 高炉 (昭和 26 年 12 月 1 日火入) に対しても昭和 33 年 12 月 30 日に装入線下約 7.5 m の水準で、炉の外壁より 1070 および 1650 mm の位置に 1 mc の ^{60}Co を埋込んだが、翌 34 年 3 月 6 日の吹卸までその計数が消失せず、解体の際同水準には 1550~1750 mm におよぶ頑強な壁付があるのが認められ