

Granulation and Grinding Plant for Blast Furnace Slag



木村 正司
Masashi Kimura

本社 鉄鋼技術部高炉
改修計画室 主査(掛
長)



才野 光男
Mitsuo Saino

千葉製鉄所 製鉄部
部長



秋本 栄治
Eiji Akimoto

本社 鉄鋼技術部高炉
改修計画室 主査(部長
補)



古谷 淳一
Junichi Furuya

本社 鉄鋼技術部高炉
改修計画室



池田 義俊
Yoshitoshi Ikeda

千葉製鉄所 製鉄部製
鉄技術室 主査(課長
補)



原田 崇試
Takashi Harada

千葉リバーメント(株)
取締役 製造部長
補)

1 結 言

千葉製鉄所で副生された高炉スラグは、1960年頃までは主として場内の土地造成用として利用されてきた。道路用材として使用されはじめたのは1958年以後であり、逐次その量を増し1980年には、150万tに達した。道路用材以外には、わずかであるが、粗骨材、ロックウール原料、珪カル肥料などに利用されてきた。しかし二度にわたる石油ショック以来、産業界においては、省資源および省エネルギーの観点から徹底した資源の見直しが行われた。その結果、高炉スラグもその特性を活かし、道路用材から水砕スラグによるセメント用材への転換が、各製鉄所で行われるようになった。千葉製鉄所においても需要拡大が予想される高炉セメント用の水砕スラグの製造を開始することとした。

第6高炉に並設した水砕スラグ製造設備(以下水砕設備と呼ぶ)で生産された水砕スラグは同高炉に近接する敷地に設置した水砕スラグ微粉末製造設備(以下水砕スラグ粉碎設備と呼ぶ)に供給される。水砕設備は、従来の製造方式に比べて、システムとして単純

要旨

千葉製鉄所第6高炉に完成した水砕スラグ製造設備はINBAシステムと川崎製鉄で開発したホッパー脱水設備を併設した新設備である。回転ドラムフィルターによる脱水を特徴とし、循環水SS(suspended solid)濃度約100ppm、電力原単位約6kW・h/t-slagの運転成績を達成している。また、これと同時に千葉リバーメントで完成した水砕スラグを原料とするスラグ微粉末(商品名リバーメント)製造設備は、堅型ローラーミルの粉碎設備が特徴で、製品の比表面積4300cm²/gを達成している。

Synopsis:

The slag granulation system installed at No. 6 Blast Furnace of Chiba Works is composed of the INBA system and the hopper dehydration equipment which was developed by Kawasaki Steel. The new equipment features dehydration by a rotary drum filter and has achieved the operation results of SS (suspended solid) concentration in recirculating water of about 100 ppm and electric power consumption of about 6 kW·h/t-slag.

Also the manufacturing system of powder slag (trade name: Riverment) using granulated slag from No. 6 BF as raw material was constructed simultaneously. This crushing equipment features vertical roller mill, and has achieved the product specific surface area of 4300 cm²/g.

で、メンテナンスが容易で、かつポンプ運転動力が小さいINBAシステム¹⁾を採用している。一方、水砕スラグ粉碎設備は堅型ローラーミルによる微粉碎を特徴とする。

以下にこれらの設備および操業についてその概要を紹介する。

2 高炉スラグ処理新プロセスの検討

従来の水砕スラグ製造設備は、吹製後の水砕スラグを脱水槽までポンプでスラリー輸送するため動力原単位が高く、さらに循環水のSS(suspended solid)濃度が高いことに起因した諸問題、例えば輸送ラインの摩耗、冷却塔でのスラグウールの堆積などにより多額のメンテナンス費を要していた。

新水砕設備はベルギー国SIDMAR社で開発された水砕スラグを回転ドラムによって脱水する方式のINBAシステムとした。その主な理由は、

- (1) 吹製時から脱水機への落差を利用して水砕スラグを輸送するため動力原単位が小さい。
 - (2) 水砕スラグ自体を濾過体として利用するため、循環水へのスラグウールの流出が少なくSS濃度も低い。
- などによるものである。

また、水砕スラグ粉碎設備は、川崎製鉄と宇部興産株式会社の合

* 昭和61年3月27日原稿受付

弁事業として千葉製鉄所内に設立された千葉リバーメント株式会社 (CRC) に作られた。ここで、水砕スラグ微粉末 (商品名リバーメント) の製造が行われることになった。水砕スラグ微粉末のためのミルは、チューブミル粉碎の場合に比べエネルギー原単位の小さい宇部興産株式会社が開発した堅型ローラーミルを採用した。

