

(6) Flooding による 熔 鋳 炉 の 棚 吊 り 関 係 研 究

On Hanging in the Blast Furnace Caused by Flooding.

Katsuya Ono, et alii.

八幡製鉄, 技術研究所

理 石光章利・工 重見彰利

緒方年満・工〇斧 勝也

I. 緒 言

最近熔鋳炉の棚吊りの有力な一原因として flooding が考えられている。flooding とは固体充填物のつまつた充填塔内を液体が下降し同時に気体が上昇しているとき、気体がある限界以上の流速になると液体が逆流して上に吹き上げられる現象である。熔鋳炉の熔解帯は充填塔の条件と非常に似ており、もしも熔解帯付近で flooding が起ると熔融物が上に吹き上げられ上方の低温部で凝固し棚吊りを起すと考えられる。flooding に関する研究は充填塔の場合には非常に詳細におこなわれているが、熔鋳炉の場合には 2, 3 の模型実験がおこなわれているに過ぎない。そこで当所では超小型試験熔鋳炉を使用し実際に銑鉄を製造しながら flooding による棚吊りの検討をおこなつた。

II. 試 験 条 件

i) 原料 この試験は 2 次 にわたつておこなつたが、第 1 次試験では鋳石粒度を 1.5mm 以下, 1.5~3mm, 3~5mm, コークス粒度を 3~10mm, 10~20mm および 20~30mm とそれぞれ 3 種類とし、その組合せ 9 種類について試験をおこなつた。第 2 次試験では鋳石は 1.5mm 以下に一定とし、コークスは 3~10mm, 10~20mm および 20~30mm の 3 種類のを単独あるいは混合して使用した。

ii) 操業条件 まず各操業条件に適した送風量を決定して操業をおこない、その後次第に送風量を増加し炉の下部で棚吊りを生じたときの限界風量を求めた。

III. 棚吊りの判定

熔鋳炉の操業中にはかなりの棚吊りが認められたが、これらの棚吊りが flooding によつて起つたものかどうかの判定は一般に困難である。そこであらかじめ Fig. 1 に示すように炉の下部に圧力測定孔を設け常時炉内圧力を測定し、棚吊りの状態と位置を判定した。

IV. 試 験 結 果

試験の総合的な結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 で・印で示したのは棚吊りを生じなかつた点、〇印は棚吊りを

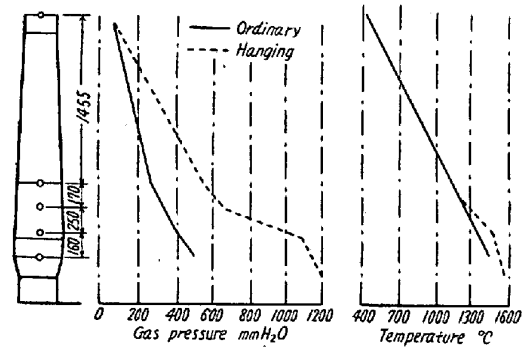


Fig. 1. Typical pressure and temperature curves during hanging period.

生じた点である。図から明らかのように棚吊りが発生する送風限界はかなり明確である。この棚は減圧やその他の手段で棚落しをおこなつても、さらに同一風量に戻して操業するとふたたび強固な棚が発生する。一方他の操業条件は全く同一にしても送風量を少し減ざると棚吊りは全く解消する。このことからこの棚は flooding によるものと考えて間違いないものと思われる。第 2 次試験においては装入物のコークス粒度を揃えた場合と混合した場合について検討したが、この棚吊りの状況は Fig. 3 に示すように (a) (b) によつて 3 つの領域に区分できる。すなわち (a) よりも上ではコークス粒度を揃えた場合において棚吊りを生じ、(a) と (b) との間はコークス粒度を揃えた場合には棚吊りを生ぜず、コークスの混合粒度を使用したときに棚吊りを生じ、(b) より下の条件ではいずれの場合にも棚を発生しない条件である。

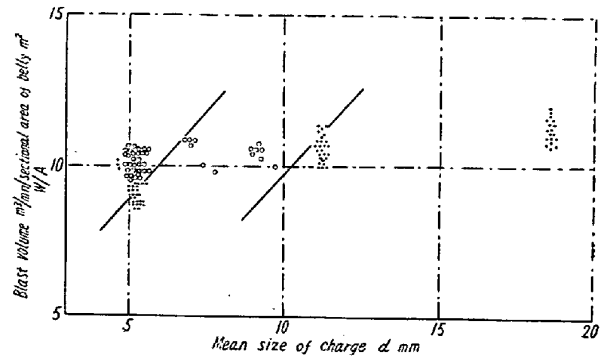


Fig. 2. Experimental results.

