

© 1985 ISIJ

高炉乾ダスト脱亜鉛処理技術の開発

技術報告

米谷 章義*・川口 善澄*・大西 守孝*
小野 義之*・橋本 透*・中村 文夫*²

Development of Removal Method of Zn from Blast Furnace Dry Dust

Akiyoshi KOMETANI, Yoshizumi KAWAGUCHI, Moritaka OHNISHI,
Yoshiyuki ONO, Tohru HASHIMOTO and Fumio NAKAMURA

Synopsis :

A development was made on dry removal method of zinc in dry dust. This dust is precipitated from the blast furnace gas cleaning system, that is called BDC, which was installed at No. 2 blast furnace in Kokura steel works of Sumitomo Metal Industries, Ltd., in 1982.

An air separator was adopted for removing zinc. Separation efficiency of this system was found to be equal to or higher than that of the wet cyclone system. This dry removal method of zinc was installed in April, 1984 and is working satisfactorily. The removal ratio of zinc is 85% and recovery ratio of coarse particles for sintering plant is 50%.

1. 緒 言

高炉ガス湿式除塵設備で回収される湿ダスト(2次灰)の脱亜鉛処理については、多くの製鉄所で湿式サイクロン等を用いた湿式分級¹⁾²⁾による方式が行われている。住友金属工業(株)小倉製鉄所においても、高炉ガス乾式除塵設備(Blast furnace gas Dry Cleaning system: BDCと呼ぶ³⁾)の稼動前には、湿ダストを湿式脱亜鉛処理し、焼結原料として再利用していた。

しかし、BDCの稼動に伴い、BDCから回収される乾ダストの脱亜鉛処理技術の開発が必要となった。脱亜鉛能力や処理費用等の観点から、乾ダストの状態での焼結原料への再利用が可能な乾式脱亜鉛処理技術を開発した。この技術は湿ダストと同様に乾ダストにおいても、亜鉛が細粉部分に偏在している点に着目し、遠心力型風力分級機を用い、亜鉛含有量の多い細粉と亜鉛含有量の少ない粗粉とに分級するものである。

この報告ではBDC乾ダストの乾式脱亜鉛処理に関し、(1)BDC乾ダストの性状、(2)脱亜鉛試験、(3)操

業実績について述べる。

2. 開発経緯

2.1 BDC乾ダストの性状

BDC乾ダストはTable 1に示すように、25~60%の炭素や25~35%の鉄を含有するとともに、2~6%の亜鉛を含有している。従来の湿ダストと同様に焼結原料として再利用するためには、高炉の装入亜鉛量規制のために脱亜鉛する必要がある。

BDC乾ダスト中の主要成分について、粒度別分布の

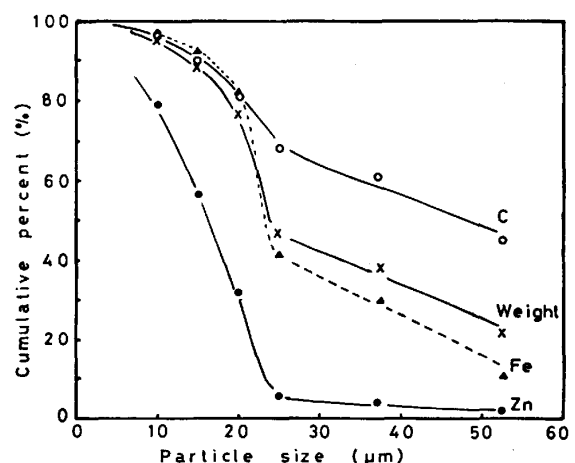


Fig. 1. Example of particle distribution in dry dust from BDC.

Table 1. Content of dry dust from BDC.

Content	Fe	C	Zn	CaO	SiO ₂	MgO	Na ₂ O+K ₂ O
Weight (%)	25~35	25~60	2~6	4~5	5~6	1~2	0.4~0.5

昭和 59 年 10 月本会講演大会にて発表 昭和 60 年 2 月 18 日受付 (Received Feb. 18, 1985)

* 住友金属工業(株)小倉製鉄所 (Kokura Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1 Konomi-machi Kokurakita-ku Kitakyushu 802)

*² 住友金属工業(株)鉄鋼技術部 (Iron & Steel Technical Development Department, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

Table 2. Comparison of removal methods of dry dust from BDC.