3 水砕設備

3.1 設備の特徴

本設備は第6高炉の4つの出鉄口のうちの2つの出鉄口を対象とし月産 35 000 t の能力を有する。2つの出鉄口からのラップ出鉄に対応する運転が可能で、循環水の完全クローズドシステム化、各種の安全対策、環境対策をおり込んだ。以下に本設備の特徴を示す。

(1) 回転ドラムフィルターによる脱水方式である。

- (2) 電力原単位が低い。
- (3) 循環水の SS 濃度が 100 ppm 以下と低く清浄である。
- (4) ポンプおよび配管摩耗が少ない。
- (5) 冷却塔内のスラグウールの付着堆積が少ない。
- (6) 製品槽下部に設けた脱水装置により水砕スラグ水分を 10% 以下に脱水することができる。

Photo 1 に第6高炉水砕製造設備の全景を示す。

3.2 設備概要

Fig. 1 に水砕設備の概念図を示す。INBA フィルタードラムの駆動は流量可変油圧ポンプを使用しドラム負荷に対応してドラム回転数を6段階 (0.3~1.0 rpm) に自動的に速度制御を行う。製品槽は下部にウェッジワイヤースクリーンを取付け、脱水機能を有する構造とし、2次脱水を行うこととした。Table 1 に主要な設備仕様を示す。

Table 1 Major specifications of slag granulation system

Item	Specification
Maximum capacity	420 t/tap
Slag flow rate	3 t/min (normal) 7 t/min (max)
Water ratio	7~6 m ³ /t-slag (Emergency: 9 m ³ /t-slag)
Blowing box nozzle dia.	20 mm & 15 mm
Slag granulation basin inner dia.	4 700/3 600 mm
Stack	3 000 mmφ × 59 mH
Pump for blowing	21 m ³ /min × 35 m H ₂ O × 3 200 kW
Pump for cooling tower	21 m ³ /min × 20 m H ₂ O × 3 110 kW
Filter drum	5 000 mmφ × 6 000 mmL
Hot water basin	195 m ³
Cooling tower basin	390 m ³
Cooling tower capacity	1 260 m ³ /h (2 520 m ³ /h max)
Belt conveyor	500 t/h × 3
Granulated slag hopper	420 m ³ × 2
Motor (total kW)	1 300 kW

