

論 文

UDC 669.162.275.2 : 669.162.266.446 : 662.99 : 66.099.2

溶融高炉スラグの粒状化およびスラグ液滴の冷却

吉永真弓*・藤井孝一*²・重松達彦*²・仲田哲朗*³

Method of Dry Granulation and Solidification of Molten Blast Furnace Slag

Mayumi YOSHINAGA, Koichi FUJII, Tatsuhiko SHIGEMATSU, and Tetsuro NAKATA

Synopsis:

In order to develop the heat recovery process of the retained heat in molten blast furnace slag, several methods to granulate the molten slag and solidification of the molten slag granules were investigated.

The developed method of dry granulation by collision of molten slag with a plate has several advantages as (1) low power consumption for granulation, (2) low heat loss during granulation, and (3) relatively short range of dispersion of the slag granules.

A slag granule of 5 mm in diameter kept in the air flow is cooled at a rate of about 100 °C/sec in high temperature range and solidifies at a temperature of about 850°C. This means that it takes about 5 seconds to solidify a molten slag granule at a temperature of 1350°C. To accelerate the cooling rate and avoid mutual adhesion of slag granules, it is found to be effective to cool and solidify the slag granules by mixing with powder used as a cooling medium.

1. 緒 言

わが国における鉄鋼業のエネルギー消費量は総エネルギー消費量の 17~18% に達するが、一貫製鉄所においては投入したエネルギーの約 40% を損失エネルギーとして失っている¹⁾。損失エネルギーとしては、諸設備の冷却水、加熱炉および均熱炉の排ガス、スラブ、高炉スラグ、転炉スラグなどの保有する顕熱がある。このなかで、高炉スラグおよび転炉スラグは、スラグの発生量が多いことに加えて排出温度が高く保有熱量が大きい特徴を持っている。たとえば、高炉スラグはわが国では年間約 3 千万 t 発生し、1400~1450°C で高炉から排出されるときにはスラグ 1 t あたりおよそ 40 万 kcal の熱を保有している。したがって、この保有熱の回収技術の開発については、各方面から注目されている。

しかしながら、スラグは熱伝導率が低く 1~2 kcal/m·h·°C²⁾ のために、その保有熱を回収しにくく、種々の試み³⁾⁴⁾ にもかかわらずまだ熱回収技術は確立されていない。

またコンクリート用細骨材としては、川砂、海砂が用いられているが、川砂は環境破壊の問題から採取が制限されており、海砂にはコンクリートに有害な塩分が含まれているため良質な砂が逼迫して来ている。これに対し高炉スラグから製造される人工砂は、コンクリート用細骨材として十分な性能を持つことがよく知られている^{5)~7)}。

以上の点を考慮し、本研究では高炉スラグの保有熱をすみやかにかつ効率良く回収するとともに冷却後のスラグは人工砂として利用可能なプロセスを開発することを前提とし、つぎの 4 つの基本条件を設定した。

- イ) 溶融スラグを粒状化する。
- ロ) 粒状化のさいのスラグ保有熱の損失および粒状化のために外部から加えるエネルギーを極力小さくする。
- ハ) 粒状化後のスラグ液滴および固化後のスラグ粒の両者から効率良くかつ極力高温の熱を回収する。
- ニ) 冷却後のスラグはコンクリート用細骨材として利用可能な性能を持つ。

昭和 54 年 4 月本会講演大会にて発表 昭和 55 年 8 月 11 日受付 (Received Aug. 11, 1980)

* 住友金属工業(株)中央技術研究所波崎研究センター 理博 (Hasaki Research Center, Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

*² 住友金属工業(株)中央技術研究所波崎研究センター (Hasaki Research Center, Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 16 Sunayama Hasakimachi Kashima 314-02)

*³ 石川島播磨重工業(株)技術研究所 工博 (Research Laboratory, Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.)

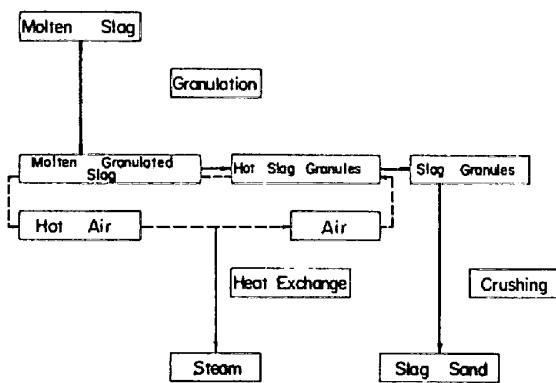


Fig. 1. Schematic diagram of the heat recovery process of slag.