Method		Flow	Additional plant	Cost	Recycle	Evaluation
Dry dust	Wet removal method of Zn	Dry dust→slurry→wet cyclone→Dry	Slurry plant	×	○	×
	Waste	Dry dust→waste	—	?	×	△
	Dry removal method of Zn	Dry dust→dry removal method of Zn	Dry removal plant	○	○	○

(○: Good, △: Middle, ×: Bad)

一例を Fig. 1 に示す。25 μm 以下の粒子が約 60% を占め、亜鉛は約 25 μm 以下の細粒部分に偏在している。高炉湿ダスト中の亜鉛に関する従来の報告では、例えば戸田¹⁾ や宇野²⁾ によれば、亜鉛は 15~20 μm 以下の細粒部分に偏在するとしている。

したがって、BDC 乾ダストの脱亜鉛を行うには、湿ダストと同様に、亜鉛の偏在している細粉を除去すれば良いことがわかる。

2.2 乾式処理採用の理由

小倉製鉄所では BDC の稼動によつて発生する BDC 乾ダストの脱亜鉛処理方法について、各種の方式を比較検討した。Table 2 に示すように、追加設備や処理費用の観点から、乾ダストをわざわざスラリー状態にすることなく効率良く脱亜鉛できる乾式処理が、有利と判断された。

乾式処理の方法としては、処理能力が大きく、分級径を調整できる遠心力型風力分級機（以後、風力分級機と呼ぶ）を採用した。

2.3 分級原理

風力分級機（ホソカワミクロン社製：ミクロンセパレーター）は、回転しているローターの場に空気流によつて BDC 乾ダストを気送し、BDC 乾ダストの各粒子に働くローターによる遠心力と、空気流による流体抵抗か

ら生じる向心力とのバランスによつて、分級するものである。Fig. 2 にその概略図を示す。

粗粉は向心力よりも遠心力の方が大きくなり、ローターの外側へ放出される。一方、細粉は遠心力よりも向心力の方が大きくなり、ローターの内側へ吸入される。その結果、BDC 乾ダストはある粒径（分級径）を境界として、粗粉と細粉とに分離される。

この時の分級径は理論上、式(1)⁴⁾ で示され、主にローター回転数や空気流量に支配される。

$$d_{th} = \frac{G}{U_{\theta}} \sqrt{\frac{18\mu r U_r}{\rho_s - \rho}} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 d_{th} : 理論分級径 [m]

C : 補正係数 [-]

U_{θ} : ローター周速度 [m/s]

U_r : ローター内側に向かう気流速度 [m/s]

μ : 空気粘度 [kg/m·s]

r : ローター代表径 [m]

ρ_s : 粒子密度 [kg/m³]

ρ : 空気密度 [kg/m³]

空気流は 1 次空気流と 2 次空気流とからなる。1 次空気流は BDC 乾ダストを分級ローターまで気送する役割を持ち、2 次空気流は粗粉側に混入した細粉を再び分級ローターへ送り込む役割を持つている。

BDC 乾ダストの細粉部分に亜鉛が偏在していることから、分級径が大きくなるほど粗粉中の亜鉛含有量が少なくなるが、回収される粗粉量が減少する。したがって、風力分級後の粗粉を焼結原料に再利用するに際しては、脱亜鉛と粗粉回収との両者を考慮して、分級径を設定する必要がある。

Table 3. Definition of estimation index for air separation.

