

セメントレスコールドペレットの開発

© 1991 ISIJ
 技術報告
 //////////////

天野 繁*・阿部幸弘*²・山口一成*・松岡裕直*
 高野正市*・相田実生*³・守田和之*³

Development of a Cementless Cold-bonded Pellets Process

Shigeru AMANO, Yukihiro ABE, Kazushige YAMAGUCHI, Hironao MATSUOKA,
 Shouichi TAKANO, Minaru AIDA and Kazuyuki MORITA

Synopsis :

At NSC Kimitsu Works, we have recently developed cementless cold-bonded pellets process using ground-granulated blast-furnace slag containing gypsum as a binder instead of cement. Ground-granulated BF slag hardens only when an alkali activator and water were added because of latent hydraulicity. We confirmed the effect of an alkali activator, water and atmospheric temperature (curing temperature) on the hardening speed by pilot test. As a result of the tests, we developed cementless cold-bonded pelletizing process which shows same hardening speed as with cement. And the properties of cementless cold-bonded pellets are almost same and superior to those of cement cold-bonded pellets. So we have made a commercial plant that produced 40 000 t/month, and now we use 3% cold-bonded pellets for blast-furnace burden with good operating results.

Key words : cold-bonded pellets ; cementless ; ground-granulated blast-furnace slag ; alkali activator ; latent hydraulicity ; commercial plant.

1. 緒 言

近年、環境対策設備の増強とともに工場内回収ダスト量が増加してきている。従来から、これらのダスト類は主として焼結工程へのリサイクル処理で消化してきたが、回収ダストは微粉で、一部湿ダストもあるため、焼結工程での増エネルギーならびに通気性悪化による生産性低下という問題点を有している。

そのため、これらのダスト処理方法として安価にしかも二次公害を発生せずに塊成化して高炉または電気炉原料とするニーズが高まっている。その一方法として水和結合剤によるコールドペレット法^{1)~3)}が工業的に適用されており、新日本製鉄(株)でも NCP (Nippon Steel Cold-bonded Pellet Process)⁴⁾が昭和 53 年以降、営業運転を行っている。このコールドペレット法は常温・常圧で水和反応を進行させることに特徴がある反面、その硬化反応に時間を要する。この水和結合剤としては高価なポルトランドセメント（以下セメントと略す）を使用しており、安定した水和反応を維持しつつ、さらに安価なコールドペレットを製造する技術が望まれていた。

著者らは高価なセメントを全く使用せず、高炉水砕破砕粉（以下、水砕粉と称す）をバインダーとして使用することにより、安価にコールドペレットを製造し、かつセメントをバインダーとして使用した際と同じ養生期間で安定的に品質の良好な新しいコールドペレットを製造する技術を確立し、工業化した。本報ではバインダーとして水砕粉を使用した際の硬化反応過程ならびに君津製鉄所内に設置した CCP (Cementless Cold-bonded Pellet Process) の製造工程について報告する。

2. 水砕粉とセメントの硬化反応の比較

セメントは水との共存下において硬化反応を示すのに対して、水砕粉は水のみでは硬化せず、アルカリ添加物との共存下にて初めて硬化反応を示す潜在水硬性と呼ばれる特徴を有している。これは、セメントがイオン結合の組織であるため水が存在すると溶出し、水和物が析出できるのに対して、水砕粉はガラス質の組織で、Fig. 1 に示すように $[\text{SiO}_2]^{4+}$ が四面体の頂点で結合したものが不規則な三次元の鎖状あるいは網状構造をしており、この中に Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 等が修飾イオンとし

平成元年 9 月本会講演大会にて発表 平成 2 年 10 月 4 日受付 (Received Oct. 4, 1990)

* 新日本製鉄(株)君津製鉄所 (Kimitsu Works, Nippon Steel Corp., 1 Kimitsu Kimitsu 299-11)

*² 新日本製鉄(株)君津製鉄所 (現: (株)山九) (Kimitsu Works, Nippon Steel Corp., Now Sankyu INC)

*³ (株)鐵原君津支店 (Kimitsu Branch, Tetsugen)

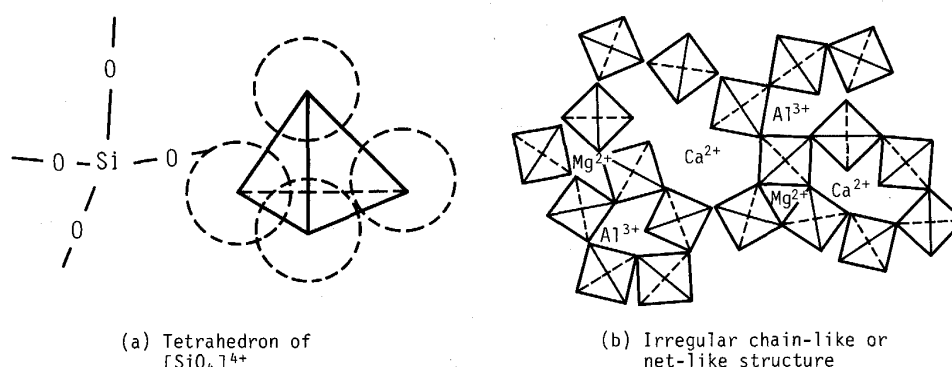
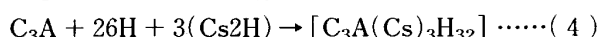
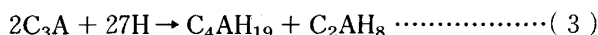
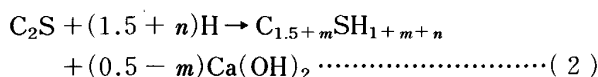
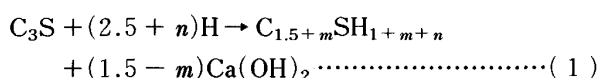