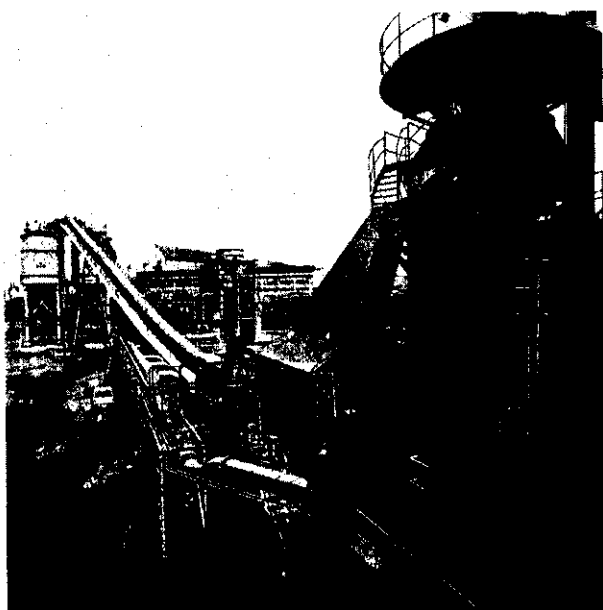


Photo 1 General view of slag granulation system

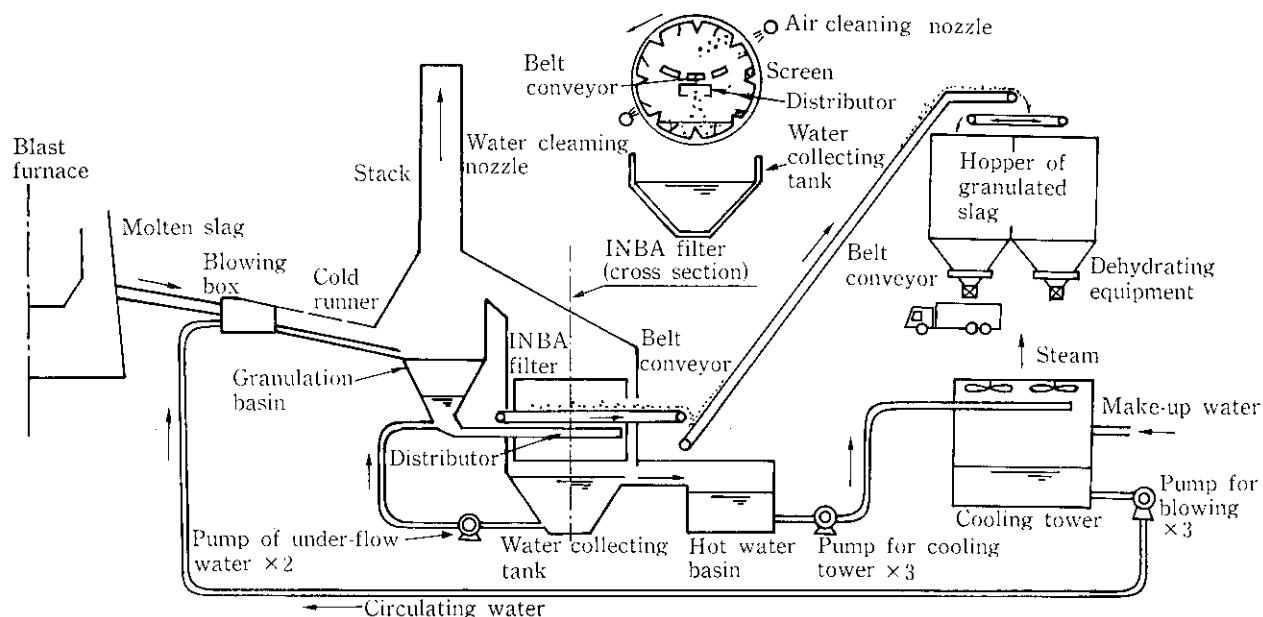


Fig. 1 Schematic diagram of slag granulation system

3.3 設備設計のキーポイント

3.3.1 ラップ出滓が可能な設備

第3出鉄口および第4出鉄口の2つの出鉄口のラップ出滓が可能な設備とした。吹製函給水管のバルブ（4個/吹製函）の開閉パターンを以下の3つの水量配分となるように設定し、各々の出鉄口のスラグ量に対する水比を6~11 t/t-slag に確保した。開閉パターンは、

(a) No. 3 吹製函水量 31 t/min : No. 4 吹製函水量 11 t/min

(b) No. 3 吹製函水量 21 t/min : No. 4 吹製函水量 21 t/min

(c) No. 3 吹製函水量 11 t/min : No. 4 吹製函水量 31 t/min

である。なお各出鉄口よりのスラグ量の計測技術は確立されておらず、現時点では移送BCに設置したベルトウェアの計測値を参考にして滓樋を流れるスラグ量の目視による判定によっている。

3.3.2 製品槽下部の脱水装置の設置

INBA フィルターの脱水のみではフィルター金網の目詰りあるいは処理量が増大するとトラック積時の水砕スラグ水分値が目標水分値 12% 以下にならない場合がある。このため、製品槽下部にウェッジワイヤースクリーンを取付けた脱水装置²⁾を設置した。運転結果では水砕スラグ受入後約 30 分間の脱水を行うことにより安定して約 10% の水分に脱水することができ、所期の目標を達成できた。

3.3.3 コールドランナーフード内へのダンパーの設置

コールドランナーフード内のドラフト向上を図り、吹製函前フード内にダンパーを設け³⁾ 使用出鉄口の選択モードに連動して開閉させる設備とした。

3.3.4 コールドランナーフードおよび蒸気排気筒の大型化

コールドランナーフード内のドラフト向上のためコールドランナーフードを大型化（幅 1850 mm × 後部高さ 4300 mm/前部高さ 1900 mm）し、かつフード上面は水平となる構造とした。また水砕槽上部の蒸気排気筒も直径 3000 mm、地上高さ 59 m の大型とした。

