

回転炉床炉による製鉄ダスト・スラッジの有効利用

Effective Use of Steelmaking Dust and Sludge by Use of Rotary Hearth Furnace

市 川 宏^{*(1)}
Hiroshi ICHIKAWA

森 重 博 明^{*(2)}
Hiroaki MORISHIGE

抄 録

有価金属の効率的回収、ゼロエミッションの推進を目的として、製鉄プロセスにおけるダスト、スラッジの処理ニーズが高まっている。新日本製鐵プラント事業部は上記の製鉄ダスト・スラッジの処理ニーズ及び還元鉄製造ニーズを鑑み、1999年に米国のMR&E社から回転炉床法：DRyIron法を技術導入した。DRyIron法の特徴、光製鐵所に建設したステンレス鋼ダスト・スラッジ処理用の実機設備の概要について述べた。

Abstract

In order to effective collection of valuable metals and to promote zero-emission, needs for treatment of dust and sludge in steel making process has been raised. The Plant & Machinery Division of Nippon Steel Corporation has introduced DRyIron process, rotary hearth process from MR&E in USA in consideration of increased needs for treatment of dust and sludge and for production of direct reduced iron. This paper describes outline of DRyIron process and the actual plant constructed in our Hikari Works for treatment of stainless steel dust and sludge.

1. 緒 言

有価金属の効率的回収、ゼロエミッションの推進を目的として、製鉄プロセスにおけるダスト、スラッジの処理ニーズが高まっている。

一貫製鉄所のダスト、スラッジは、現状は焼結原料等として再利用されている。しかし、高炉装入亜鉛量に制限(日本では150～200g/t-pig ironに管理¹⁾)があるため、亜鉛含有量の多いダストの全量再資源化は困難となっており、余剰分は埋立処分されている。従って、亜鉛含有量の多いダストを脱亜鉛を主とした処理をすることにより、埋立処分費の削減、高炉主原料代替効果が期待されている。

ステンレス鋼のダスト、スラッジも現状は多くが埋立処分されている。このダスト、スラッジには有価金属分(Ni, Cr)が多く含まれている。従って、ステンレス鋼のダスト、スラッジにおいては、有価金属分の回収、埋立処分費の削減効果が期待されている。

普通鋼電炉の電炉ダストは、日本では特別管理廃棄物、米国では有害廃棄物(K061)に指定²⁾されている。現状は処理費(米国では150～250\$/t²⁾、日本でもほぼ同等)を払って処理を委託しているが、今後、更なる規制強化(埋立禁止、輸送規制等)により処理費用の高騰が懸念される。また、電炉ダストは亜鉛分が高いため、還元処理により亜鉛原料の製造メリットも享受できる。従って、普通鋼電炉の電炉ダストにおいては、処理費用の低減、亜鉛原料の製造メリットが期待されている。

これらの製鉄ダスト・スラッジの処理プロセスとして、脱亜鉛、有価金属及び鉄分の回収、亜鉛原料の製造等が可能な回転炉床炉が近年注目されている。

この回転炉床炉は、元々還元鉄製造プロセスとして開発されたものである。現在実機化されている天然ガスを用いるMidrex法、HyL法に対し、回転炉床炉法は粉鉱石と石炭を利用したプロセスであることから、天然ガスを産出しない地域においても還元鉄を安価に製造可能である。長期的には、電炉製鋼の伸長に伴う鉄源需要の増大に対し、良質スクラップの恒常的不足とスクラップの品質低下が問題となりつつあることから、トランプエレメントの少ない還元鉄がスクラップに代わる良質鉄源として期待されている。

新日本製鐵プラント事業部は上記の製鉄ダスト・スラッジの処理ニーズ及び還元鉄製造ニーズを鑑み、1999年に米国のMaumee Research & Engineering 社(以下、MR&E社と称する)から回転炉床法：DRyIron法を技術導入した。