Fig. 1. The schema of structure of ground-granulated BF slag.

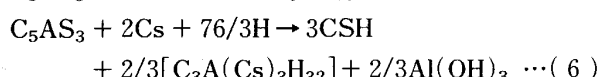
て取り込まれていることから、水に対して不溶性となるためである。ここで、アルカリ刺激剤が共存すると、例えば Ca^{2+} イオンが酸素と共に酸化物 (CaO) としてガラス中に入るため、その酸素の存在によってけい酸網目に切れ目ができる。この結果、低分子の SiO_2 となって溶出すると同時に修飾イオンも溶出して過飽和溶液となり、水和物が析出して硬化すると考えられている⁵⁾。

これらの代表的な水和反応式⁶⁾⁷⁾を以下に示す。

セメントの場合



水砕粉の場合



ここで、C; CaO , A; Al_2O_3 , S; SiO_2 , H; H_2O ,

Cs; CaSO_4

セメントに含まれるけい酸カルシウムは(1), (2)式に示されるように、C-S-H と呼ばれる水和物を形成する。また、セメント中のアルミン酸カルシウムも(3)式に示すように水和反応を起こす。この反応速度は非常に早いので、このままでは急結現象⁷⁾を示し、C-S-H 水和物の形成を阻害するため、通常セメント中に石膏を添加して、(4)式に示すエトリンガイトと C-S-H が生成する反応が主体となるようにしている。

一方、水砕粉の場合はアルミナを含むけい酸カルシウムが主体であるが、その反応生成物は(5)式に示すようにセメントと同じ C-S-H とアルミン酸カルシウム水和物である。水砕粉の場合もこのアルミン酸カルシウムは

C-S-H 水和物の形成を阻害するため、セメント同様に石膏を添加し、(6)式が主体となるようにしている。

これらの反応式からわかるように、セメント並びに水砕粉の反応生成物は基本的には同じものであるから、コールドペレットのバインダーとして使用した際の水砕粉の硬化過程を明確にすることにより、十分水砕粉のみのコールドペレット製造が可能であることがわかる。そこで、実機化に先立ち、基礎実験で硬化過程を確認し、セメントを全く使用しないコールドペレット製造技術を確認した。

3. 基礎実験による硬化反応の確認

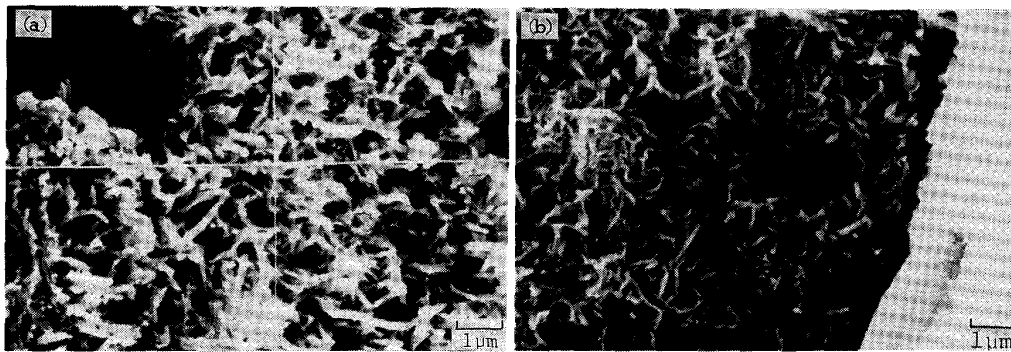
3.1 モルタルピースでの反応生成物の確認

バインダー 27%, 水 18%, 標準砂 55% の配合にて、JIS 規格にのっとり高さ 100 mm, 直径 50 mmφ のモルタルピースを作成した。この際に使用したバインダーは市販の早強セメントならびに、君津製鉄所所内にて製造した水砕粉にアルカリ刺激剤として 5% の CaO を添加したものを使用した。使用したバインダーの性状を Table 1 に示す。養生は成形したピースをビニール袋に入れ、密閉したものを恒温槽にて 40°C, 15 日間施した。この養生後のモルタルピース破断面を走査型電子顕微鏡で観察した結果を Photo. 1 に示す。

その結果、セメント・水砕粉とも水和物 (C-S-H) はカードハウス状を呈しており、前述した反応式で示されるように同一の水和物が生成することを確認した。

Table 1. Chemical composition of used binder.

