

増加するが、焙焼により除かれ粗鋼には砂鉄中Sの31.56%が入った。

VII. 結 言

以上のように中程度のTiO₂を含む砂鉄を精選ガス還元後熔解して鉄の品質を落さずに高チタン滓をうることは、成品を粗鋼にすれば可能なことが立証され、成品の品質、歩留ともに満足すべき値が得られ、工業化試験は技術的に成功した。ガス中のメタンが分解して生成する炭素による還元炉煉瓦の崩壊などの問題が解決され、一般電気鉄工場と同一の立地条件が得られれば、TiO₂ 10～15%の砂鉄を用いて、粗鋼ならびに副産物としてTiO₂ 60～70%のチタン滓を製造し得、電気鉄にくらべて副産物価格だけ有利になるものと考えられる。

文 献

- 1) 池野, 萩原: 鉄と鋼 45 (1959) 9, p. 27～29

(6) 溶鋳炉装入物粒度の保証限界について

八幡製作所, 技術研究所

石光章利・重見彰利・○斧 勝也

On Assurance Limit for the Size of Blast Furnace Burdens.

Akitoshi Ishimitsu, Akitoshi Shigemi
and Katsuya Ono.

I. 結 言

溶鋳炉の装入物の適正粒度は炉型あるいは操業条件が異なれば当然変ると考えられる。装入物の粒度が大き過ぎると還元または加熱が不充分になり、また小さ過ぎると炉内ガスの流れの面から不適當である。本報告は溶鋳炉の大きさおよび操業条件が変化した場合、装入物粒度がどの位の大きさであれば溶鋳炉を支障なく操業できるかを知る目的で、現在実際に稼働している大型高炉、試験溶鋳炉および模型実験データを利用して送風条件と装入物（コークス、鋳石）の粒度保証限界との関係を推定したものである。

II. Flooding によるコークス粒度の保証限界

溶鉄炉内のガス流速が増加すると flooding による棚吊りの危険性が増大する。溶鋳炉操業範囲での flooding 条件はつぎのように表わされる。

$$U^3 S \rho_G^{1.5} L \mu^{0.4} / g^2 F^6 \rho_L^{2.5} = \text{一定} \quad (1)$$

ここでUは上昇ガスの superficial velocity, F はボイド ρ_G および ρ_L は上昇ガスおよびスラグの密度, Lは

スラグの superficial mass velocity, Sは充填物の単位体積当りの表面積, μ はスラグの粘性係数である。第1式において ρ_G, ρ_L, μ, F (スラグ量/鉄量) がどの溶鋳炉でもほとんど一定で、出鉄量が送風量に比例すると考えるとつぎようになる。

$$d_{\text{coke}} = C_1 (W/D^2)^{2.5} \quad (2)$$

ここで d_{coke} はコークス粒度 mm, Wは送風量 m³/mn, Dは炉床径, m, C_1 は恒数である。 C_1 の値を当所の小型試験溶鋳炉から実験的に求め、大型高炉の値を推定した結果、コークスの粒度が揃っている場合には0.0174不揃の場合には0.0356なる値を得た。したがってつぎの条件が満足すれば溶鋳炉は flooding による棚吊りを起すことなく操業できるものと考えられる。

- a) コークス粒度が揃っている場合

$$d_{\text{coke}} > 0.0174 (W/D^2)^{2.5} \quad (3)$$

- b) コークス粒度が不揃の場合

$$d_{\text{coke}} > 0.0356 (W/D^2)^{2.5} \quad (3)$$

III. フルーダストによる装入物の最低粒度

溶鋳炉内のガスの流速が増加したり装入物粒度が小さ過ぎると装入物は炉外に吹き飛ばされてフルーダストになつてしまう。粒子が上昇ガスによつて飛ばされる条件は次式で表わされる。

$$U_m = \phi \sqrt{3g(\rho_s - \rho_g)d/\rho_g} \quad (4)$$

ここで U_m は粒子が飛ばされるときガスの superficial velocity, ρ_s および ρ_g は粒子およびガスの密度, dは装入物の粒度, ϕ は恒数である。 ϕ の値を模型実験によつて求めた結果約0.11であることが認められた。したがって溶鋳炉の場合には次式を満足すればフルーダストによつて装入物が炉外に飛び出すことがないと保証できる。