Removal ratio of Zn (%)
$= \left(1 - \frac{\text{Zn content in coarse particles}}{\text{Zn content in feed dust}}\right) \times 100$
Recovery ratio of coarse particles (%)
$= \frac{\text{Coarse particles (t/d)}}{\text{Feed dust (t/d)}} \times 100$

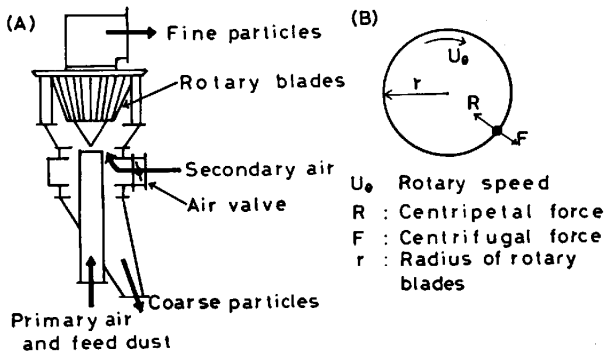


Fig. 2. The outline of air separator with rotary blades (A) and the principle of air separation (B).

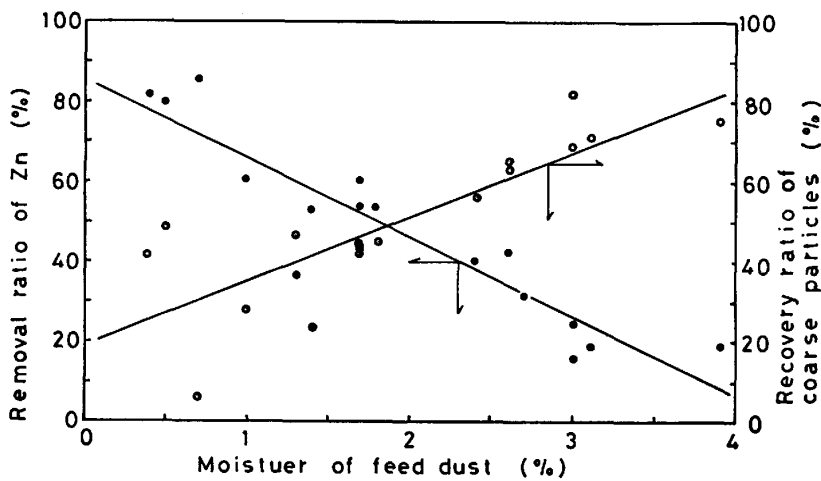


Fig. 3. Effect of moisture on removal ratio of zinc and on recovery ratio of coarse particles.

ここで、分級性能を評価する指標として、脱亜鉛率と粗粉回収率の定義を Table 3 に示す。

3. 風力分級機による脱亜鉛試験

3.1 性能確認試験

風力分級機による BDC 乾ダストの脱亜鉛性能を確認するために、基礎試験を行った。性能確認項目は、風力分級機の運転条件を変更した場合の、分級径の変化、脱亜鉛率および粗粉回収率の変化である。

試験運転条件は、BDC 乾ダスト供給量 80~180 kg/h, ローター回転数 900~1500 rpm, 2次空気入口ダンパー開度 1/4~3/4 開, 吸引ファン風量 15 m³/min である。

3.2 性能確認試験結果と考察

3.2.1 水分の影響

Fig. 3 に示すように、BDC 乾ダスト中の水分が上昇すると、脱亜鉛率が低下し粗粉回収率が上昇する。これは亜鉛含有量の高い細粉が凝集して粗大化し、粗粉側に混入するためと考えられる。したがって、細粉が凝集しないように、BDC 乾ダストの水分を管理する必要がある。BDC で回収された直後の BDC 乾ダスト中の水分は約 0.5% 以下であるが、大気中に放置すると吸湿する。その一例を Fig. 4 に示す。一方、Fig. 5 に示すように、BDC 乾ダスト回収時の大気湿分の高低は、BDC 乾ダストや粗粉および細粉の各水分に影響を及ぼさないこともわかった。

ダストの取扱い上から、分級前の BDC 乾ダストの水分が 2% 以下であるのが望ましいので、BDC 乾ダスト回収後は 2 日以内に分級処理をすれば、細粉の凝集を抑制でき、脱亜鉛率の低下が防止できると考えられる。

3.2.2 分級径の変更

風力分級機の運転条件の変更によつて、分級径がどの

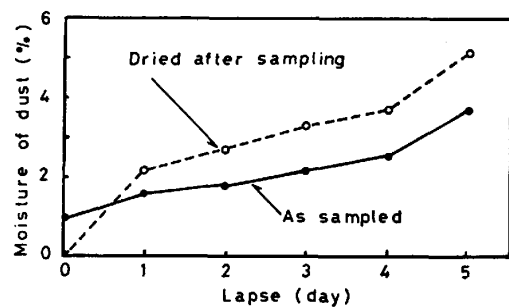


Fig. 4. Change of moisture in dry dust left in the atmosphere.

