

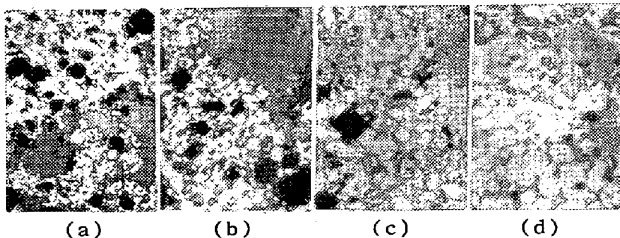
(Fig. 2 b), 空気送風ではすべてヘマタイト (Fig. 2 c) が形成されているが, マグネタイトは比較的大きい塊状結晶として, ヘマタイトは相互につながり合う細粒の結晶として現われている。

マグネタイトと酸化第二鉄を混じたものは, アルゴン気流中ではやや多量のマグネタイトとヘマタイト (Fig. 2 d), 空気送風では大量のヘマタイトと少量のマグネタイト (Fig. 2 e) が形成されているが, マグネタイトおよびヘマタイトの現出状態は上の場合と同様である。

(3) 酸化第二鉄とスラグおよびマグネタイトとスラグを混じた場合

使用したスラグは 1150°C の融点をもつように調整したので 1200°C の実験温度で十分熔解し, 熔融したスラグの中でマグネタイトとヘマタイトの結晶成長が行われている。したがって, ここではスラグのなかでの再結晶性が比較される。

ヘマタイトはスラグの中での結晶成長力はきわめて小さく, 1200°C 1 h の加熱では微小粒として現われる程度である (Fig. 3 a). 加熱時間が長くなると結晶粒は幾分大きく発達する (Fig. 3 b). これに対してマグネタイトのスラグ中での結晶成長は良好であり, ヘマタイトに比べると結晶はかなり大きく発達する (Fig. 3 c). 2 h の加熱では結晶はさらに大きくなり形も次第に自形に近づく (Fig. 3 d).



(a) ferric oxide and slag 1200°C 1h air
(b) ferric oxide and slag 1200°C 2h air
(c) magnetite and slag 1200°C 1h argon gas
(d) magnetite and slag 1200°C 2h argon gas

Fig. 3. Microstructures of recrystallization III.
×200 (2/5)

IV. 結 言

以上の基礎実験によつてヘマタイトとマグネタイトの再結晶性が比較された。すなわちヘマタイトとマグネタイトの再結晶性には明らかな差があり, 単独の結晶成長はヘマタイトよりもマグネタイトの方が良好で大きい結晶を作る。しかしヘマタイトでは個々の結晶は小さく結晶相互のつながり合いは広範囲かつ良好に行われる。

この傾向はスラグの中での再結晶の場合にも近似的に成立する。しかしこの場合にはスラグが結晶を埋め込む

ので結晶同志のつながり合いは見られない。

焼結過程では上に述べた 3 種の型の再結晶化が行われるが, (1) および (2) で見られた結合はいわゆる拡散的結合と称せられ, 低融点スラグ成分を欠く場合などに見られる結合型である。また (3) は石灰焼結鉱などに広く現われるスラグ結合の型である。

焼結過程では雰囲気は還元性から酸化性まで広く変化するので, 結合型と強度との関係が明らかになれば, 雰囲気の調整により望ましい結合型を得ることもある程度は可能であろう。また鉱石銘柄および粒度によりその再結晶性が若干異なることが予想されるので, これらについてはつぎの段階で解明を行う予定である。

文 献

- 1) E. Cohen, M. Sc.: J.I.S.I., 175 (1953) Oct.

(26) 焼結鉱クーリングピンの冷却特性に関する検討

富士製鉄, 釜石製鉄所, 焼結課

青柳良佐・斎藤慶久・○太田 燮・渡辺光男
Studies of Characteristics of a Cooling Bin for Sintered Ore.