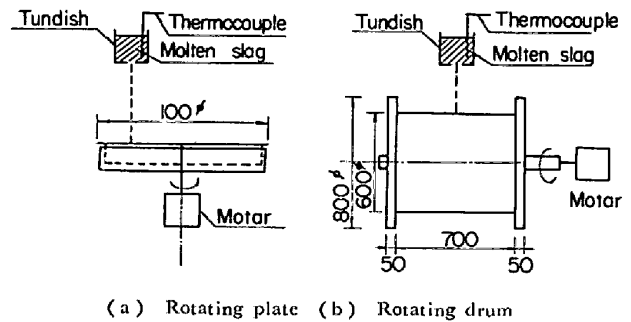
従来の研究結果にはイ)～ニ)を充たす方法は見当たらない。筆者らは、上記の条件を充たすプロセスのフローとして Fig. 1 を想定した。Fig. 1 のうち、熔融スラグの粒状化ならびにスラグ液滴の冷却および熱回収については、ほとんど未開拓な分野であり、スラグの熱回収を実現する上では、解決を要するもつとも基本的な問題点である。本報告ではこれらの問題のうちとくに熔融スラグの粒状化方法およびスラグ液滴の冷却特性に検討を加えた。

2. 熔融スラグの粒状化方法

液体の粒状化方法としては、回転体の遠心力を利用する回転円板法⁹⁾およびフィン付回転ドラム法⁹⁾、高压の流体の噴出流を利用する風砕法⁹⁾および水砕法⁹⁾などがある。粒状化スラグから熱回収することを前提とした場合には、緒言で記した条件ロ)に加えて、スラグ粒の捕集ならびに熱回収が容易なように、スラグ粒の飛散範囲が極力せまいことが要求される。したがって、上記の粒状化方法はいずれもこれらの条件を満足するものではなかった。筆者らは、これらの粒状化方法のなかでも、比較的適用容易と判断された回転円板法をベースにいくつかの考案を加え、熱回収プロセスに利用可能な粒状化方法を選定し、粒状化におよぼす諸要因の影響を明らかにした。

2.1 実験方法

実験装置を Fig. 2 に示す。Fig. 2 (a)は回転円板、(b)は回転ドラムによる粒状化装置である。実験のさいには、タンマン炉で溶解した高炉スラグ約 2 kg をタンディッシュに注ぎ、タンディッシュ底部に取りつけた径 9~14 mm のノズルを介して流下し、回転状態の円板またはドラムに衝突させた。熔融スラグの落差は 0.3~2 m、円板またはドラムの回転数は 83~310 r. p. m、円板およびドラムのスラグとの衝突面は、パフ研磨仕上げ



(a) Rotating plate (b) Rotating drum
Fig. 2. Test apparatus for granulation of molten slag.

またはクロムめつき仕上げとした。また粒状化処理中には、普通写真撮影のほかに高速度写真撮影により粒状化状況を観察した。さらに粒状化後のスラグ液滴を、落下位置に配置した容器内の黒鉛粉末中で固化させスラグ粒の粒度構成調査に供した。

2.2 実験結果

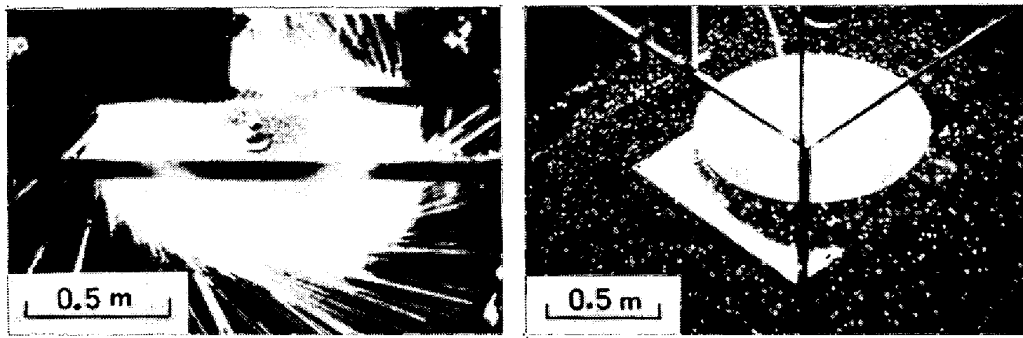
2.2.1 衝突面と粒状化効果の関係

Photo. 1 に回転円板による粒状化の例として 2 つの典型的な粒状化状況を示す。Photo. 1 (a)は円板表面に融着し、固化したスラグの上に流下してきた熔融スラグが回転円板の遠心力で引きちぎられて粒状化している例である。この粒状化法は、イ) スラグ粒の飛散範囲が大、ロ) 繊維状のスラグが発生する、ハ) 円板に融着したスラグのはく離による塊が発生するなどの点から、熱回収プロセスに利用できる粒状化法とは言いがたい。Photo. 1 (b)は、円板に衝突した熔融スラグが、円板に融着することなく跳ね反り粒状化されている例である。この粒状化は、後述のように円板の回転エネルギーによるのではなく、熔融スラグが円板に衝突するさいの運動エネルギーによるものであり、つぎのようないくつかの特徴が推察された。

- イ) スラグが衝突面と接触する時間が短く、スラグの温度低下が小さい。
- ロ) スラグの運動エネルギーによつて粒状化されるので粒状化のために外部から加えるエネルギーが少ない。
- ハ) スラグ粒の飛散範囲がせまいため、スラグ粒の捕集熱回収が容易。
- ニ) 繊維状スラグの発生がほとんどなく、粒の形状がよい。

これらの理由から、Photo. 1 (b)の粒状化法は、熱回収プロセスにもつとも適した方法であると考えられる。

Photo. 1 (a)と(b)の衝突面の相違は次のとおりである。(a)の円板表面は、鋼板をパフ研磨仕上げしたものであり、(b)は円板表面に、油を薄く塗布してある。



(a) Plate without oil
(b) Plate coated with oil
Photo. 1. Appearance of the granulation of blast furnace slag by collision of molten slag with a rotating plate.