本稿では、DRyIron法の特徴、光製鐵所に建設したステンレス鋼ダスト・スラッジ処理用の実機設備の概要について述べる。

2. 製鉄ダスト処理プロセスの比較

既存の製鉄ダスト処理プロセスの比較を表1に示す³⁾。回転炉床炉は、以下の点から他のプロセスに比べ優れているため、今後普及が進むと考えられる。

- ・設備費、ランニングコストが他方式より安価。
- ・他方式より処理能力が大きい。

^{*(1)} プラント事業部 製鉄プラントエンジニアリング第一部 マネジャー
北九州市戸畑区中原46-59 ☎804-8505 ☎(093)872-6703

^{*(2)} 光製鐵所 製鋼工場 マネジャー

表1 製鉄ダスト処理プロセスの比較

	回転炉床(RHF)	Waelzキルン	熔融型キルン	電炉タイプ	シャフト型
脱亜鉛率	90~97%	75~90%	99%	99%	99%
設計最大処理能力(10 ⁴ t/y)	40~50	8	6	3~5	5~8
トン当たり設備費	1	3	3~4	4~8	3~4
ランニングコスト	1	1.5~2	1.5~2	2~3	2~3
その他		キルン内付着物問題あり			
操業評価	○	△	△	△	△

- ・Waelzキルンに比較して脱亜鉛率が高い。
- ・Waelzキルン、熔融型キルンにおけるキルン内付着物問題がない。

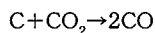
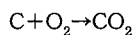
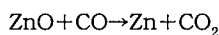
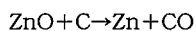
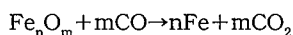
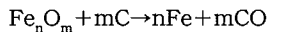
3. DRyIron法について

MR&E社は、1960年代にMidland-Ross社において回転炉床炉を開発した技術者が、1985年に独立して設立した会社である。米国のAmeriSteel社に電炉ダスト処理用、同じ米国のRouge Steel社に一貫製鉄所ダスト・スラッジ処理用のDRyIron法を用いた設備を建設する等、豊富な実績を有している。

DRyIron法は、粉状酸化鉄と粉炭の混合物の成型方法としてドライ・ブリケット方式を採用したこと、ブリケットの炉内への装入方法として特殊な振動フィーダーを採用したことを主な特徴としており、それらに関する特許を有している。

3.1 回転炉床炉の還元原理

炉内に装入されたブリケットの反応過程を図1に示す。炉内に装入されたブリケットは、バーナー燃焼による高温の炉内雰囲気下で輻射熱により加熱され、ブリケット内部の酸化鉄及び酸化亜鉛がブリケット内部の炭素により以下の反応で還元され、金属鉄の生成と共に還元された亜鉛はガス化し、系外に排出される。排ガス中の亜鉛は、集塵機により亜鉛の濃縮した二次ダストとして回収される。



ブリケット内部の酸化鉄、酸化亜鉛と炭素の反応のため、相互の緊密性、即ち内部まで密度が高いことが重要である。また、上部空間からの輻射伝熱のため、炉内にはほぼ一層に均一に並べることが重要である。

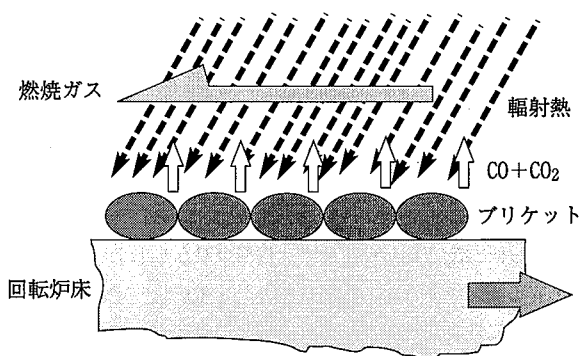


図1 回転炉床炉における還元原理

3.2 DRyIron法の特徴

DRyIron法の特徴は下記の通りである。

- (1) ドライ・ブリケット方式の採用による、低コスト（設備費、操業費）と高い反応性

従来のペレット方式では、成型時に8~13%の水分を添加する必要がある。炉内における爆発防止のため、原材料成形後の乾燥装置と燃料が必要となる。それに対してDRyIron法においては、ドライ・ブリケット方式の採用により、図2に示すように原材料成形後の乾燥装置と燃料が不要となる。