Riyosuke Aoyagi, Yoshihisa Saitō,
Susumu Ōta, Mitsuo Watanabe.

I. 結 言

釜石製鉄所第 2 焼結工場は昭和 31 年に大改造され新 G 式工場としてその後順調な操業を続け優良焼結鉱を熔鉱炉に供給し製鉄作業の向上に多大の貢献を果している。当工場は独得の構造を有するクーリングピンを設備しており, 従来の水冷式から空冷式に面目を一新している。Fig. 1 はこのクーリングピンの概要図を示したものであり, 上部中央から焼結鉱を装入し, 下部切出テーブルより冷却された焼結鉱を排出している。冷却用空気は焼結鉱切出口より侵入し降下してくる焼結鉱を冷却して上部 2 カ所の出口より排気される構造となつている。

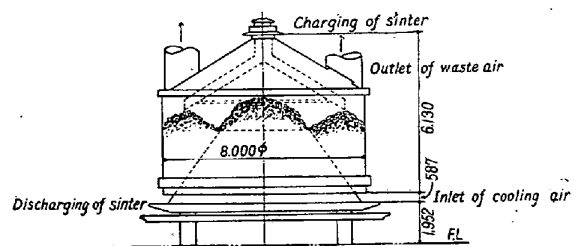


Fig. 1. Structure of the cooling bin installed at Kamaishi No. 2 sintering plant.

Table 1. Results obtained from factory experiments.

Measured terms		Temp. of charged sinter	Mean temp. of discharged sinter	Surface temp. of discharged sinter	Temp. of cold air	Temp. of waste air	Temp. of cooling water	Temp. of waste water	Cooling-air volume	Staying time in cooling bin	Traveling time
Symbol		$T_s(2)^\circ\text{C}$	$T_s(1)^\circ\text{C}$	$T_s'(1)^\circ\text{C}$	$T_A(1)^\circ\text{C}$	$T_A(2)^\circ\text{C}$	$T_w(1)^\circ\text{C}$	$T_w(2)^\circ\text{C}$	$\frac{m}{\text{Nm}^3/\text{mn}}$	z mn	T mn
Exp. No.											
1	M_1S_1	676	132	54	20.8	185	11.8	27.5	Levels	Levels	Levels
2	M_2S_3	714	162	72	17.7	180	11.8	27.5	M_1 2740	S_1 70	S_1 66
3	M_3S_1	575	152	55	20.0	223	12.0	25.1			
4	M_1S_2	791	96	37	19.0	145	12.0	25.1			
5	M_1S_3	566	89	30	18.1	133	13.1	28.0	M_2 1970	S_2 90	S_2 62
6	M_3S_3	531	184	60	17.8	200	13.1	28.0			
7	M_3S_2	664	193	119	19.8	195	11.7	27.2			
8	M_2S_2	752	237	129	14.1	181	11.7	27.2	M_3 1580	S_3 80	S_3 49
9	M_2S_1	671	212	114	20.0	203	11.7	28.8			

II. 実験方法および測定結果

クーリングビンの冷却特性に影響をおよぼす要因として冷却空気量とビン内降下時間が考えられるので、この2つの要因を3水準に変化せしめ、二元配置による工場実験を行った。特性値としてはクーリングビンの熱精算に必要な測定項目をとりあげ、つぎのような方法で測定し Table 1 に示すごとき結果を得た。

(1) 冷却空気量の変更

冷却空気量 (Nm^3/mn) を M_1 , M_2 , M_3 の3水準に変化せしめた。 M_1 はクーリングファン2基運転、調整ダンパー開度 30, M_2 はクーリングファン2基運転、開度 20, M_3 はクーリングファン1基運転、開度 30 で実験を行ったが、各水準における1分間当りの風量は Table 1 に示した通りである。