(a)はスラグと円板の間に焼付現象が起こっていると推定されるのに対し、(b)はスラグと円板に濡れ性がないために、スラグが円板表面を滑り焼付現象を起こしていないものと考えられる。円板表面の塗布剤は油以外のものでもよく、ペンキ、水なども同様な効果を持つことが認められた。また、Fig. 1 (b)に示す回転ドラムを用いた場合でも、ドラム表面塗布剤と粒状化効果の関係は、回転円板の場合と同様であった。

以下 Photo. 1 (b) の粒状化方法を対象に詳細な検討を加えた。なお粒状化のメカニズムについては、2・3で考察する。

2・2・2 粒度構成、飛行速度と粒状化条件の関係

粒状化されたスラグ粒の保有熱をすみやかに回収するためには、スラグ粒の径は小さい方が望ましい。また、コンパクトな設備で効率よく熱回収するためには、スラグ粒の飛散範囲はせまい方がよい。そこで粒状化条件とスラグ粒の粒度構成、および飛散分布の関係について調査した。なお以後の実験では、主として Fig. 1 (b) に示した回転ドラムを用いて粒状化を行った。

回転ドラムの前方で、ドラム頂点のスラグ衝突部より1 m下に配置した黒鉛粉末中で固化させたスラグ粉の外観を Photo. 2 に示す。スラグ粒はほぼ球型となっており、粒状化後黒鉛粉末中に落下するまでの間に溶融スラグの表面張力により球形化することを示唆している。また、粒の大きさは、Photo. 2 に示されているようにほとんどの場合 1 mm~10 mm の範囲であった。

(1) 平均粒径

粒状化後のスラグ粒の大きさに対しては、回転ドラム等への溶融スラグ流の衝突速度、スラグ流量、表面張力および粘性などのスラグの物性が影響をおよぼすと考えタンディッシュ~回転ドラム間の溶融スラグの落差、溶融スラグ温度の影響を調査した。

溶融スラグの落差とスラグ粒の平均粒径の関係を求め

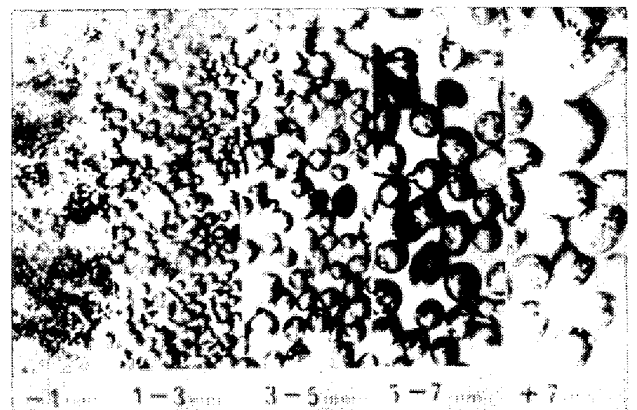


Photo. 2. Appearance of granulated blast furnace slag.

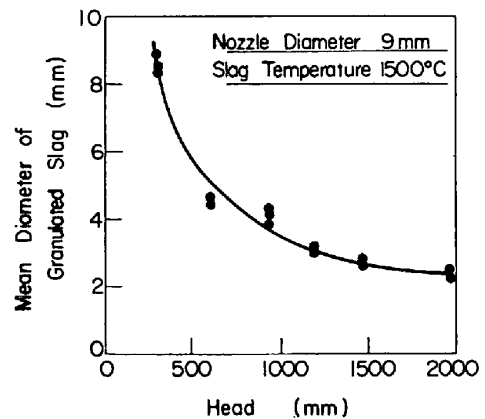


Fig. 3 Relation between mean diameter of granulated slag and head of slag.

た結果を Fig. 3 に示す。

ただし、平均粒径は次の計算式によって求めた。

$$\text{平均粒径} = \sum_i f_i \times \frac{D_{(i+1)} + D_i}{2}$$

D_i : i 番目の篩の目の開き

f_i : i 番目の篩に残り $i+1$ 番目の篩を通過したスラグの重量割合

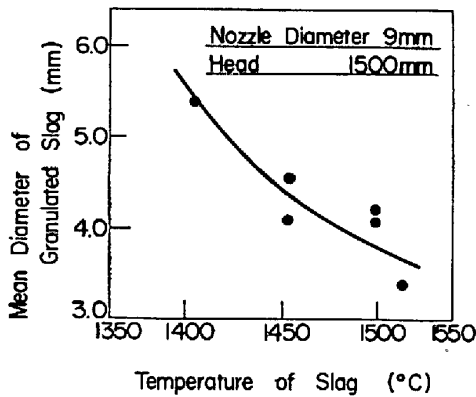


Fig. 4. Relation between mean diameter of granulated slag and temperature of slag.