$$d_{\text{coke}} > 0.00627 (W/D^2)^2 \quad (5)$$

$$d_{\text{ore}} > 0.00107 (W/D^2)^2 \quad (6)$$

IV. 圧力損失による吹抜けの保証限界

溶鋳炉でのガスの圧力損失は次式で表わされる。

$$\Delta P = a(\rho_g U / \mu S)^x (UHS / gF^3) \quad (7)$$

ここで ΔP は圧力損失 kg/m², Hは充填層の高さ m, a および x は恒数である。操業条件の変化により圧力損失が増大し装入物の重量よりも大きくなると吹き抜け現象を起す。このときの圧力損失は次式で表わされる。

$$\Delta P = H(1-F)(\rho_s - \rho_g) \quad (8)$$

ある条件で能率よく操業している溶鋳炉ではもちろんこのような吹き抜け現象は起していないと考えられる。しかしこの条件よりも吹き抜けに対して悪条件で操業す

れば吹き抜けを起すかも知れない。現在の操業が吹き抜けを起すぎりぎりの条件であるとすれば第 7 式と第 8 式の ΔP は等しく、二式を組合わせることができる。この時 ρ_0 , μ , g , F がどの溶鉱炉でも一定だとするとつぎのようになる。

$$\log d = (\alpha/\beta) \log (W/D^2) + C_2 \dots\dots\dots (9)$$

ただし α , β は Reynolds 数によつて定まる恒数である。ゆえに d と W/D^2 を対数グラフに表わすと直線になる。そこで当所 8 基の溶鉱炉および試験溶鉱炉の操業データから d と W/D^2 を求めてプロットすると Fig. 1 のような関係が得られる。 α , β の値を模型実験²⁾から求めるとそれぞれ 1.65, 1.15 であつたのでこの関係を溶鉱炉の場合に適用すれば第 9 式は Fig. 1 の各点を通

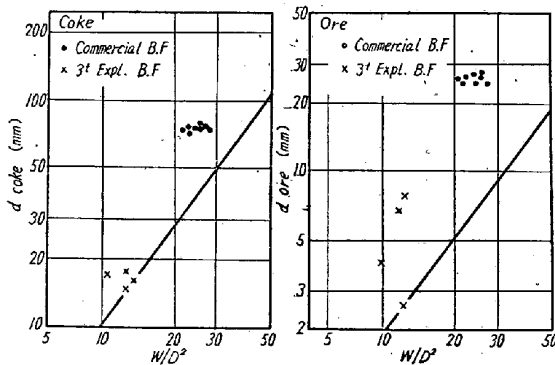


Fig. 1. Assurance limit lines for aggregative fluidization.

つて勾配 1.435 の直線になる。この直線群のうちでもつとも吹き抜けの限界に近い条件で操業しているのは Fig. 1 に示す直線となる。したがつてこの直線よりも上の条件であれば吹き抜けを起さずに操業できることが保証できる。すなわち次式を満足すればよい。

$$d_{\text{coke}} > 0.386 (W/D^2)^{1.435} \dots\dots\dots (10)$$

$$d_{\text{ore}} > 0.0679 (W/D^2)^{1.435} \dots\dots\dots (11)$$

V. 炉内の温度勾配による保証限界

溶鉱炉内での熱交換に関する式は次式で表わされる。

$$\ln \{ (A + BT_s) / A \} = Bk(H - x) / h_s v_s \dots\dots\dots (12)$$

$$A = t_g - (h_s v_s / h_g v_g) t_s, \quad B = (h_s v_s / h_g v_g - 1)$$

ここで t_g , t_s は炉底のガスおよび固体の温度, T_g , T_s は炉底から x の位置でのガスおよび固体の温度, k は熱交換係数, h_g , h_s はガスおよび固体の比熱, v_g はガスの流速, v_s は固体の降下速度, H は炉の高さである。第 12 式は非常に複雑であるから近似計算を行ない溶鉱炉に適用できるよう書き変えらるとつぎのようになる。

