

討 4

ロータリーキルンによるダスト還元鉄の製造

住友金属工業(株) 本社○田中 義之 山田 恭暉

和歌山 加藤 和正

中 研 重松 達彦

鹿 島 吉田 悦郎

1. 緒 言

製鉄所内で発生するダスト類を効率的に処理し、遺利の回収と有効利用を行なうと共に、環境保全を目的とした処理技術の確立は、近年重要な課題であり、当社においても和歌山製鉄所にSDR方式と鹿島製鉄所にSPM方式の2つの異なる処理設備を開発し、両方式とも昭和50年から稼働させ、順調な操業を続けている。これらの方式は、いずれもロータリーキルンを使用し、ダスト中に含まれるカーボンを還元材として有効に利用すると共に、ダスト中の亜鉛を分離回収し、金属化率の高い還元鉄を製造するものである。

本報告は、両方式の設備概要および操業実績について報告すると共に、SPM方式の炉内反応と造粒機構、SDR方式での粉化、ダムリング防止対策の検討結果について述べたものである。

2. 設備概要

設備の概要は第1表に示す通りである。

	SDR方式(和歌山)	SPM方式(鹿島)
工 程		
特 徴	1. 湿式混合 2. 還元材を全てペレット内に含有(含炭ペレット) 4. 低温予熱 (150~200℃)	1. 湿式混合 2. ロータリーキルン内塊成化 3. 篩下リサイクル装入 4. 設備単純
設備仕様	ダスト処理能力 20,000 t/月 (成品 13,000 t/月) ペレタイザー 5mφ×2基 ロータリーキルン 4.5mφ×71mL	ダスト処理能力 18,000 t/月 (成品 12,500 t/月) ロータリーキルン 3.9mφ×80mL

第1表 設備概要

3. 操業実績

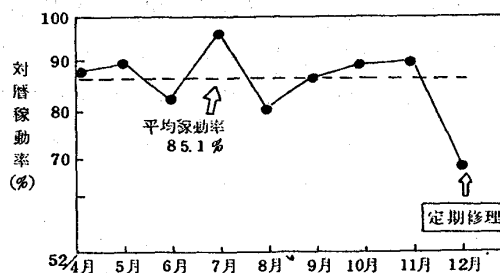
第2表 操業実績(52.4月~52.12月)

項目			SDR	SPM
原料	組成(%)	T, Fe	54.47	49.30
		C	9.29	11.86
		Zn	0.71	1.41
	受入量(T/Δ)		11,023	12,213
成品	組成(%)	T, Fe	77.64	69.68
		M, Fe	74.67	61.86
		C	1.30	1.49
		Zn	0.095	0.075
製品	金属化率(%)		96.2	88.8
	脱Zn率(%)		90.2	96.4
	圧縮強度(Kg/φ)		182.1	—
	粒度(%)		9.8 (-5mm)	55.5 (-6mm)
キルン熱原単位	生産量(T/Δ)		7,776	8,163
	燃料	焦炭(Kg/φ _{P.T.})	49.5	114.2
		焦炭(Kg/φ _{P.T.})	152.4	106.8
	消費熱量(Mcal/φ _{P.T.})		1,611.3	1,299.6
原料中C量	143.8 (Kg/φ _{P.T.})		177.5 (Kg/φ _{P.T.})	—
	総消費熱量(Mcal/φ _{P.T.})		2,618.0	2,733.8

第2表に示されているように、金属化率は90%以上を示し、脱亜鉛率も同じく、90%以上である。

また、熱原単位は、外装炭材ではSDR方式が1,611Mcal/φ.T. SPM方式では1,299.6Mcal/φ.T.と極めて少ない。

因みに、SDR方式の稼働率の52年4月~12月の推移を第1図に示す。



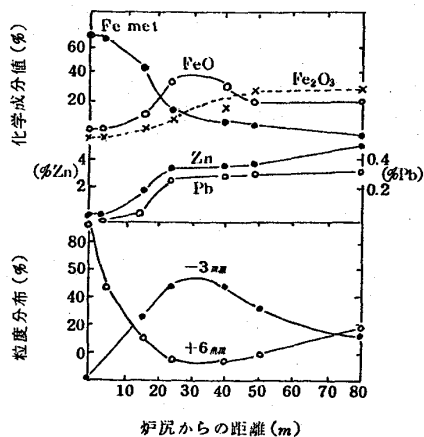
第1図 SDR方式の対暦稼働率推移

4. SPM方式における炉内反応と造粒

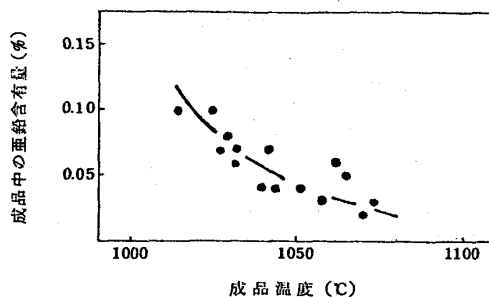
SPM方式はダスト還元鉄ペレットを製造するに際し、回転炉内で還元と同時に造粒をも行なう方式であり、粉体のシンタリング現象を直接利用したものであり、従来の事前にグリーンボールを製造する方式から1工程省略されている点に特徴を有している。しかしながら、還元炉内での現象は複雑であり、造粒機構と炉内反応の把握は安定操業のため極めて重要な問題であり、これまで種々の検討がなされてきた。