上記 3.3.3 との総合結果として、出鉄末期のコールドランナーフード内圧力は -7~-10 mm Aq を確保することができ、外部への蒸気漏れは皆無となった。また、一方の出鉄口の出鉄時に、反対側の滓樋のメンテナンスを安全に行うことができ、効果をあげている。

3.4 操業状況

水砕スラグはセメント原料、道路用材、肥料などに利用されている。従って吹製する水砕スラグを各々の用途に応じた品質規格に基づいて操業を行っている。

3.4.1 水砕スラグ品質

品質管理上、化学成分として塩基度（ $B_3 = \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ ）および TiO_2 、その他物性として、ガラス化率、色相、混鉄率、異物混入など各々に管理値を設定し、ランク分けを行っている。Table 2 に品質に関する操業実績の一例を示す。

Table 2 Operation result of slag granulation system
(at Jun. 1985)

Basicity B_3	Glassy ratio (%)	Specific gravity (kg/l)	Average grain size (mm)	Moisture at exit of hopper (%)	Circulating water suspended solid (ppm)
1.88	99.6	1.20	1.30	10	100

3.4.2 操業成績

Table 3 にユーティリティ使用量を示す。本システムの特長は電力費が 6.3 kW・h/t-slag と低いことであり、計画通りの良好な成績である。また循環水中の SS 濃度も 100 ppm と低いことから、配管の摩耗および冷却塔内のスラグウールの付着も少なく、メンテナンスの面でも経済的である。

Table 3 Utility consumption of slag granulation system
(average, at Jun.~Nov. 1985)

Electric power (kW・h/t-slag)	Water (m ³ /t-slag)	Compressed air (Nm ³ /t-slag)
6.3	0.6	2.2

4 水砕スラグ粉砕設備

4.1 設備の特徴

千葉リバーメントの設備で最も特色のあるものは堅型ローラーミルである。ローラーミルはセメント原料ミルとしては一般的であるが、スラグの単味粉砕には従来採用されていなかった。これはチューブミル粉砕の場合に比べ省エネルギーの面ではメリットがあるが、製品の粒度分布幅が狭いため品質上の問題が懸念されたことと、水砕スラグはセメント原料に比べ硬く、ローラタイヤとテーブルライナーの摩耗が懸念されたためである。しかし、宇部興産株式会社は長年の研究の結果、堅型ミルにおいても、チューブミルと同等の製品が得られ、摩耗コストも低減できることを確認しこれらの懸念を一掃した。この研究成果が実用化された。Photo 2 に水砕スラグ粉砕設備全景を示す。

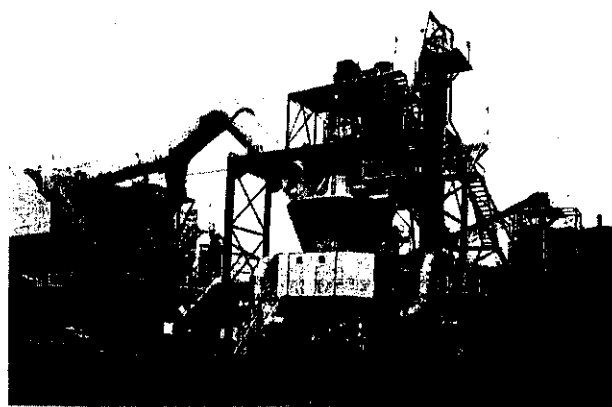


Photo 2 General view of slag grinding system

4.2 設備概要

Fig. 2 に水砕スラグ粉砕設備の概念図を示す。設備は原料受入、粉砕、捕集、貯蔵出荷、混合出荷などの設備で構成されている。これらの設備は 28 000 t/month の能力をもっている。設備の運転は主に CRT で遠隔操作され、自動化している。Table 4 に主要な水砕スラグ粉砕設備仕様を示す。