$$\log d = -\log (W/D^2)^{0.3} (0.80 + 1/\eta) / H + C_3 \dots\dots\dots (13)$$

ここで η はコークス比, C_3 は恒数である。溶鉱炉内で

の装入物の溶解は一定の位置で行なわれる必要があり、もし操業条件が変つて炉内の温度勾配が変化すれば棚吊りその他の故障の原因になる。実際の操業データから d と $(W/D^2)^{0.3} (0.80 + 1/\eta) / H$ を求め第 13 式を満足する線を求めれば、これらの炉は能率よく稼働しているのであるから、炉内の温度分布の変化によつても障害のない範囲が求められる。この関係は次式のようなつた。

$$22.6 \{ (W/D^2)^{0.3} (0.80 + 1/\eta) / H \}^{-1} <$$

$$d_{\text{coke}} < 12.3 \{ (W/D^2)^{0.3} (0.80 + 1/\eta) / H \}^{-1} \dots\dots (14)$$

$$7.4 \{ (W/D^2)^{0.3} (0.80 + 1/\eta) / H \}^{-1} <$$

$$d_{\text{ore}} < 0.3 \{ (W/D^2)^{0.3} (0.80 + 1/\eta) / H \}^{-1} \dots\dots (15)$$

VI. 還元性による鉱石粒度の保証限界

溶鉱炉シャフトでの鉱石の還元は拡散還元であつて、シャフト内での降下時間を t , 鉱石が 100%還元するに要する時間を T , 未還元率を α とするとつぎのような関係がある。

$$t = bT(1 - \sqrt[3]{\alpha}) \dots\dots\dots (16)$$

ここで b は比例恒数, $T = t_0 + Rd$, t_0 , R は鉱石の性質によつて定まる恒数である。CO ガスによる還元試験の結果から t_0 および R を鉱石銘柄別に求めると Table 1 のような関係を得た。装入鉱石は溶解までに一定の還元が進行していなければならない。したがつて α はある値以上であつては溶鉱炉は能率よく操業できないと考えてよい。現在の溶鉱炉の操業条件が還元性に関して限界ぎりぎりであると考えれば α は一定と置くことができる。これらのことを考えて第 16 式を変形するとつぎのようになる。

$$\log T = -\log \{ (W/D^2) (1 + 0.47/\eta) / H \} + C_4 \dots\dots\dots (17)$$

大型高炉において 26mm 粒度のラップ鉱石と同程度の還元性をもつた鉱石が支障なく還元できるものとすれば $T = 1860$ になる。したがつて T と $(W/D^2) (1 + 0.47/\eta) / H$ との関係を実際の操業データから求めもつとも限界に近い条件よりも還元性に関して良い条件であれば溶鉱炉は還元性によつて支障なく操業できるものと考えられる。この関係は次式で与えられる。

$$T < 3865 \{ (W/D^2) (1 + 0.47/\eta) / H \}^{-1} \dots\dots (18)$$

第 18 式および Table 1 から磁鉄鉱, 赤磁, 赤鉄鉱系の鉱石についてそれぞれ粒度の保証限界を求めることができる。

VII. コークスおよび鉱石の保証限界

以上の結果を総合すれば送風条件とコークスおよび鉱石の保証限界との関係を求めることができる。Fig. 2 および Fig. 3 は溶鉱炉についての 1 例を示したものでハ

Table 1. Reduction Characteristic of Iron Ores.

Ore	to	R
Larap	185	64.0
Mati	280	27.5
India	300	22.0
Dungun	250	15.5
Sinter	250	11.5
Goa	115	19.0
Venezuera	75	19.0