Binder	Chemical analysis (%)				Blain-Index (cm^2/g)
	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	
Cement	21.1	66.2	4.9	1.1	4 340
Ground-granulated BF slag	31.2	43.1	13.3	5.9	4 200



(a) Used cement (b) Used ground-granulated BF slag

Photo. 1. The structure of mortar pieces containig 27% binder by SEM.

3.2 コールドボンドペレットにおける反応生成物の確認

水砕粉のみでもセメント同様の水和物が同一養生期間で生成できることを確認したので、実機プロセスをイメージしたミニペレタイザーによる基礎実験を実施した。実験装置は潤式ボールミル (0.9 mφ×1.0 mL, ボール 1 000 kg, 能力 400 kg/h)―調湿混練機としてのローラーミキサー (能力 200 l/バッチ)―ディスク型造粒機 (0.9 mφ×0.13 mH) からなる基礎実験用造粒設備を使用した。造粒方式は回分方式で、始めに 3~4 mmφの核ペレットを作り、その後連続的に原料を供給して 15 mmφのペレットに成長させた。造粒機の運転条件は傾斜角 45°, 回転数 13 r.p.m., 原料供給速度 60 kg/h とした。配合条件は君津製鉄所回収ダストバランス等を考慮した実機時配合を想定して Table 2 に示す配合とした。

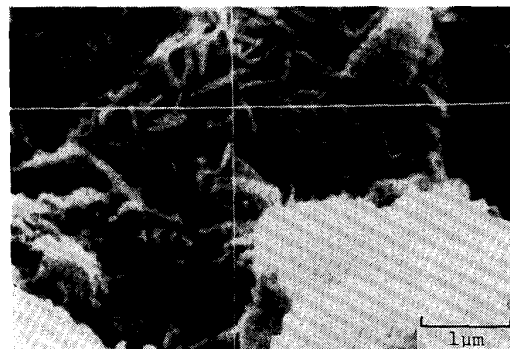
Table 2. Blending ratio of materials in off-line test.

Dust (wet) of BF	Dust (wet) of BOF	Dust (wet) of DL	Iron sand	Burnt-lime	Ground-granulated BF slag
13.5%	23.1%	12.3%	42.6%	1.5%	7.0%

また、養生条件は 40°C で 2 日間に加えて常温で 8 日間を基本とした。

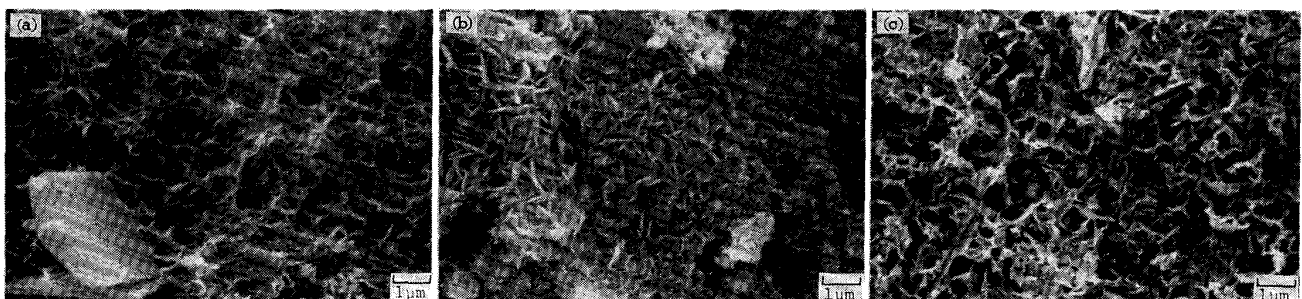
養生後の破断面観察結果を Photo. 2 に示すが、バインダー配合比を低下させてもセメントと同じ水和物を生成することを確認した。また、硬化反応の主体となるカードハウス状の C-S-H を比較すると、水砕粉の方がより微細な結晶を呈していることがわかった。

さらに、養生期間中の組織を観察していくと、Photo. 3 に示すように養生 2 日目には強度発現に効果のある



Showing calcium silicate hydrate

Photo. 2. The structure of cold-bonded pellet used ground-granulated BF slag by SEM.



Showing calcium silicate hydrate

(a) Cured for 2 days (b) Cured for 5 days (c) Cured for 10 days

Photo. 3. Change in the structure of cold-bonded pellet by SEM.