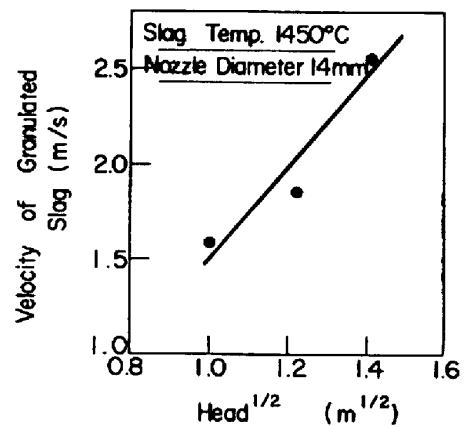


Fig. 5. Relation between velocity of granulated slag and head of slag.

落差の増加とともに平均粒径が減少する傾向があるが落差 1000 mm 以内での変化がとくに著しい。しかし落差 1500 mm 以上になると、平均粒径の低下傾向は小さくなる。熱回収の面から判断すると、落差を大きくとり平均粒径を小さくする条件が望ましいが、実用的には落差 2000 mm 程度でよいと推定される。

Fig. 4 は粒状化前の熔融スラグ温度と平均粒径の関係を調査した結果である。スラグ温度の上昇とともに平均粒径は小さくなる傾向がある。

(2) 飛散方向および飛行速度

回転ドラムの頂点部または円板に衝突し粒状化されたスラグ液滴は、衝突点を中心として水平にあらゆる方向に飛び出す。回転ドラムの頂部に熔融スラグを衝突させドラムの回転方向前方と後方の位置に落下したスラグ粒の比率を調査した結果、前方は 59%、後方は 41%であった。スラグ粒の飛散方向に対するドラムの回転の影響は小さい。その理由としては、粒状化を図るために衝突面に塗布した油等が衝突面と熔融スラグの間の摩擦を無視できる程度に小さくしているためと考えられる。なおドラムの回転方向前方に落下したスラグ粒の割合の方が若干高いのは、Fig. 2 に示した回転ドラム両サイドのフランジに当たったスラグ粒が回転方向前方に落下したためと推定される。

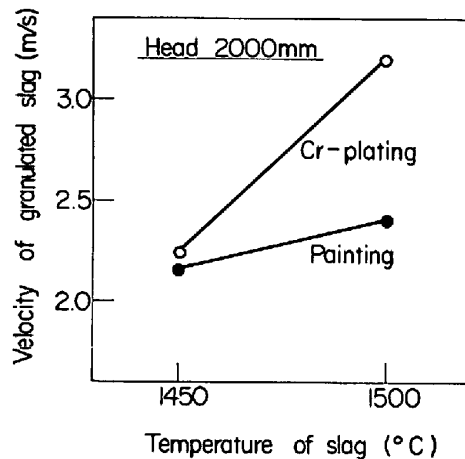


Fig. 6. Effect of temperature of slag on velocity of granulated slag.

熔融スラグのドラムへの衝突点とスラグ粒の落下粒置の関係から、粒状化直後の水平方向の飛行速度を算出し粒状化条件との関係を調査した結果を Fig. 5 に示す。飛行速度は熔融スラグの落差の平方根にほぼ比例することが明らかであり、熔融スラグの粒状化が衝突前のスラグの運動エネルギーに依存していることを示唆している。

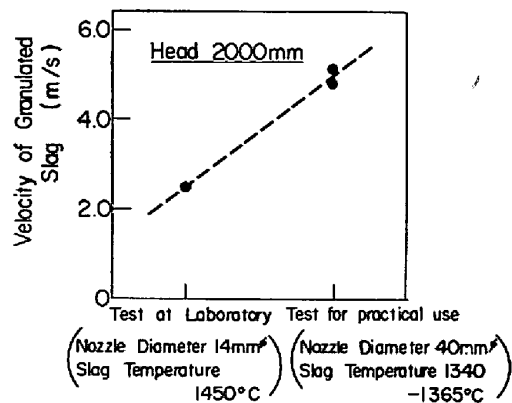


Fig. 7. Effect of nozzle diameter on velocity of granulated slag.

Fig. 6 はスラグ温度と飛行速度の関係を調査した結果である。スラグ温度が高いほど飛行速度は大となる傾向がある。また衝突面の仕上げによつて速度に差が見られ

るがその原因は明らかでない。温度の上昇とともに飛行速度が大となる理由としては、温度が高いほどスラグの粘性、表面張力が小さく、粒状化のさいのエネルギーロスが小さくなるためと考えられる。

熔融スラグ流量と飛行速度の関係を調査した結果を

Fig. 7 に示す. ノズル粒 40 mm (スラグ流量約 300 kg/min) の場合には, ノズル径 14 mm (同約 20 kg/min) に比べ約 2 倍の飛行速度になっている. その理由については, 2・3 で考察する.

工業化設備を想定し, 粒状化処理前のスラグ温度 1350 ~ 1400°C, スラグ流量 30 t/h と仮定すると, 水平方向の飛行速度は比較的小さく 5m/s 程度となるため, 熱回収を行なうためのスラグ粒の捕集は容易であると考えられる.