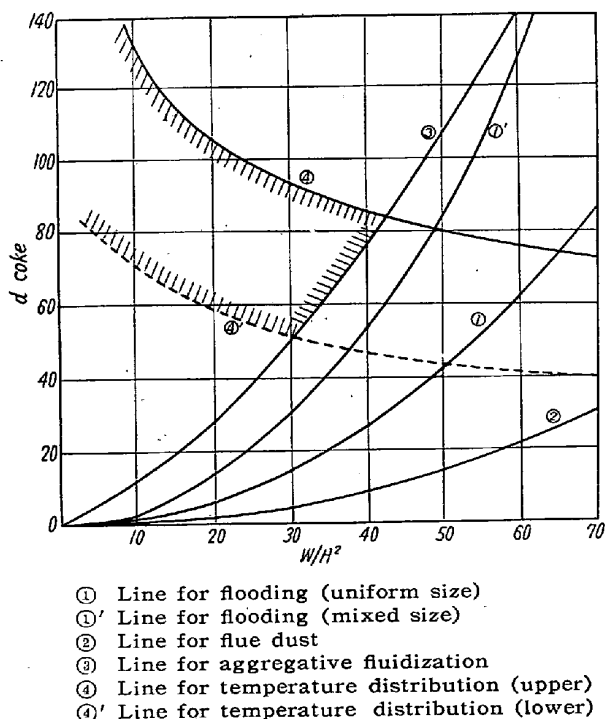


Fig. 2. Assurance limit for coke (1000t BF)

ッチで示した部分が以上述べた種々の故障に対して支障なく操業できると考えられる装入物粒度の保証条件範囲である。

VIII. 結 論

溶鉱炉の適正粒度を推定するための一方法として溶鉱炉の故障の原因になる数種の要因をとり上げ、各々の場合について大型高炉、試験溶鉱炉および模型実験データを利用して送風条件と装入物粒度との関係を検討し、Fig. 2および Fig. 3 の例に示すようなコークスおよび鉱石粒度の保証限界線を求めた。ここで flooding およびフルダストについては実験的に求めたものでほとんど限界線と考えてよいと思われるが他の保証限界線は現在の溶鉱炉データを基にして求めたもので限界線である

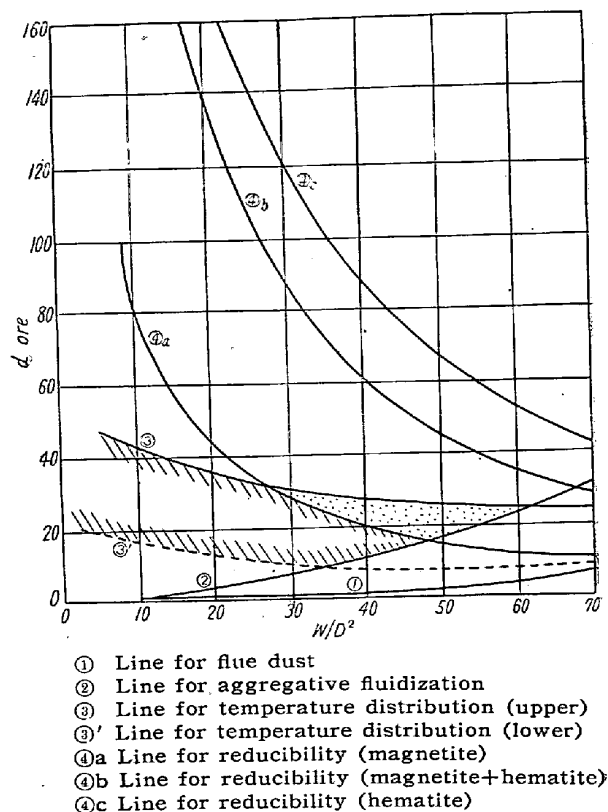


Fig. 3. Assurance limit for ore (1000 t BF)

かどうかは明確でない。この点についてはさらに検討する予定である。

文 献

- 1) 石光, 重見, 緒方, 斧: 鉄と鋼, 45, No.3, (1959), p. 186~187
- 2) 重見, 斧: 鉄と鋼, 44, No.3, (1958), p. 278~279

(7) 鉱石処理設備の効率調査

八幡製鉄所, 製鉄部第2製鉄課

本田 明・川村 稔・寺倉勝基・○水野祥男

A Study on the Efficiency of Ore Preparation Equipment.

Akira Honda, Minoru Kawamura,
Katsumoto, Terakura and Yoshio Mizuno.

I. 緒 言

最近溶鉱炉の能率向上に鉱石の予備処理がとくに重視されている。そのため設備の合理化に力を注ぎ、当所洞岡工場でも 1956 年 4 月には 18 番処理設備、1957 年 4 月には 17 番、1958 年 2 月には 15 番と改造を行ない、さらに 1960 年 6 月には 16 番処理設備の改造を予定している。