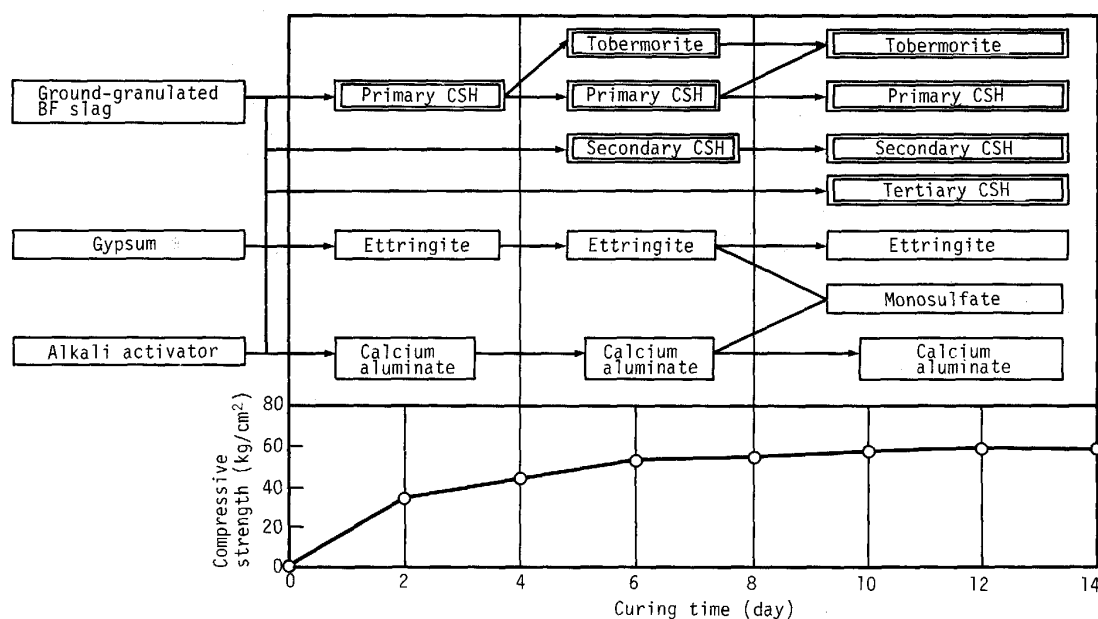


Fig. 2. Change in hydrates and compressive strength with curing time.

C-S-H の一次生成物が見られ、5 日目になるとこの C-S-H 一次生成物はかなり成長し、このすきまに次々と二次、三次 C-S-H が生成している。エトリンガイトはこの時期に最も多く見られ、長く成長している。10 日目には5 日目より C-S-H は更に成長し、C-S-H の結晶完成品であるトバモライトの結晶もかなり見られる。この段階ではエトリンガイトは石膏を消費しつくし、モノサルフェイトに分解消失している所が多い。この組織観察より得られた反応過程と圧潰強度試験機で測定した強度との関係を Fig. 2 にまとめる。この図に示すように、水和反応が進行するにつれて強度が上昇していくことがわかる。

3.3 水和反応に影響を及ぼす要因

水和反応に影響を及ぼすと思われる要因を変化させた基礎実験を実施した。テストは前述した基礎実験用造粒設備を使用し、配合・造粒条件等は前述したミニペレタイザーテストと同一とすることを基本としている。

3.3.1 添加水量の影響

水和反応量に直接寄与する添加水を 7.5, 8.0, 8.5% と変化させた場合、Table 3 に示すように水分が 7.5% の場合のみ、養生開始後 3 日目における圧潰強度が低い結果となった。この強度の低い 7.5% 水分のペレットの破断面観察を実施すると、Photo. 4 に示すように C-S-H の成長がとまると共に未反応のバインダーが観察され、水和反応に必要な水が供給されていないことがわかった。

3.3.2 刺激剤量の影響

Table 3. Effect of adding on compressive strength after 3 days curing.

Water content (%)	7.5	8.0	8.5
Compressive strength (kg/cm ²)	10	28	29

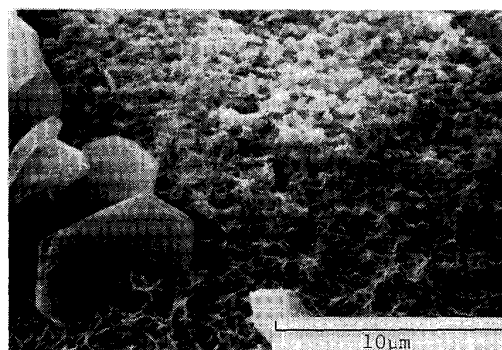


Photo. 4. The structure of cold-bonded pellet of low adding water by SEM.