V. 試 験 結 果 の 理 論 的 検 討

以上の結果から熔鋳炉における flooding 条件を検討してみる。充填塔における flooding 条件については化学工学の分野でかなり詳細に研究されていて、熔鋳炉に近い条件ではつぎのように表わされる。

$$(U_0^4 S^2 \rho G^{2.5} L \mu^{0.4}) / (g^2 \epsilon^6 \rho L^{2.5} G) = 1/1090 \dots\dots\dots (1)$$

ここで U_0 は上昇ガスの superficial velocity m/s,

ϵ は空隙率, g は重力の加速度 m/s^2 , ρ_G および ρ_L はそれぞれ上昇ガスおよび下降液体の密度 kg/m^3 , G および L はそれぞれ上昇ガスおよび下降液体の superficial mass velocity $kg/s \cdot m^2$, S は充填物単位体積当りの表面積 $=6(1-\epsilon)/d\phi$; $1/m$, μ は下降液体の粘性係数センチポアズ, d は充填物の粒度, ϕ は球係数である。熔鉱炉内で flooding を起す際の炉内温度を 1500 °K と仮定し, 第 1 式における各変数の値を $g=9.8$, $\mu=20$, $\rho_G/\rho_L=87.5 \times 10^{-6}$, $\epsilon=0.45$, $L=0.013$, $\phi=1$ とおけば第 1 式はつぎのように表わされる。

$$U_0 = 4.23 d^{2/3} \dots\dots\dots (2)$$

熔鉱炉では充填塔の条件とかなり異つているから第 2 式にファクター f を乗じて熔鉱炉の場合を考えてみる。

$$U_0 = 4.23 f d^{2/3} \dots\dots\dots (3)$$

Fig. 2 の限界点を通り第 3 式を満足するカーブを求めると Fig. 3 (a)(b)を得る。Fig. 3 の曲線(c)は $f=1$ の場合であつて充填塔の関係から求めたものである。曲線(a)(b)は f としてそれぞれ約 0.5 および約 0.35 と置いた場合に相当する。

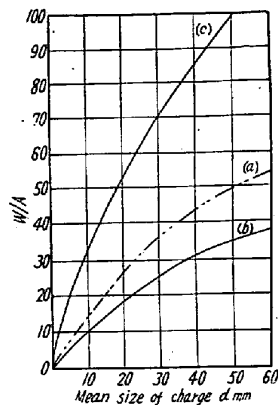


Fig. 3. Relation between critical blast volume of flooding and mean size of charge.

VI. 大型熔鉱炉における flooding 条件

これらの試験結果から実際に稼働している大型熔鉱炉の flooding 条件を推定してみる。第 1 式に代入した各因子のうち, g , μ , ρ_G/ρ_L および ϵ は大型でも小型でもほとんど変化はないが, 大型熔鉱炉と小型熔鉱炉とでは炉内流速がかなり異なるから, L は異つた値を示すと考えられる。flooding に関係する炉内の液体はほとんどがスラッグであり, 安定した操業をおこなつている場合にはスラッグ量/銑鉄量はだいたい一定と考えてよい。出銑量は一般に送風量に比例するからこれらの関係を利用して L を計算するとつぎのようになる。

$$L = 0.0273 U_0 \dots\dots\dots (4)$$

ゆえに第 3 式はつぎのように表わされる。

$$U_0 = 43.5 f d^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

当試験結果ではコークス粒度が揃つている場合 $f=0.5$, 混合粒度の場合 $f=0.35$ であるから, この関係を第 5 式に代入すると Fig. 4 のような関係が得られる。Fig. 4 のたて軸の値は当所東田熔鉱炉では 20~25, 洞

岡では 25~30 であつて, Fig. 4 の関係から現在の大型熔鉱炉はかなり flooding 限界に近い条件で操業されているものと考えられる。

VII. 結 論

熔鉱炉の棚吊りの一原因として考えられている flooding 条件について小型試験熔鉱炉を使用して 2 次元にわたり検討した結果つぎの結論を得た。

(1) 実際に銑鉄を製造している小型熔鉱炉で送風量のある限界以上に増加すると flooding による棚吊り現象を起す。

(2) この棚吊り条件は充填塔で求めた関係にファクターを乗じて適用できると考えられる。この関係を大型熔鉱炉に応用すると次式のようになる。

$$U_0 = 43.5 f d^{1/2}$$

ここで U_0 は flooding を起す限界流速 m/s , d は装入物の平均粒度 m , f はファクター(ただし粒の揃つた装入物では約 0.5, 混合粒度では約 0.35)

(3) この関係を大型熔鉱炉の操業条件から検討すると, かなり Flooding 条件に近い条件で操業されていることが認められた。したがつて送風量の増加により棚吊りが多くなれば一応 flooding によるものと考え, 装入物の本質的な改善により風量を増加させないで出銑を増大させるような手段を講じること, あるいは装入物の粒度を許される範囲内でなるべく大粒度に揃えて flooding の限界風速を大きくして送風量の増加を計ることが望ましいと考えられる

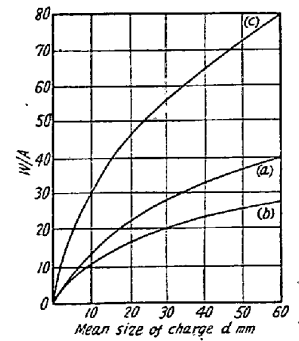


Fig. 4. Flooding condition in the commercial blast furnace.

(7) 熔鉱炉の各羽口への衝風分配
Air Distribution to the Blast Furnace Tuyeres.

Akitoshi Shigemi, et alii.

八幡製鉄技術研究所

理 石光章利・工〇重見彰利
工 吉永博一・工 斧 勝也

I. 緒 言

同じように築炉された熔鉱炉でありながら, 他の熔鉱炉に比較して非常にそのライニングの寿命が短い場合がある。特にコークス比やフリューダストの増大などを