(2) 降下時間の変更

降下時間を変化せしめるため切出テーブルの回転を S_1 , S_2 , S_3 の3水準にかえた。焼結鉱の装入から排出までの時間を測定するため2種類の粒度の石灰石を焼結鉱とともに装入し石灰石の排出から焼結鉱の滞留時間、降下時間を推定したが、 S_1 では降下時間は 66 分、 S_2 では 62 分、 S_3 では 49 分であった。

(3) 焼結鉱関係の測定方法

(a) 装入焼結鉱温度の測定

クーリングビンに入る前のホッパーカーから焼結鉱をとり、熱量計により顕熱を測定し比熱を 0.230 として装入焼結鉱の温度を算出した。

(b) 排出焼結鉱温度の測定

排出焼結鉱を切出テーブルの所でとり、熱量計にて顕熱を測定し比熱を 0.183 として排出焼結鉱平均温度を算

出すると同時に、電子温度計により表面温度の測定を行なったが、両者の間には完全な相関が見出された。

(c) 焼結鉱ビン内滞留量の測定

石灰石と同時に装入された焼結鉱が排出されるまでに切出された焼結鉱のトン数をメリックで調査しいずれの場合も約 76 t であることを確めた。

ビンの有効容量は 75m^3 であり焼結鉱の嵩比重が 1.60 であるからクーリングビンの実稼働率は $76/(75 \times 1.60) = 0.65$ となりビン内での降下速度分布が相当に不均一になっていることが明らかとなった。

(4) 冷却空気関係の測定方法

(a) 冷却空気量の測定

クーリングファン入口の管内流速を 12 カ所ピトー管にて測定し流量を算出した。

(b) 冷却空気入口温度の測定

大気温度を寒暖計にて測定した。

(c) 排気温度の測定

排気管出口にて 2 カ所熱電対で排気温度を測定し記録せしめた。

(5) 冷却水関係の測定

(a) 冷却水量の測定

冷却水はクーリングビンのプレートの保護のため使用しているものであり排水量を測定した結果 500 l/t sinter であつた。

(b) 冷却水給排水温度の測定

寒暖計にて給排水温度を測定した。

III. 冷却空気量および降下時間のクーリングビン

冷却特性におよぼす効果について

クーリングビン内における熱交換の定量関係を検討す

るため以上得られた資料から熱精算を行なつてみた。

1 分間当りの冷却空気量を m (Nm^3/mn), 炉内滞留時間を z (mn), 炉内滞留トン数を 76 (t) とするとき焼結鉱トン当りの冷却空気量は $M = m \cdot z / 76$ なる関係式であらわされる。冷却空気温度, 排気温度をそれぞれ $T_{A(1)}, T_{A(2)}$ であらわせば, 冷却空気の焼結鉱からうばった熱量は $\Delta Q_A = M(0.306T_{A(2)} - 0.302T_{A(1)})$ となり, 一方装入焼結鉱, 排出焼結鉱温度を $T_{S(2)}, T_{S(1)}$ とすると, 焼結鉱の失った熱量は $\Delta Q_S = 1000 \times (0.230 T_{S(2)} - 0.183 T_{S(1)})$ であらわされることになる。Table 1 に示した資料より ΔQ_A と ΔQ_S を計算し相関分析を行なつた結果 $\Delta Q_S = \Delta Q_A + 14950$ なる関係にあることが明らかとなった。ここで $14950 \text{ kcal/t sinter}$ はクーリングビンからの輻射放散熱でありこの中に冷却水のもちさる熱量 7580 kcal が含まれている。

以上の熱精算上の関係式が冷却空気量 M , 降下時間 T によりいかに変化するものかを考察するため $\Delta Q_A = M \cdot \alpha(M) \cdot \beta(T) \cdot \overline{\Delta q_a}$ なる函数関係を想定し $\alpha(M)$, $\beta(T)$ がそれぞれ M , T のいかなる函数で表示されるかを検討した結果つぎの関係を得た。

$$\alpha(M) = -0.26(M/1000) + 1.58: (\alpha(M) = 1)$$

$$\alpha(\beta) = 0.0075T + 0.555: (\beta(T) = 1)$$

$$\Delta q_a = 50.316 (\overline{\Delta q_a} \text{ は } 1 \text{ Nm}^3 \text{ の冷却空気量が平均 } 50.316 \text{ kcal の熱を焼結鉱から奪うことをあらわす。})$$