刺激剤 (生石灰) の量は、Fig. 3 に示すように刺激剤の量増加とともに強度が増加していくのがわかる。Photo. 5 には生石灰添加量 0.7% 時の破面観察結果を示すが、C-S-H 密度が低くなっているのが観察される。また、反応生成物としてもトバモライト段階まで成長した C-S-H はほとんど観察されなかった。

3.3.3 養生温度の影響

養生温度を NCP における実測データをベースに夏期ならびに冬期を想定した形で恒温槽の温度を変化させ

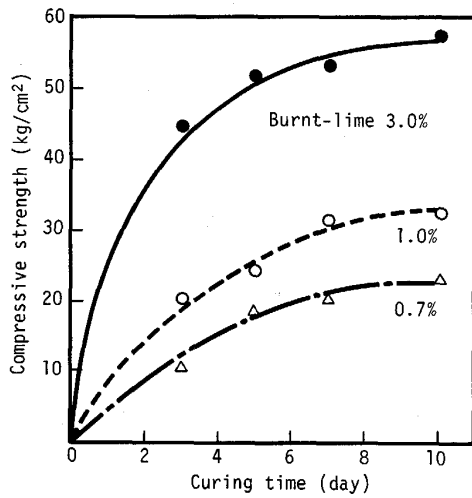


Fig. 3. Effect of the amount of burnt-lime as alkali activator on compressive strength.

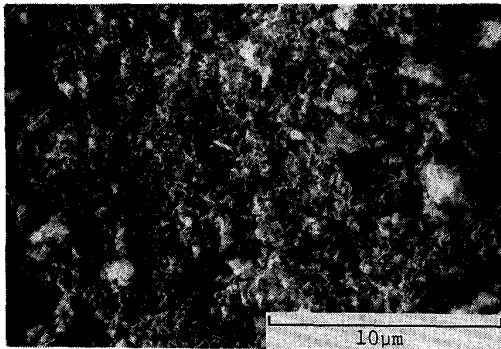


Photo. 5. The structure of cold-bonded pellet using low amount of burnt-lime as alkali activator by SEM.

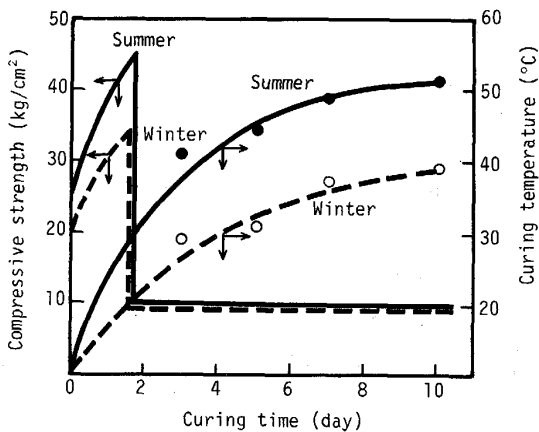


Fig. 4. Effect of curing temperature on compressive strength.

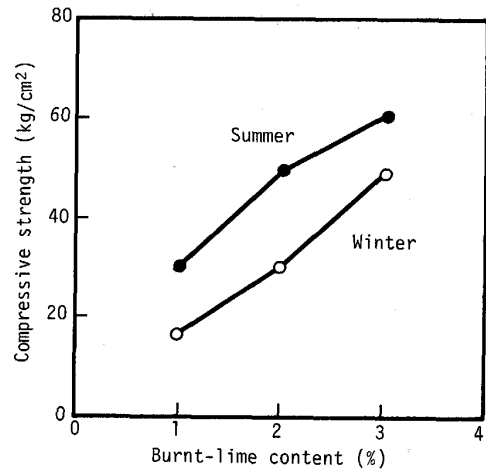


Fig. 5. Effect of the amount of burnt-lime as alkali activator on compressive strength after 10 days.

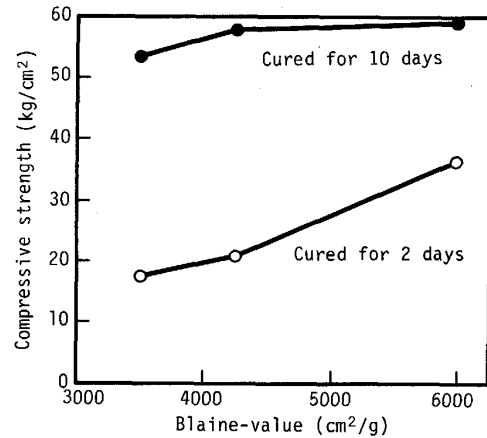


Fig. 6. Relation between Blaine-value of binder and compressive strength.

の際の破断面観察結果より C-S-H の密度が低下し、トバモライトまで至る結晶が少ないことから、養生温度の低下とともに反応速度が低下し、強度が低下したものと考えられる。しかしながら、刺激剤添加量を増加すると Fig. 5 に示すように夏期型と同じ強度を確保できることがわかった。

3.3.4 水砕粉及び刺激剤粒度の影響

水砕粉の粉砕度をブレン値約 3 500, 4 250, 6 000 cm²/g に変化させた際の強度変化を Fig. 6 に示すが、粉砕度を増加させ、粒径を小さくすることにより強度が向上することがわかった。また刺激剤の粒度を Table 4 に示すように変化させた際の強度変化を Fig. 7 に示す。刺激剤も水砕粉同様に粒径が小さい方が強度が向上することがわかった。

3.3.5 水添加方法の影響

た。その結果、Fig. 4 に示すように同一刺激剤量では、冬期型養生において強度が低下することがわかった。こ

Table 4. Size distribution of used burnt-lime as alkali activator.

