

(26)  $\gamma$  線透過法による焼結過程の  
嵩比重連続測定

(焼結鉾歩留および強度向上に関する研究—I)

八幡製鉄所技術研究所

島田道彦・〇三塚正志・山手 実

Continuous Determination of Bulk  
Density Change in Sintering Process  
by  $\gamma$ -Ray Transmission.

(Study on the method for increasing yield  
and strength of sinter—I)

Michihiko SHIMADA, Masashi MITSUTSUKA  
and Minoru YAMATE

I. 緒 言

焼結過程の密度変化を原料から焼結完了まで連続的に測定することは焼結過程の研究にとって重要である。 $\gamma$ 線やX線を使用すると、この測定が非接触、かつ、非破壊的に行える。今回、荷重焼結の荷重付加の効果を調べる目的で $^{60}\text{Co}$ の $\gamma$ 線を使用し、焼結過程中の原料の嵩比重の変化を連続測定した。

II. 測定原理

$\gamma$ 線のエネルギーが0.5~3 MeV ( $^{60}\text{Co}$ の $\gamma$ 線は1.17と1.33 MeV)の範囲では $\gamma$ 線の吸収は水素と高原子番号元素を除くとほとんど元素に無関係で物質の嵩比重だけに比例する。したがって、透過 $\gamma$ 線強度を測定すれば物質の嵩比重が求められる。よくコリメートされた単色 $\gamma$ 線が厚さ $x$ の物質を透過すると透過 $\gamma$ 線強度 $I$ は入射 $\gamma$ 線強度を $I_0$ 、物質の質量吸収係数を $\mu_m$ 、嵩比重を $\rho$ とすると次式で示される。

$$I = I_0 \exp(-\mu_m \cdot \rho \cdot x) \dots \dots \dots (1)$$

(1)式で焼結鉾の寸法 $x$ が一定であり、 $\mu_m$ も焼結原料についてはほぼ一定と見做せるから $K=1/\mu_m x$ とすると(1)式は、

$$\rho = K(\ln I_0 - \ln I) \dots \dots \dots (2)$$

したがって、 $I$ を測定すれば $\rho$ が求められる。しかし、散乱線も計数される場合とか、測定ごとに装置の幾何学的位置で変化する場合には(1)式は成立しないゆえ、被測定物の両側に散乱線を吸収するためのコリメーターを配置し、かつ、パルス波高分析回路で、ある高さ以下のパルス除去することによって散乱線を大部分除去し、その上、装置の幾何学的位置を常に一定に保つと、近似的に(1)式は成立する。

III. 実験装置および方法

実験装置の断面図を Fig. 1 に示す。コリメーターは

鋼製ブロックに横 25mm、高さ 10mm の孔を有している。焼結鉾は厚さ 15mm、内側寸法は底面 600mm×600mm、上面 615mm×615mm、深さ 400mm である。線源には $^{60}\text{Co}$ のワイヤー約 30 mc、検出器にはシンチレーションカウンター(NaI(Tl)の寸法は1"φ×1")を使用した。

この装置で(2)式が成立することを確認するため、鉾のかわりに内側 475mm×328mm×200mm(高さ)の木製の箱に各原料を装入し、箱の長さ方向に $\gamma$ 線を通して測定した。その結果を Fig. 2 に示すが、(2)式がほぼ成立することがわかった。

次に $\gamma$ 線ビームの中心から上下いくら位までに存在する装入物が計数値に関係するかを調べるため、 $\gamma$ 線ビームの中心から装入物上面までの距離と計数値の関係を求めた。その結果、ビームの中心から上下約 60mm 以内に存在する装入物が $\gamma$ 線の吸収に関係していることがわかった。

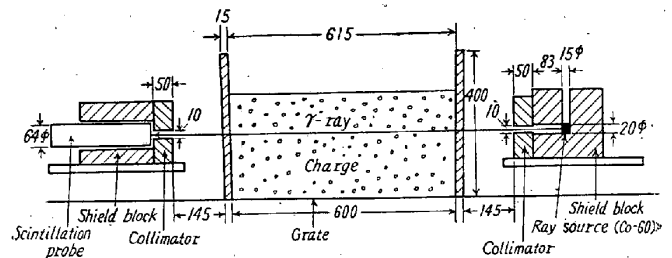


Fig. 1. Experimental apparatus.

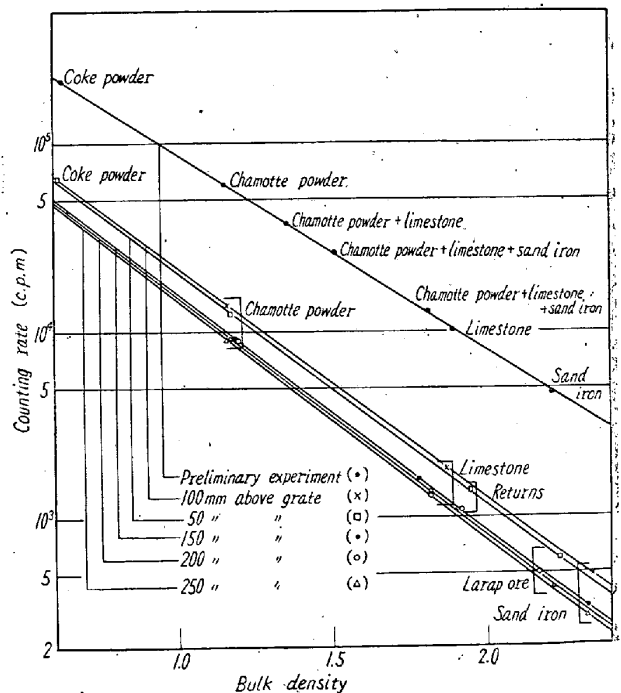


Fig. 2. Relation between counting rate and bulk density.