2・3 粒状化機構に関する考察

油を塗布した回転円板上に溶融スラグ流を衝突させた場合の衝突点近傍の高速度写真を Photo. 3 に示す. 衝突面に垂直に流下したスラグ流は, 衝突面で 90°向きを変え衝突面に沿うようにリング状に半径方向に拡がっていく過程を認めることができる. 衝突面より上方への跳ね上がりが起こらないのは, 溶融状態のスラグの弾性が小さいためと考えられる. またリングの拡がりに対して, 回転円板の回転の影響がないのは, 油によつて溶融スラグと円板との間の摩擦が無視できる程度に小さくなっているためと推察される.

このような点を考慮し, 粒状化過程を Fig. 8 のように推定した. (1)溶融スラグの断続流が円板に衝突する場合には, (2)スラグは水平方向に拡がり円板を形成し (3)さらに拡がる過程でリング状に変化し, (4)リング

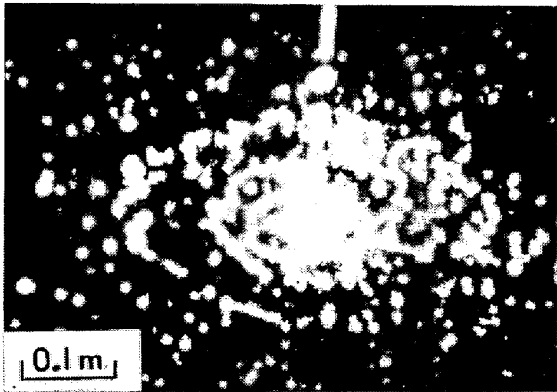


Photo. 3. High speed photograph at the time of collision of molten blast furnace slag with a rotating plate.

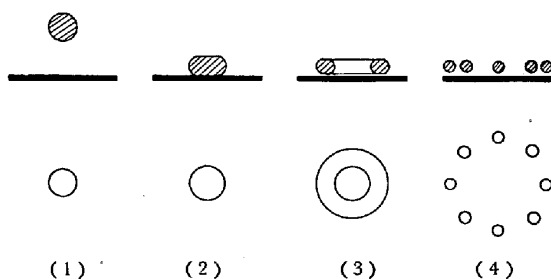


Fig. 8. Schematic diagram of the granulation of molten slag by collision.

が拡大して分断されてスラグ液滴が生じる.

一方, 連続した溶融スラグ流の場合にはリングが形成されず, 溶融スラグの粒状化は Photo. 3 と異なる可能性がある. この点を明らかにするために, スラグ流量30 t/h の場合の粒状化状況を高速度写真で観察した. その結果は Photo. 4 に示すとおりであり, Photo. 3 とほぼ同様な粒状化過程をとることが分かった. この理由としては, 約 2 m の落差を与えているために, 流下する溶融スラグに脈動が生じ, 衝突により増幅され Fig. 9 に示すような経過で粒状化されるためと推定される.

したがつて, 衝突による粒状化の Driving Force はおもに衝突前に溶融スラグが持つている運動エネルギーと見なすことができる. このような前提のもとに 2, 3 の検討を加えた.

衝突前後で次のエネルギー保存式が成立すると仮定する.

$$U_1 + S_1 = U_2 + S_2 + \Delta U \dots\dots\dots (1)$$

U : スラグの運動エネルギー

S : スラグの全表面エネルギー

ΔU : スラグのエネルギーロス

1 : 衝突前

2 : 衝突後

ここで, U_1 はスラグ流の衝突直前の運動エネルギー, S_1

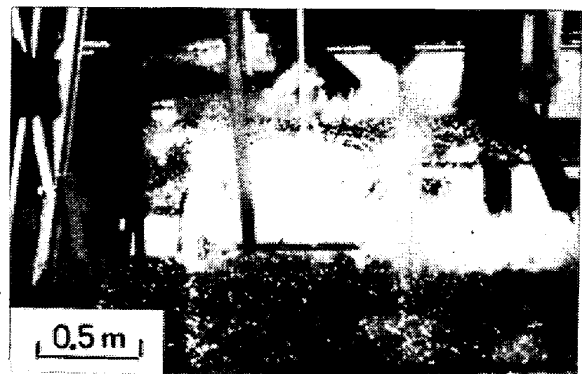


Photo. 4. Appearance of the granulation of molten blast furnace slag poured at a rate of 30 t/h.

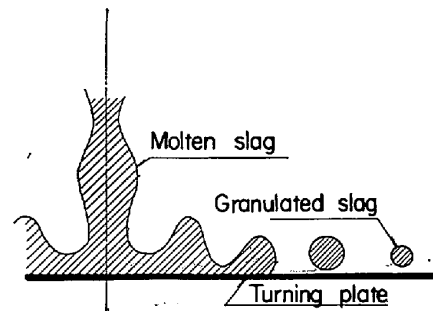


Fig. 9. Schematic diagram of the granulation of molten slag by collision.