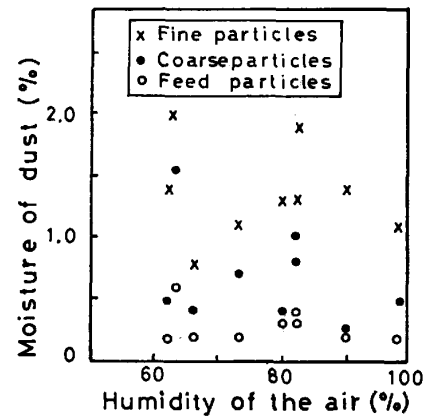


Fig. 5. Relationship between moisture of dust and humidity of the air (measured on the day separated).

ように変更できるかを試験した。なお、BDC 乾ダストの吸湿を防ぐために、乾ダストの回収後速やかに分級試験を行った。

分級径の決定は次の方法⁹⁾で行った。BDC 乾ダストの分級前および分級後の粗粉と細粉のそれぞれについて、各累積粒度分布を求め Fig. 6 に一例を示す累積粒度分布図を作る。粒度分布の測定は、光透過式粒度分布測定器を用い、分散剤はエチレングリコール、分散法は

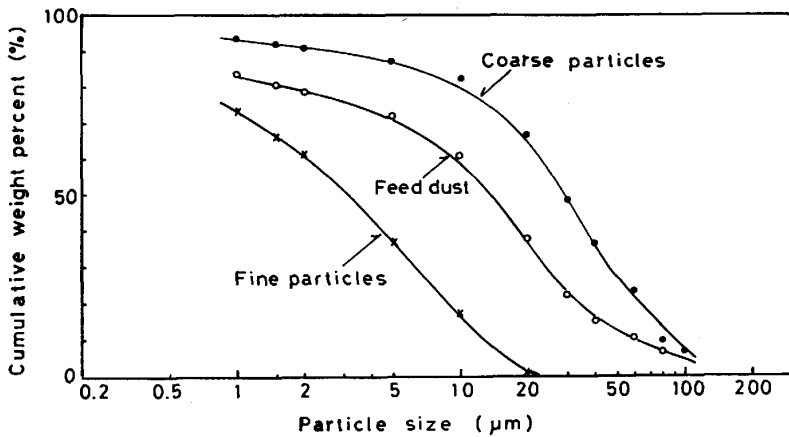


Fig. 6. Distribution of particle size.

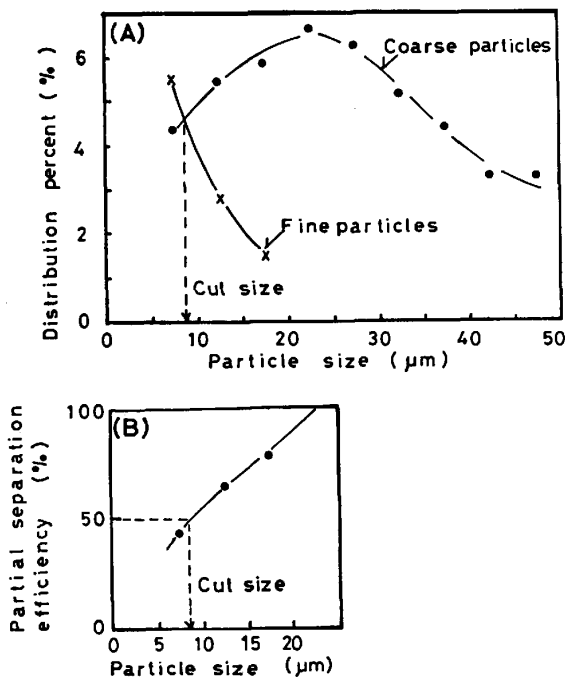


Fig. 7. Determination method of cut size by air separation.