第2図は、SPM方式における供給原料粉の炉内での粒度変化ならびに炉内サンプルの分析結果を示す。図に示されているように、粒度構成は炉尻より30m附近で微粉が最大となり、一方、造粒されたものが最少となる。しかしながら、これから炉尻までの間に急速に造粒される。

このような、粒度構成の変化に伴う炉内成分の挙動と炉長との関係を第2図に示す。図に示されているように、FeO → Feの還元が急速に進行される過程と、脱Zn、脱Pbが進行する過程が一致し、また、造粒が急速に進行する過程とも一致している。



第2図 炉内成分分布と粒度構成(SPM)



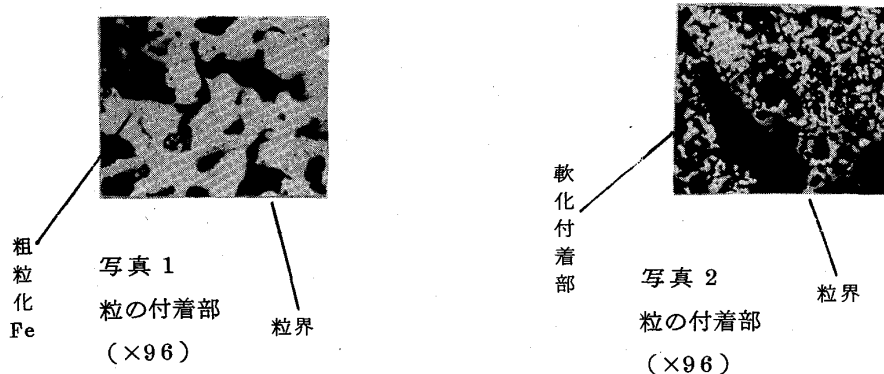
第3図 成品温度と成品中のZn含有量との関係(SPM)

第3図は、成品温度とZnの含有量との関係を示しており、図より1000℃以上で脱Znの進行が著しいことを示す。

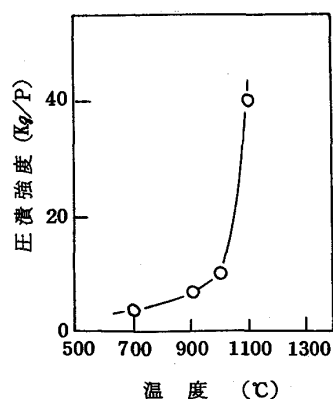
Fe分の金属化については、Boudouard 反応にもとづいて、Feまで金属化することは良く知られ、また、Zn については、原料組成の形態が、 ZnO 、 $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Zn であるところから、CO還元により、揮発濃縮されることは周知のところである。

Pbについては、ハロゲン化物としての低温での揮発とPbOの高温での還元揮発が考えられる。しかるに、PbOの高温揮発は、Pbの蒸気圧が1000℃では極めて小であるが、1100℃で10mmHg、以後、温度が上昇すると共に、急速に蒸気圧が増加することから、還元揮発が期待され、第2図のような挙動を示すものと推定される。

造粒についても、これらの炉内反応と密接な関係があることは、第2図から明らかであるので、炉内サンプルの顕微鏡調査を実施した。写真1、写真2は、炉内サンプルの例であり、写真2には、軟化付着に基づく、造粒がみられる。一方、写真1は、付着部が粗粒化した金属鉄、スラグ相がみられている。



そこで、これらの発生原因を調査するため、温度と圧潰強度と収縮との関係を調査した。その結果、第4図に示すように、1000℃以上で圧潰強度は急速に増加することが確かめられた。また、この場合、酸化処理を行なうことにより、写真1に示したと同様に、金属化したFeが粗粒化することがみとめられた。その状況を写真3に示す。このことから、キルン内での造粒に再酸化が極めて重要な役割をもつことが確認された。因みに、第5図は、小型回転炉における15mm以上の量と温度と雰囲気との関係を示しており、造粒におよぼす再酸化の影響が明らかである。