	Mean size	+2 mm	2~1 mm	1~0.1 mm	~0.1 mm
A	0.97 mm	11.5%	21.0%	22.6%	44.9%
B	0.15 mm	0.0%	1.5%	31.6%	66.9%

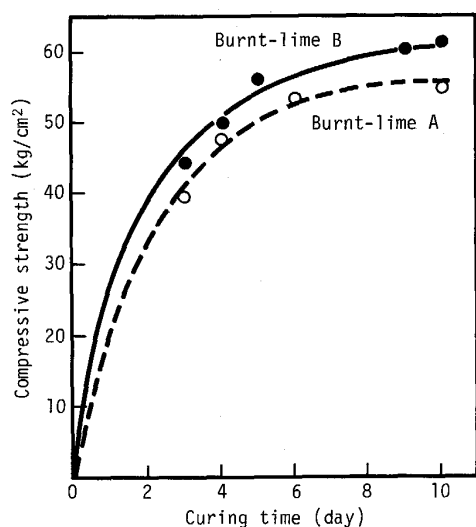


Fig. 7. Effect of burnt-lime size on compressive strength.

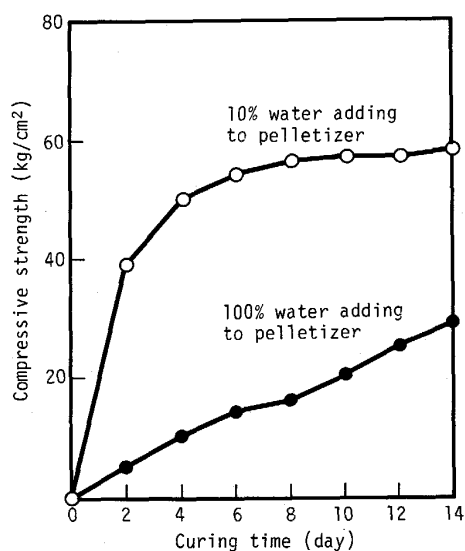


Fig. 8. Effect of water adding method on compressive strength.

添加水は潤式ボールミルとディスクペレタイザーにて添加されるが、この添加割合を変化させた際の強度変化を Fig. 8 に示す。ディスクペレタイザーにて全量添加すると強度が出ず、水の添加方法により水和反応に影響があることがわかった。

3.3.6 各要因変更テストのまとめ

水和反応に影響を及ぼすと思われる要因を変化させ、ミニパンペレタイザーでのテストを実施した結果、以下のことがわかった。

①水和反応は添加水分、刺激剤の量に依存し、両者とも不足すると十分な強度が得られない。

②養生温度が低下すると水和反応が遅くなり、養生期間を一定では十分な強度が得られない。ただし、刺激剤量を増加させることで強度確保が可能となる。

③水砕粉・刺激剤の粒径により強度が変化することから、粒径が水和反応に影響を及ぼしている。

④水の添加方法が水和反応に影響を及ぼす。

近藤ら⁸⁾の研究によると、刺激剤として $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使用すると約 10% の添加量比の際に最も水和反応が生じて、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ には最適値が存在し、さらに石膏を 10% 添加し、更に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を添加する際には $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を約 0.3% にて最大水和反応量を示すと報告している。しかしながら、今回の試験結果では刺激剤量の極大点は見られなかった。また、養生温度が低下することにより、水和反応速度が低下することが確認されたが、刺激剤量を増加することにより水和反応量を増加できることが確認された。

これらの違いの理由としては、ペレット中の水砕粉の添加量が 7% と低いためミクロ的に見ると偏析を生じており、水砕粉単独粒子に十分な刺激剤量が供給されていないためと考えられる。そのため、刺激剤量を増やすことにより刺激剤の分散性が向上する、すなわち水砕粉と刺激剤の接触界面積が増加し、水和反応が進行するものと考えられる。そのため、水砕粉粒子単独で考えた場合、 Ca^{2+} イオンが十分でなく、近藤らの結果と異なっているものと考えられる。水も添加方法により水和反応量に影響を及ぼすが、ペレタイザーへの全量供給の場合、各粒子の吸水量が低下し、刺激剤と同様に水砕粉と水の接触界面積が低下することが原因と考えられる。

また、一般的に言われているように⁵⁾⁹⁾、水和反応速度が温度、水砕粉の粒径、すなわち比表面積に依存することが確認された。

これらの結果から、実機にて安定的に製造するには水砕粉、刺激剤、添加水の分散性を考慮する必要があることとならびに大気温度により変化する養生温度の変化に対しては刺激剤の量の増減で水砕粉粒子まわりの Ca^{2+} イオンを制御する必要があることがわかった。