(2) 式の  $K$  と  $I_0$  を各測定レベル (グレート面から 50, 100, 150, 200, 250mm) について求めるため, 線源と検出器を各測定レベルに配置し, 鍋に嵩比重の異なる焼結原料をビーム中心の上下 100mm に装入し, 各々に関し計数率と嵩比重を測定した. その結果を Fig. 2 に示す. このグラフの直線が二つのグループに分かれているのは検出器のプロープを途中で取替えたためである. 各グループの直線の不一致は (1) 式の  $I_0$  の変化と鍋にテーパーがついているため (1) 式の  $x$  の変化によるもので, グレート面から 50mm と 100mm の相異は, 前述の理由のほか, 前者の測定のさいにはプロープの前面に熱遮蔽装置を配置していたためである. しかし, 同一測定レベルに関しては  $I_0$  も  $x$  も変化しないと見做せるから, 計数率から嵩比重を求めるために Fig. 2 の直線を使用しても誤差は小さい.

実際に焼結過程の嵩比重変化を追跡する実験においては, 装入終了から測定を開始し, 嵩比重変化の急激な間は 60 秒間, 点火前と燃焼後の比較的嵩比重変化の緩慢な間は 120 秒間計数し, 読み取りセットのため 5 秒間または 10 秒間計数を中止する方法で焼結完了まで連続測定した.

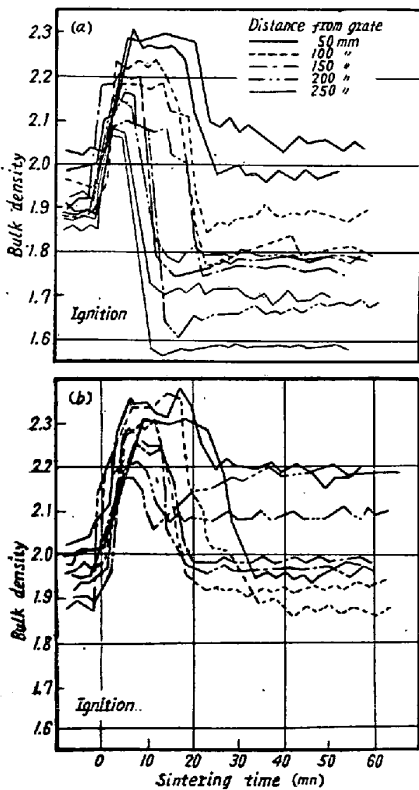


Fig. 3. (a): Change of bulk density in normal sintering process.  
(b): Change of bulk density in sintering process under load 200 g/cm<sup>2</sup>.

IV. 実験結果および考察

実験結果の一例を Fig. 3 (a) (b) に示す. このグラフは原料から焼結完了までの嵩比重変化を示している. すなわち, 原料の嵩比重は 1.9~2.0 で, 吸引し, 点火すると 2.3 前後になり, 燃焼するとふたたび嵩比重は小さくなる. このように  $\gamma$  線透過法を利用すると, 約 40 分間にわたる焼結過程における急激な嵩比重変化を確実に追跡することができる. 次に嵩比重測定の精度について考察すると, (1) 式から  $\rho$  を求める場合,

$$\rho = f(I_0, I, \mu_m, x) \dots\dots\dots (3)$$

とおくと,  $\rho$  の増分  $\Delta\rho$  の自乗は,

$$(\Delta\rho)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial I} \cdot \Delta I\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial I_0} \cdot \Delta I_0\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \mu_m} \cdot \Delta \mu_m\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x} \cdot \Delta x\right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

各測定レベルに関しては  $\Delta I_0$  と  $\Delta x$  を零と見做してよいから右辺第 2, 4 項を無視し, (1) 式を偏微分した値を (4) 式に代入し,

$$(\Delta\rho)^2 = \left(\frac{1}{\mu_m \cdot x} \cdot \frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\rho \cdot \frac{\Delta \mu_m}{\mu_m}\right)^2 \dots\dots (5)$$

原子核の崩壊に必然的に付随する誤差と回路素子の特性変化による誤差を総合し, 計数値の少い所で  $\Delta I/I$  を  $\pm 7\%$ , 水分の変動を  $\pm 5\%$ ,  $\rho$  を 2.0 と仮定して計算すると  $\Delta\rho/\rho$  は  $\pm 1.5\%$  となる. この値は仮定において十分大きな値を採用しているから, この実験の測定精度は相当に良いものと考えられる.

V. 結 言

$\gamma$  線透過法によつて焼結過程における嵩比重の急激な変化を非接触, かつ, 非破壊的に連続測定することができた.

(27) 荷重付加焼結法に関する研究

(焼結歩留および強度向上に関する研究—II)

八幡製鉄所技術研究所

石光章利・若山昌三・戸村聡吉・○沢村靖昌  
Applying Load in Sintering Operation.  
(Study on the method for increasing yield and strength of sinter—II)

Akitoshi ISHIMITSU, Shōzō WAKAYAMA,  
Sōkichi TOMURA and Yasumasa SAWAMURA

I. 結 言

下方吸気式の焼結法においては, シンターケーキ全体