すなわち冷却空気量および降下時間のクーリングビンの冷却特性におよぼす効果を総合した熱精算の式は

$$\Delta Q_S = 1000 \times 0.230 \times T_{S(2)} - 1000 \times 0.183 T_{S(1)} = 50.316 \cdot M \cdot \alpha(M) \beta(T) + 14950$$

であらわされることになり Fig. 2 はこの式より排出焼結鉱温度を求めるグラフを示したものである。

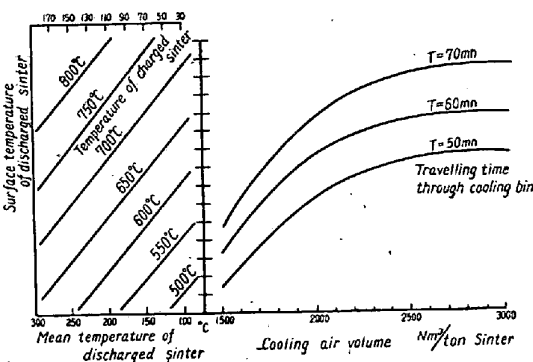


Fig. 2. Effects of air volume and travelling time upon the characteristics of cooling bin.

IV. クーリングビンの設計上, 操業上の問題点について

以上諸検討から冷却空気量, 降下時間のクーリングビン冷却特性におよぼす効果が明らかになったが, この2つの要因と設計上, 操業上の諸因子との関係をつぎの記号を使用して検討を行なつた。

焼結鉱切出速度 G t/h

クーリングビン容量 V m^3

降下時間 T mn

クーリングビン稼働率 η m^3/m^3

切出休止時間 R h/day

焼結鉱の嵩比重 ρ t/ m^3

滞留時間 z mn

焼結鉱生産量 P t/day

(コールドリターンの発生する時はクーリングビンを通過する焼結鉱に相当する。)

$$T = \rho \eta V / G \times 60$$

$$G = P / (24 - R) \text{ したがつて}$$

$$\text{降下時間 } T = \{(24 - R) / P\} \rho \eta V \times 60$$

$$\text{滞留時間 } z = T + \{(R \rho \eta V / P) \times 60\}$$

$$= (24 / P) \times \rho \eta V \times 60$$

トン当り風量 $M = (z / \rho \eta V) \times m = 1440 \times m / P$ となる。

これらの諸因子の中で設計上決定されるものは η, V, P, m であり操業上決定されるものは R である。

T, M の関係式を前にえられた冷却特性の式に代入すれば操業上, 設計上の諸問題が明らかとなる。この結果 (1) 焼結鉱トン当りの風量は Fig. 2 より明らかのごとく $2500 \text{ Nm}^3/\text{t sinter}$ が最も有効でありこれ以上風量をあげてもあまり効果は期待できない。

(2) この型式のクーリングビンは装入焼結鉱の温度が 700°C の場合排出焼結鉱の温度 150°C (表面温度 70°C) を目標とすれば空気量 $2500 \text{ m}^3/\text{t sinter}$ の時降下時間は 63 分あれば十分であり, これからクーリングビンの容量が決定される。

(3) クーリングビンの容量を左右する大きい要因の1つはクーリングビンの稼働率であり, 他は切出休止時間である。

V. 結 言

釜石製鉄所新G式焼結工場に設備されたクーリングビンの冷却特性を冷却空気量と降下時間との関係において工場実験を行い, その結果について種々の検討を加えたが, 当所クーリングビンは優秀な冷却成績を示しており本工場実験から得られた結果から設計上, 操業上の問題点が明らかとなった。