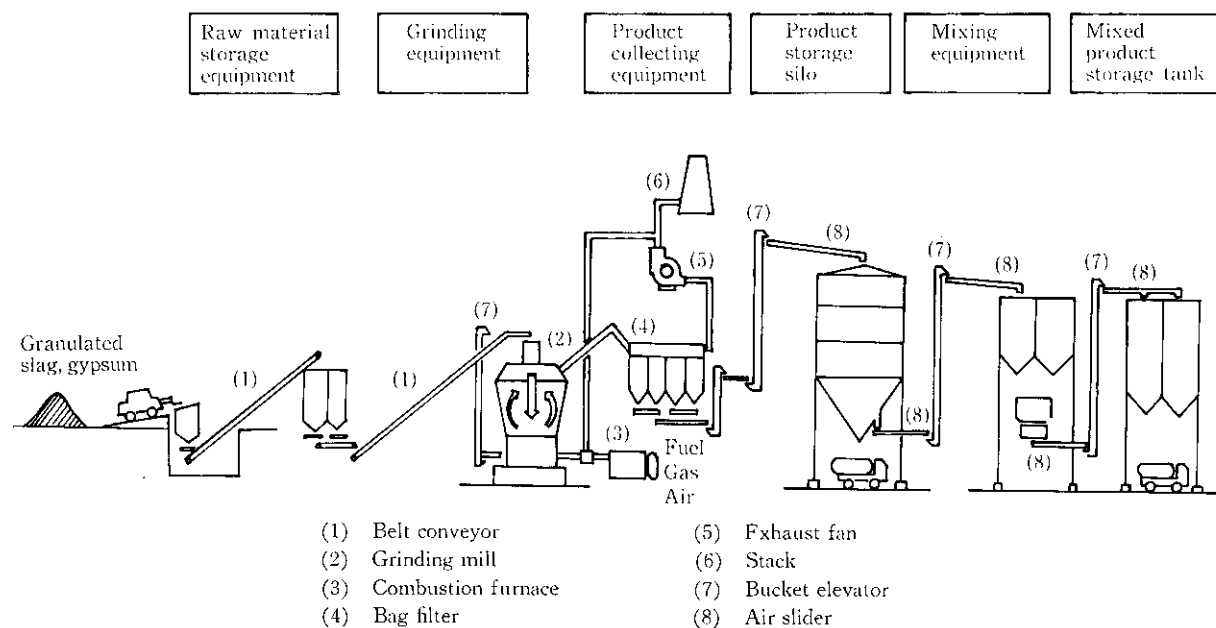


Fig. 2 Schematic diagram of slag grinding system

Table 4 Principal specifications of slag grinding system

Item	Specification
Roller mill	
Capacity	42 t/h
Blaine index	4 300 cm ² /g
Drive motor	1 500 kW
Storage tank for slag	200 t
Storage tank for gypsum	20 t
Bag filter for collecting product	4 700 m ³ /min
Exhaust fan	
Capacity	4 700 m ³ /min × 800 mm H ₂ O
Drive motor	780 kW
Combustion furnace	
Capacity	5 170 × 10 ⁴ J/h
Hot gas temperature	930°C
Air fan	610 m ³ /min × 300 mm H ₂ O
Stack	2 000 mmφ × 30 mH
Riverment storage silo	2 000 t × 2
Mixing product storage tank	50 t × 2
Truck scale	40 t × 2

4.3 操業状況

製品水砕スラグ粉の粒度は堅型ローラーミルにより比表面積 5 400 cm²/g まで粉碎能力のあることが確認されたが、通常操業は処理量 50 t/h、比表面積 4 400~4 500 cm²/g で推移している。製品の比表面積に影響する要因は主にテーブルダム高さ、ローラー加圧力、風量、セパレータ回転数、給鉱量、含水量であり、これらを適正に維持するとバラツキは目標値 ±100 cm²/g 以内に充分おさまっている。

製品の粒度分布についても、上記の粉碎条件を適正に設定することにより調整が可能である。また製品のモルタル試験の結果も、チューブミル粉碎物と同等の品質であることが認められた。

5 結 言

千葉製鉄所第6高炉の水砕設備はINBAシステムを採用し、1985年6月1日より順調に操業を行っている。操業成績として、製品スラグの水分10%、循環水SS濃度約100 ppm、電力費約6 kW・h/t-slagと良好な成績をあげている。従来、問題の多かった冷却塔内のスラグ付着および配管摩耗も少なく、メンテナンス費が低減できた。

水砕スラグ粉製造設備はローラーミルを採用した新システムである。目標比表面積 4 300 cm²/g を達成し、従来のチューブミル粉碎物と同等の品質であることが確認された。

参 考 文 献

- 1) 桑原利夫, 佐藤吉信: 産業機械, No. 388 (1983) Jan., 36
- 2) 川崎製鉄(株): 特願昭 60-255743

- 3) 川崎製鉄(株): 実願昭 60-173753