なわちスラグ流の落差 (H とする) にほぼ比例する値である。 U_2 は衝突直後のスラグ粒が持つ運動エネルギーであり、 S_1 、 S_2 はおのおのスラグ流、スラグ粒の表面エネルギーを示している。 Fig. 5 に示すとおり飛行速度はスラグ流の落差の平方根に比例するため U_2 は U_1 あるいは $H^{1/2}$ に比例する。エネルギーロス ΔU に対しては、粒状化を妨げる作用のあるスラグの粘性、熔融スラグと衝突面の摩擦係数、熔融スラグの落差 H などの影響が考えられる。スラグ流およびスラグ粒の平均径を D_1 、 D_2 とすると (1) 式は次のように変形できる。

$$1/D_2 - 1/D_1 = \alpha H - \Delta U \dots\dots\dots (2)$$

さらに上述のスラグの粘性あるいは衝突面の摩擦係数などが一定と仮定すると、 ΔU も H に比例すると見なすことができるので (3) 式のように表される。

$$1/D_2 - 1/D_1 = \beta H \dots\dots\dots (3)$$

すなわち、熔融スラグの条件 (表面張力、粘性) が一定であれば $1/D_1$ 、 β は一定となるためスラグ粒の平均径 D_2 の逆数 $1/D_2$ はスラグ流の落差 H に比例することになる。 Fig. 10 に示すとおりスラグ流の落差 H とスラグ粒の平均径の逆数 $1/D_2$ の間により比例関係が見られ、 (2) 式さらに (1) 式が成立していることを裏付けている。

さらに表面張力、粘性、流量などのスラグの条件の影響について考察すると次のとおりである。表面張力については、スラグ温度、化学組成等の影響が比較的に小さいため粒状化への影響も少ないと考えられる。粘性は、 1450°C で 3 poise、 1400°C で 6 poise¹⁰⁾¹¹⁾ というように温度の低下とともに著しく上昇する傾向がある。粘性が高ければ、 Fig. 8、 Fig. 9 で示した粒状化過程で熔融スラグが拡がるさいの抵抗が大となりエネルギーロスが大きくなる。すなわち (2) 式において、熔融スラグの温

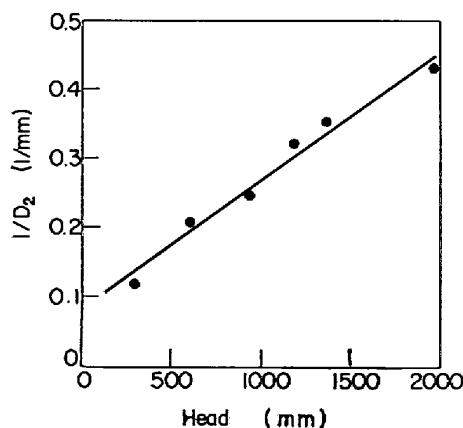


Fig. 10. Relation between mean diameter of slag (D_2) and head of slag.

度が低い場合には ΔU が大となり、それにともなつてスラグ粒の平均径は大きくなる関係がある。 Fig. 4 には、スラグ粒の平均径がスラグ温度の低下とともに大きくなる傾向があることを示したが、上述の粒状化へのスラグ温度の影響についての考察と定性的に一致している。

またスラグ粒の飛散速度が、 Fig. 7 に示したようにスラグ流量が多いほど大きくなる理由については次のように考えられる。スラグ流量が多い場合には、衝突前のスラグ流および粒状化の過程でのスラグの温度降下が小さく粘性の上昇が少ない。そのために粒状化の際のエネルギーロス ΔU が小さく、スラグ粒の速度 U_2 が大になる。なおこの場合、スラグ粒の速度が大となる代わりに、スラグ粒の径が小さくなる現象も起こり得るが、実験では明瞭な相違が認められなかつた。そのために速度の相違となつて現れたものと推察される。

以上のように、熔融スラグとの摩擦のない面への衝突による熔融スラグの粒状化は、 (1) 式で示されるように衝突前のスラグ流の持つ運動エネルギーによつてことがほぼ明らかになつた。

3. スラグ液滴の冷却、固化

粒状化直後のスラグ粒は熔融状態を保つており、そのまま捕集すると粒が相互に融着する性質がある。このスラグ液滴の保有熱を回収する方法としては、2つの方法が考えられる。スラグ液滴を固化させた後のスラグ粒から熱回収する方法と液滴の状態から固化後まで熱回収する方法である。スラグ液滴の固化温度が高かつすみやかに固化させられれば前者を採用できるが、固化温度が低ければ後者が有利となる。いずれにしても、スラグ液滴の冷却速度および固化温度等の冷却時の熱的特性を把握することが先決であり、その結果をもとに熱回収に結びつけられるスラグ液滴の捕集方法を探る必要がある。これらの点については、従来調査結果がなかつたため、実験および熱計算によつて検討した。

3-1 実験方法

スラグ液滴の冷却速度および固化温度の測定には、 Fig. 11 および Fig. 12 の図中に示すようなスラグ粒中心部に Pr 13 熱電対を挿入した試料を用いた。熱電対挿入スラグ粒はるつぽで溶解したスラグ中に熱電対先端を浸漬して引き上げることを繰り返す、スラグ粒を成長させる方法によつて作製した。スラグ液滴の冷却速度測定の場合には、この熱電対挿入スラグ粒をエレマ炉で加熱し熔融状態の所定温度に保持した後、すみやかに炉外に取り出し所定の冷却条件下での温度変化を測定した。また固化温度測定の場合には、同様な方法で熔融さ