4. 実機設備と製造工程

4.1 実機設備概要

各種基礎実験の結果より、実機化のめどがついたため、

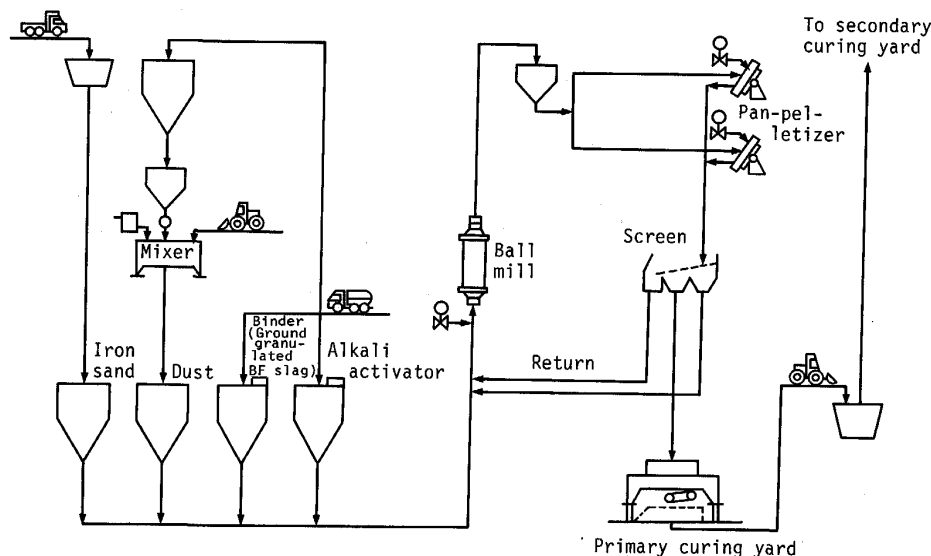


Fig. 9. Flow sheet of CCP plant.

月産 40 000 t 規模の実機設備を君津製鉄所内に建設した。そのフローシートを Fig. 9 に示す。

貯鉱槽は 4 槽で、バインダー槽 (23 m³)、刺激剤槽 (15 m³)、砂鉄槽 (36 m³)、ダスト槽 (7 m³) から成っている。各ダストはトラックまたは圧送車にて搬入した後、ダスト槽に入槽している。この各貯鉱槽からテーブルフィーダーあるいはロータリーフィーダーで所要量切り出された原料は、成品篩からリターンされる原料と共に潤式ボールミルに供給される。ここでペレタイザーでの造粒に必要な最低添加水量を除いた水量が添加される。潤式ボールミルは 3.2 mφ×6.5 mL で内部はゴムライニングを施しており、運転条件は 15 r.p.m. でボール量は 64 t である。混練された原料は 7 m³ の中継ホッパーを経てペレタイザー 2 基に供給される。ペレタイザーは 6.0 mφ×0.95 mH のディスク型で傾斜角 46~52°、回転数 1~11 r.p.m. の範囲で操作が可能である。造粒された生ペレットは上網 20 mm、下網 8 mm の成品篩 (1.8 mW×4.8 mL) にて篩い分けした後、スタッカーを介して一次養生ヤード (14 mW×20 mD×3.5 mH×3 面、1 500 t×3 面) に積み付けられ、養生温度を高めることと保湿を目的として断熱材入りビニールシートを上面に掛ける。この一次養生ヤードは払出し面のみ開放の屋内ヤードとなっている。積み付けが終了した成品はこの一次養生ヤードで約 3 日間養生を施し、ハンドリングに必要な強度を確保した後、通常の粗鉱ヤードにて約 7 日間の二次養生を施して高炉に必要な強度を確保した後、高炉へ供給する。

4.2 原料配合

コールドペレットの配合に関しては、ダスト発生バ

ランス、ペレット強度ならびに Zn バランスを満足させる必要がある。特に、原料粒度構成に関してはコールドペレットの場合には生ペレットの充填密度をあげた方がよいことが指摘されており、NCP において適正粒度限界とハンドリング限界の関係から Rosin-Rammler の式を用いて粒度構成を整理¹⁰⁾している。本設備においては、この関係を用いて粒度構成を決定し、さらにダスト発生バランス、Zn バランスを考慮し、Table 5 に示す原料配合とした。粒度構成を合わせるために、粗粒銘柄として砂鉄を粉砕なしに使用している。また酸化熱発生を伴う転炉ダスト¹¹⁾を約 10% 配合している。

バインダーとしての水砕粉は比表面積が水和反応に大きく影響を及ぼすため、ブレーン値 4 000 cm²/g 以上を確保するようにしている。刺激剤は、その添加量が低い時には所内石灰工場のバグフィルターにて回収される石灰ダストを資源回収の意味も含め使用している。大気温度が低下し、添加量を増加させる際にはローラーミルで微粉砕した生石灰も使用している。

4.3 操業管理

実機での品質管理は以下の基準で実施している。

- ①生ペレットの圧潰強度 2 kg/cm²、1 m 高さからの落下崩壊強度 3 回/P(崩壊するまでの回数)を満足させる。
- ②一次養生後の圧潰強度 40 kg/cm²、成品中 - 5 mm 含有率 5.0% 以下を満足させる。

Table 5. Blending ratio of raw materials of CCP.