超音波によつた。

つぎに、この図から粒度区分を $5 \mu\text{m}$ にとつた配分率計算を行い、Fig. 7(A) のような微分粒度分布図、あるいは Fig. 7(B) のような部分分級効率曲線を描く。さらに、Fig. 7(A) で粗粉と細粉との誤入率が等しくなる粒子径、または Fig. 7(B) で部分分級効率 50% に対応する粒子径を、分級径 d_{50} とした。分級径 d_{50} を制御する因子としてローター回転数、2次空気ダンパー開度および BDC 乾ダスト供給量を採り上げ、つぎの実験を行つた。すなわちローター回転数については 900, 1200, 1500 rpm, 2次空気入口ダンパー開度については 1/4, 1/2, 3/4 開そして BDC 乾ダスト供給量については 80, 130, 180 kg/h となる水準を選び、吸引ファン風

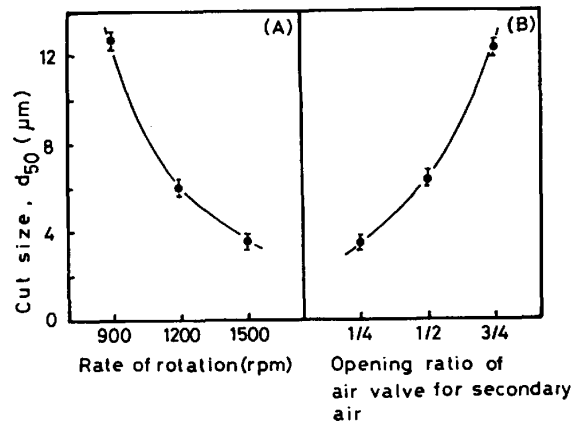


Fig. 8. Relationship between operation condition and cut size.

量 $15 \text{ m}^3/\text{min}$ の下で、各因子間に交互作用はないものとして直交表 L_9 にわりつけて実験を行つた。その結果、分級径に対してローター回転数と2次空気ダンパー開度が有意であつた。一方、BDC 乾ダスト供給量が $80 \sim 180 \text{ kg/h}$ すなわち気末混合比 (ダスト供給速度/吸引ファン風量) が $0.09 \sim 0.2 \text{ kg/m}^3$ の範囲では、分級径に有意差がなかつた。

ローター回転数と2次空気ダンパー開度が有意であるので、それぞれの母平均とその推定精度 (信頼限界 95%) を Fig. 8(A), (B) に示す。理論分級径の式(1)から考えれば、ローター回転数を低下させるとローター周速度 U_0 が減少し、分級径が増大する。また、2次空気ダンパー開度を大きくするとローター内側に向かう気流速度 U_r が増加し、分級径が増大する。以上の結果より、ローター回転数や2次空気ダンパー開度の変更によつて、分級径の変更が可能であることを確認した。

分級径が変化すれば脱亜鉛率や粗粉回収率も変化する。その一例を上記述べた実験で得られた値について、Fig. 9 に示す。

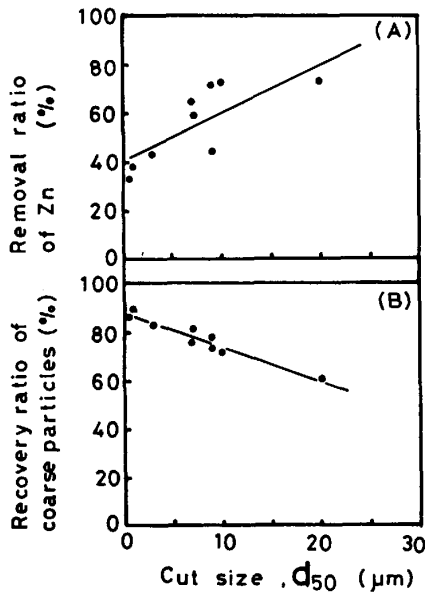


Fig. 9. Relationship between cut size and separation index.