せ炉外に取り出したスラグ粒を所定の温度まで冷却後、スラグ粒に荷重をかけ変形度を測定した。

3.2 実験結果

3.2.1 スラグ液滴の固化温度

径 5 mm 前後のスラグ液滴を大気中で冷却した場合、冷却速度が速いため固化後の組織は非晶質となり、熱分析による固化点測定は困難であった。1400°C に保持して熔融させた熱電対挿入スラグ粒を所定温度まで冷却し、荷重をかけて変形度を調査した結果を Fig. 11 に示す。スラグ粒温度 1000°C 以上では変形度が大きく固化していないことを示しているが、1000°C 以下では変形度が著しく減少し、850°C 以下ではほとんど変形しない。したがって、非晶質として固化する場合の高炉スラグの固化温度は 850°C 程度と見なされる。

3.2.2 スラグ液滴の冷却速度

径 5 mm のスラグ液滴を空気により強制冷却した場合の冷却速度を 3.1 に記した方法によつて測定した。その結果および下記の条件で計算によつて求めた冷却速度を Fig. 12 に示す。

- スラグ粒径 5 mm φ
- スラグ熱伝導率 20 kcal/m·h·°C
- 表面の熱伝達率 141 kcal/m²·h·°C

測定値と計算値のオーダーはほぼ一致しており、冷却速度としてはほぼ正しい値が得られていると判断される。空気による強制冷却の場合、スラグ液滴の冷却速度は、80~100°C/s となっている。1300°C のスラグ液滴が 850°C で固化することを想定すると、固化に要する時間は約 5 s、水平方向の飛行距離は飛行速度を 5 m/s と仮定すると約 25 m、垂直方向の落下距離は約 70 m に達する。スラグ液滴を固化するとともに熱回収を行うための熱媒体としては、空気をもつとも利用しやすいが、上述の結果から空気のみによる冷却、熱回収は、大型の設備が必要となるため非現実的と考えられる。

3.2.3 冷却媒体を用いたスラグ液滴の固化

スラグ液滴の固化を促進するためには、熱伝達率を高くし抜熱速度を大きくしなければならない。その方法として、空気と粉末状の固体冷媒を併用する方法がある。具体的には空気によつて流動化された固体冷媒中にスラグ液滴を落下させる方法が考えられる。このような流動層方式の場合、流動層温度 700°C、スラグ粒径 5 mm、冷媒は径 2 mm 以下のスラグ粉、スラグの比重 3000 kg/m³、スラグの比熱 0.27 kcal/kg·°C、Umf=0.5 m/s、流動化風速 1 m/s とし吉田等の求めた実験式¹²⁾を用い流動層の熱伝達率を計算すると 270 kcal/m²·h·°C 程度の値が得られる。この熱伝達率を用いて、径 5 mm、温度

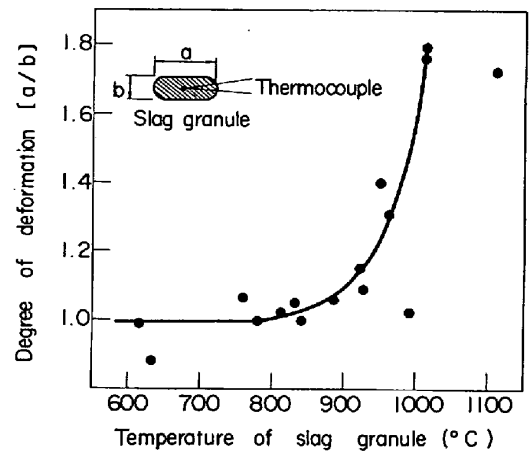


Fig. 11. Softening point of slag.

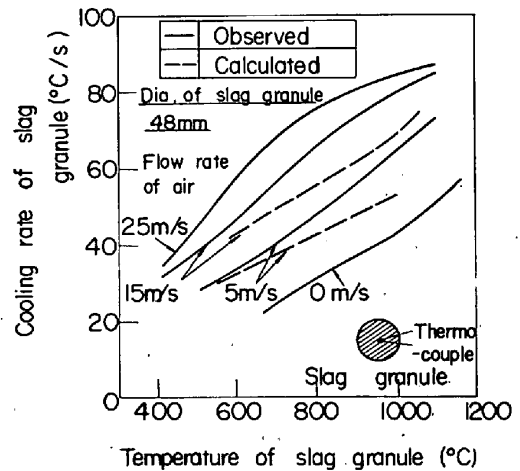


Fig. 12. Cooling rate of slag granule.