Dust (wet) of BF	Dust (wet) of BOF	Dust (wet) of DL	Iron sand	Burnt-lime	Ground-granulated BF slag
12.7%	21.9%	16.9%	40.0%	1.5%	7.0%

Table 6. The production parameters.

Production	40 000 t/m (1 400 t/d)
Feed rate pelletizer	64 t/h
Pelletizing yield	93%
Compressive strength after primary curing	44 kg/cm ²
Compressive strength after secondary curing	56 kg/cm ²

Table 7. Quality of cold-bonded pellet.

	Cement cold-bonded pellet (NCP)	Cementless cold-bonded pellet (CCP)
Compressive strength after 10 days curing	54.8 kg/cm ²	56.3 kg/cm ²
Reducibility	96.0%	94.7%
Compressive strength after reduction	10.0 kg/cm ²	10.6 kg/cm ²
Swelling index	7.0%	2.7%
Water volume of crystalization	2.7%	1.9%

③二次養生後の圧潰強度 50 kg/cm² を満足させる。

そのための操業管理として、以下のことを実施している。

ヤード養生を行う場合、斧ら¹²⁾の研究から、造粒水分を増加させると養生時の相互付着が増加することが知られている。そのため、操業基準として 8% の造粒水分となるようにしている。また、生ペレットの圧潰強度、落下強度に関してはペレタイザーの回転数、角度制御にて対応している。

また、大気温度により養生温度が変化するため、水和反応速度が変化するが、オフラインテストにより得られた知見をもとに、刺激剤の添加量を増減¹¹⁾させて全体の水和反応量を制御している。Table 6 に代表的な操業諸元を示す。

4.4 成品品質

成品品質は Table 7 に示すように特に高炉で問題となる含有結晶水、ふくれに関してはセメントコールドペレットより優位であり、他の品質に関してもセメントコールドペレットなみを確保している。また、ダスト中に含まれる C のため、高炉燃料比も低下している。焼結操業においては、微粉原料ならびに砂鉄を使用しなくなったために増産ならびに湿ダスト乾燥エネルギーの削減等の効果を得ている。

5. 結 言

セメントを全く使用しない、セメントレスコールドペレット製造方法に関するオフラインテストを行った結果以下のことがわかった。

(1) 走査型電子顕微鏡による水和反応後の破断面観察を行った結果、水砕粉をバインダーとしてもセメントと同じ水和反応物を呈している。

(2) 養生期間中の水和反応生成物が明確となった。さらに水和反応が進行するにつれ、強度が上昇していく。

(3) バインダーの配合比を低下するとバインダー、刺激剤、水の接触界面積が水和反応量に大きく寄与し、バインダーのみの水和反応に必要な水量、刺激剤量より多く配合しないと十分な強度が得られない。

(4) 一般的に水和反応速度に影響を及ぼすと言われている温度の効果も確認されたが、刺激剤量を増加することによりカバーできる。

以上のことをもとに、セメントコールドペレットより品質の良いセメントレスコールドペレットを安定して製造する技術を確認し、バインダーを含む原料が製鉄所発生副産物という非常に安価な製造プロセスを確認した。この技術より、月産 40 000 t の実機設備を君津製鉄所内に設置し、平成元年 2 月以降順調に製造を継続し、高炉にて 3% 配合を順調な操業成績のもとで使用している。

文 献

- 1) J. SVENSON: Aranges Ore News (1969) Aug.
- 2) N. G. LINDBERG and T. S. FALK: CIM Bulletin (1976) Sept., p. 117
- 3) 狐崎寿夫, 稲角忠弘, 須沢昭和, 水島武和, 相田実生, 田中 務: 鉄と鋼, **65** (1979), S575
- 4) 春名淳介, 山田 肇, 前田久紀, 黒川 博, 田中 務: 資源処理技術, **35** (1988), p. 9
- 5) 阪本好史: コンクリート工学, **16** (1978)3, p. 54
- 6) I. A. VOINOVITCH and R. DRON: Silicate Industries, **41** (1976), p. 209
- 7) 荒井康夫: セメントの材料化学 (1984) [大日本図書]
- 8) 近藤連一, 宋 宗 澤, 後藤誠史, 大門正機: 鉄と鋼, **65** (1979), p. 1825
- 9) 大沢栄也, 天野 勉, 後藤誠史, 大門正機: 窯業協会昭和 60 年度年会予稿集 (1985), p. 715
- 10) M. GOUNO, Y. KOJIMA, T. INAZUMI and M. TAKASAKI: Seminar-cum-Workshop on Energy Recovery and Utilization of Solid Wastes (1982), p. 405
- 11) 天野 繁, 谷口正彦, 高野正市, 服部勝夫, 大庭昭二, 藤原 淳: 材料とプロセス, **3** (1990), p. 1056
- 12) 斧 勝也, 佐藤勝彦, 鈴木 悟, 仲田泰三, 稲角忠弘: 学振 54 委-No. 1646 (昭和 58 年 7 月)