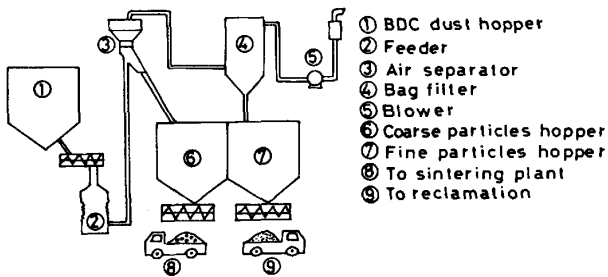


Fig. 10. Schematic diagram of air separation system.

3.3 オンライン試験

性能確認試験の結果より、風力分級機は乾ダストの分級径を可変でき、脱亜鉛率も良いと判断されたので、1983年7月にテストプラントを設置しオンラインでの試験を行った。Fig. 10に設備フローを示す。BDC乾ダスト供給速度は実機を想定して300~500 kg/hとし、性能確認試験の結果を踏まえて、2次空気ダンパー開度を1/2~3/4開とし、その他の運転条件は同一とした。

3.4 オンライン試験結果

Fig. 11(A)~(D)に、性能確認試験で実施した実験計画と同様にして行った結果を示す。BDC乾ダスト供給量あるいはローター回転数の増加につれて、粗粉回収率が上昇し脱亜鉛率が低下する。これは気流中のダスト粒子の数が密度が増大して、粗粉側への細粉の誤入が多くなるためと考えられる。また2次空気ダンパー開度が1/2~3/4の範囲では、粗粉回収率ならびに脱亜鉛率について有意差はなかった。

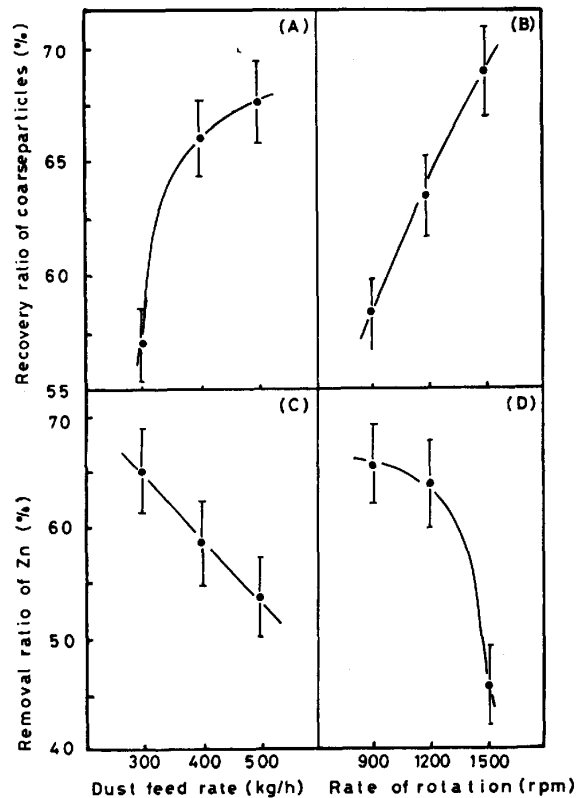


Fig. 11. Results of separation test at the air separation system.

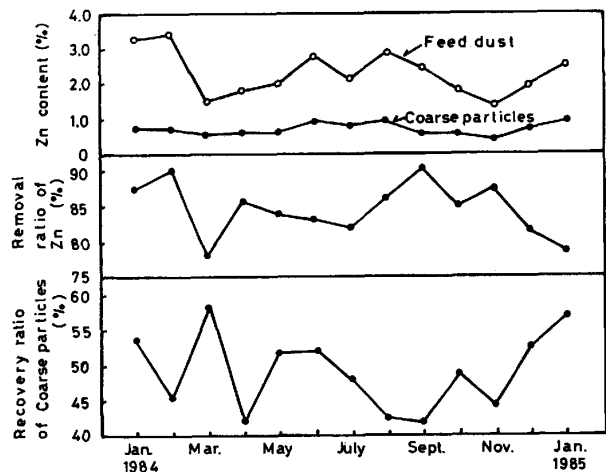


Fig. 12. Operation results of the air separation plant.