1300°C のスラグ液滴の流動層内での時間-温度曲線を求めると Fig. 13 のとおりである。固化に要する時間は 3 s 程度であり、空気の場合に比べて著しく短縮されることが明らかである。また、Fig. 13 では、スラグ液滴表面への冷媒の融着を考慮していないが、冷媒の融着が起こる場合にはさらに熱伝達率が高くなると推定される。

粉末状の冷媒を用いてスラグ液滴を冷却した場合のスラグ粒の性状を調査するために、粒度 1 mm 以下の高炉スラグ粉中にスラグ液滴を落下し固化させた。スラグ粒表面には冷媒の融着が認められた。Photo. 5 にスラグ粒断面の表層部の組織を示す。内部は、結晶が多く冷却速度が遅かったことが推定されるのに対し表層部の冷媒が融着した部分は結晶が少なく急冷されたことが裏付けられており、冷媒の冷却効果が現れている。

流動層方式については、次の利点が考えられる。すなわち、1) 空気によつて流動化された冷媒中にスラグ液滴を捕集するために液滴の相互融着が防止できる可能性

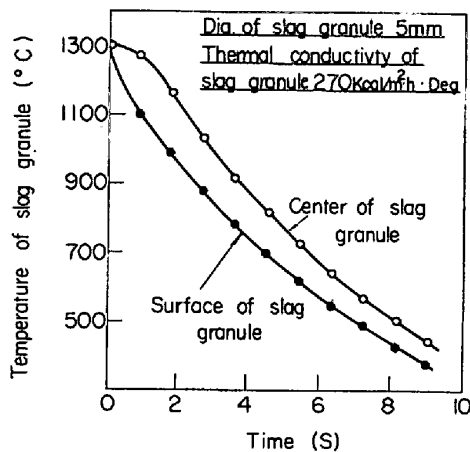
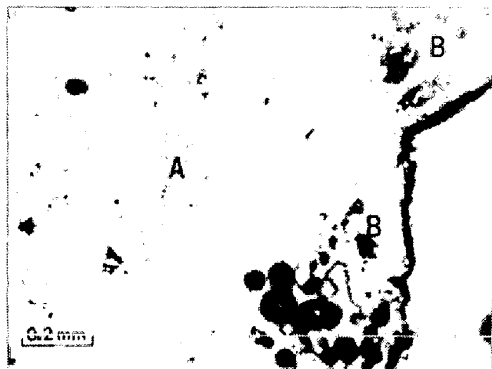


Fig. 13. Cooling curve of slag granule in fluidized bed.



A : Crystal B : Slag powder

Photo. 5. Cross section near the surface of a slag granule solidified by mixing with slag powder.

があること、2) 捕集に要するスペースを小さくできる可能性があること、3) 空気のみによる冷却法に比べて必要な空気量を少なくできる可能性があること、4) スラグ液滴が流動層に落下した時点から熱回収が可能なことといった諸点であり、別報で詳しい検討結果を報告する予定である。

4. ま と め

熔融高炉スラグ保有熱回収技術開発の一環として、熔融スラグの粒状化方法および粒状化されたスラグ液滴の冷却特性について検討しつぎの結論を得た。

(1) 熔融スラグの粒状化は、スラグ流を回転円板等に衝突させる方法によつて可能。ただし衝突面に油等をコーティングしスラグと衝突面の濡れ性を絶つことが必

要である。この場合の粒状化エネルギーは、スラグ流の運動エネルギーであることを確認した。

(2) 粒状化されたスラグの形状はほぼ球形で、径はスラグ流の落差の逆数に比例し、落差 2 m の場合平均 5 mm 程度である。

(3) 粒状化スラグは、衝突面の回転の影響をほとんど受けず衝突点を中心として全周に飛散する。水平方向の飛行速度は、スラグ流の落差の平方根に比例し落差 2 m の場合約 5 m/s である。

(4) 粒状化後のスラグ液滴は、約 850°C で固化する。粒状化後固化するまでの径 5 mm のスラグ液滴の大気中における冷却速度は 80~100°C/s である。

(5) スラグ液滴は、スラグ粉等の冷却媒体を突気で流動化した流動層で捕集すると、スラグ液滴相互の融着を起こさせずに大気中より速く冷却固化させることが可能と考えられる。

最後に本研究の遂行にあたり、終始御指導いただいた住友金属工業(株)本社技師長田上豊助博士、同中央技術研究所副所長白岩俊男博士、石川島播磨重工業(株)顧問田知本一男氏、同技術研究所技師長氏家信久博士に心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) 片田 中: 鉄と鋼, 64 (1978) 13, p. 1827
- 2) 播木道春: 私信
- 3) 舟之川洋, 田口喜代美, 尾関昭矢, 小野繁幸, 佐藤亘男, 白田達郎: 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S 143
- 4) 前田友夫, 小西二郎, 貝原孝明, 小川紀一郎, 中原崇文, 市村重勝: 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S 145
- 5) 早川宏一, 遠藤修弘, 永瀬敏郎: 第 33 回セメント技術大会講演要旨, (1979), p. 110
- 6) 依田彰彦, 横室 隆, 納見忠雄, 大平光洋: 第33回セメント技術大会講演要旨, (1979), p. 112
- 7) 大野正憲, 藤井 優: 名古屋市工業研究所研究報告, (1979) 59, p. 9
- 8) 日本粉体工業会編: 造粒便覧, (1975), p. 225 [オーム社]
- 9) R. JABLIN: Iron Steel Eng. (1971), p. 58
- 10) E. H. O. PETERSEN: Stahl u. Eisen, 59 (1939) 23, p. 677
- 11) 小坂岑雄, 蓑輪 晋: 鉄と鋼, 52 (1966) 7, p. 1039
- 12) 吉田俊二, 白井 隆, 吉留 浩, 北條公三, 庄司喜彦, 田中重之: 化学工学, 29 (1965) 11, p. 880