第4図 圧潰強度と温度との関係

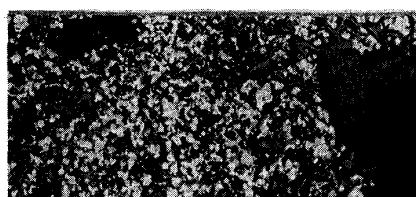


写真3 1000℃酸化時の付着部(白色部 FeO)

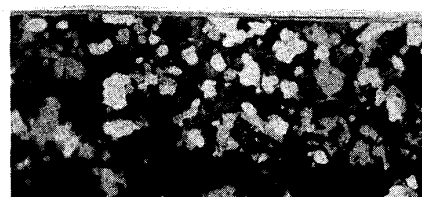


写真4
SiC系耐火物の
侵蝕状況

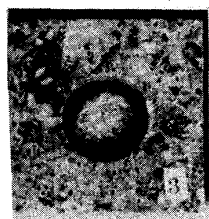
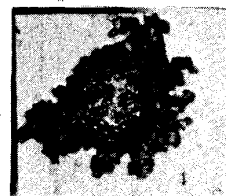


写真5
アルミナ系
耐火物の侵蝕
状況



5. ダムリングの防止と粉化防止

ダムリングの防止は、ロータリーキルン方式によるペレット製造においては、基本的な課題であり、これまで多くの研究がなされているが、根本的な解決を得るまでに至っていない。

そこで、当社においては、SDR方式を対象にして、ダムリング防止とその誘因となるペレットの粉化防止について、基礎的な検討を実施した。

5-1. ダムリング対策に対するSiO₂質耐火物の効果

ダムリングの発生については、炉尻から3～15mの付近に主として発生する。このダムリングについて、X線回折により組成調査を実施した結果、Hercynite, Iron, Cordierite が主組成であることが判明し、これは、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ の還元過程で、FeOが脈石成分のSiO₂, Al₂O₃と反応して、低融点のHercynite, Iron Cordierite 化することが考えられる。すなわち、Tridymite - Fayalite - Iron Cordierite の共晶点は1083℃であり、一方FeO→Feへの還元が、脱Znを考慮して、1100℃～1150℃まで昇温することから、融化付着する。そこで、種々の耐火物についてルツボ侵蝕試験により、耐侵蝕耐火物を見出す調査を実施した。

その結果、写真4、写真5に示すように、SiO₂質耐火物が耐侵蝕性が著しく良好なことを見出し、ダムリング付着防止に効果があることが確認された。

5-2 ペレット粉化防止のための石灰添加

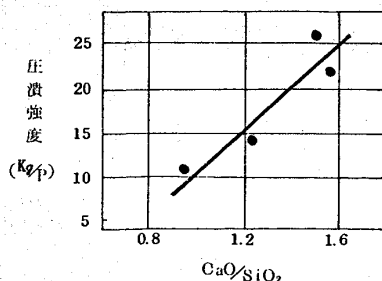
ロータリーキルン内でダムリングの発生する原因の1つとして、粉化したペレット片が融着することはよく知られている。

したがって、ペレットの炉内での粉化を極力防止することは、ダムリング対策として有効である。そこで、ペレットの粉化防止対策として、石灰添加の効果について基礎的な検討を実施した。

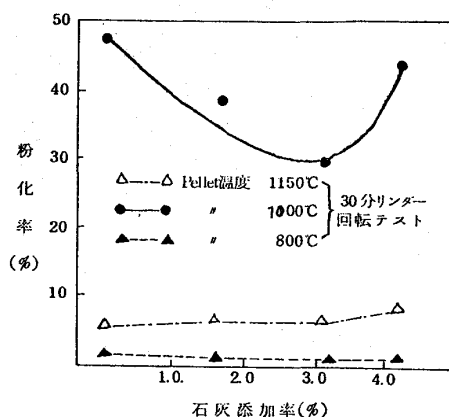
石灰添加ペレットについて、石灰を増加させて塩基度の変化させたときの塩基度と圧潰強度との関係を第6図に示す。図に示されているように、塩基度の増加と共に、乾燥ペレットの強度が増加することが確かめられ、粉化防止に効果を有することが確かめられた。

また、各温度でのリンダー回転試験を実施し粉化との関係を調査した結果は、第7図に示す通りである。図に示されているように、1000℃条件での粉化対策として、石灰添加効果があることが確かめられた。

以上、ペレットの粉化対策として、石灰添加が有効であることが確認された。



第6図 乾燥ペレット強度と塩基度の関係



第7図 回転粉化率と石灰添加効果との関係

6. 結 言

製鉄ダストの有効利用の観点から、SDR方式、SPM方式の2つの方式について開発した設備の概要と実績及びSPM方式の炉内反応、及びSDR方式のダムリング対策について述べた。