4. 実操業結果

テストプラントでの3000h以上にわたる試験運転の結果、分級性能と設備の耐久性を確認できたので、フィーダーやホッパー等の増強と改造を行い、1984年4月よりBDC乾ダストの全量脱亜鉛処理を開始した。Fig. 12に実績推移を示す。高炉装入亜鉛量管理の観点から、脱亜鉛率を優先とする分級処理を行い、粗粉は焼結原料として再利用している。

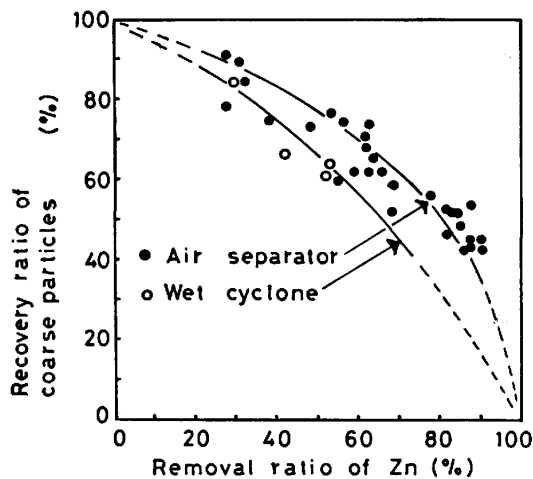


Fig. 13. Relationship between removal ratio of zinc and recovery ratio of coarse particles.

BDC 乾ダスト中の亜鉛含有量は 2.0~3.5% であり、粗粉中の亜鉛含有量は 0.7~1.0% で推移している。脱亜鉛率は約 85%、粗粉回収率は約 50% である。Fig. 13 に湿式サイクロンによる分級との比較を示す。脱亜鉛率の向上しているのがわかる。BDC 乾ダストを乾式脱亜鉛した粗粉の焼結原料へ再利用後も、高炉装入亜鉛量は管理目標値の 0.2 kg/pt 未満であり、高炉も問題なく操業している。

5. 結 言

BDC 乾ダストの脱亜鉛処理方法について検討し、以

下の結果が得られた。

(1) 遠心力型風力分級機による脱亜鉛処理技術を開発した。

(2) 本技術は乾ダストのまま脱亜鉛でき、ダスト処理設備の簡略化と小型化ならびに処理費用の低減がはかれる。

(3) 処理実績は、脱亜鉛率約 85%、粗粉回収率約 50%、粗粉の亜鉛含有量 0.7~1.0% である。

(4) 粗粉は焼結原料に再利用しているが、高炉装入亜鉛量は管理目標値を満足している。

今後、高炉ガス乾式除塵設備の普及につれて、高炉ダストの完全乾式脱亜鉛処理を実現できる本技術は、さらに発展するものと考えられる。

終わりに本技術開発において、積極的に御協力をいただいたホソカワミクロン株式会社、住友金属工業株式会社の関係者各位に対し、深く感謝いたします。

文 献

- 1) 戸田秀夫, 二村英治, 古宅英雄, 北村忠雄, 高橋敬一: 製鉄研究 (1978) 295, p. 11
- 2) 宇野成紀, 梅津幸雄, 大水 勝, 棟方雪郎: 製鉄研究 (1978) 295, p. 18
- 3) 浅井武二, 望月 顕, 横井 毅, 藤原利久, 小野義之, 高和 正: 鉄と鋼, 68 (1982), p. 2101
- 4) 化学工学便覧 改訂四版 (化学工学協会編) (1978), p. 1077 [丸善]
- 5) 三輪茂雄: 粉体工学通論 (1981), p. 187 [日刊工業新聞社]