従来のペレット方式では、転がり成型のため、個々のペレットの大きさ及び密度が不揃いになることにより、図3(右)に示すように個々のペレットの還元状態が不揃いになる傾向にある。それに対してDRyIron法においては、ドライ・ブリケット方式の採用により、図3(左)に示すように個々のブリケットの大きさ及び密度が一定になることにより、個々のブリケットの還元状態が一定になる。従って、従来のペレット方式と比較して短時間で高い金属化率を達成できる。図4にブリケットの場合の普通鋼電炉ダストの鉄金属化率及び亜鉛、鉛、塩素の除去率の一例を示す。

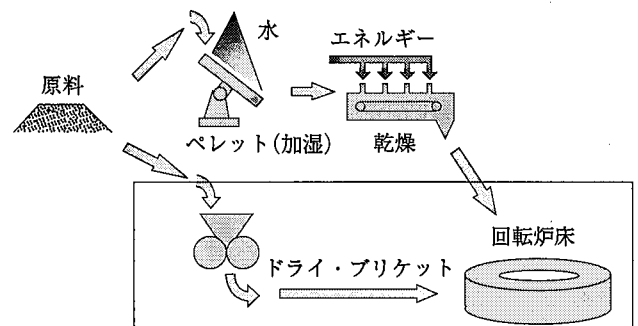


図2 成形後乾燥の要否

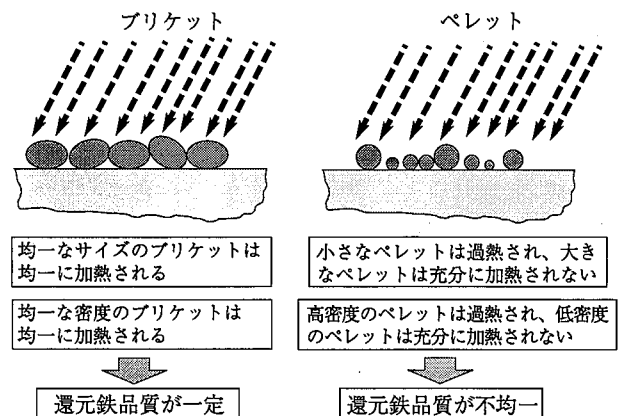


図3 サイズ、密度の比較

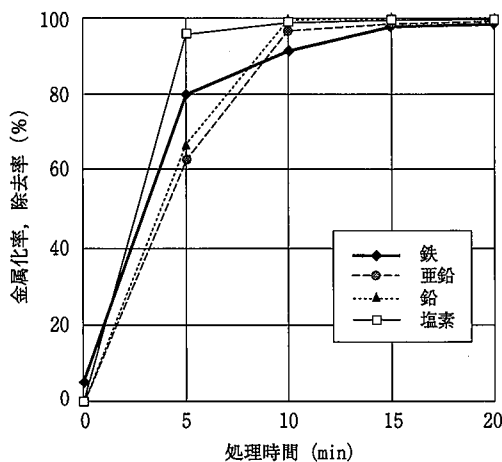


図4 鉄金属化率と亜鉛, 鉛, 塩素の除去率の一例

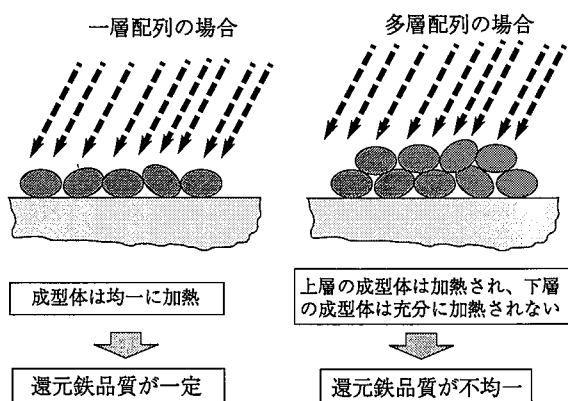


図5 炉床上の成型体配列の影響

(2) 特殊な振動フィーダー式原料装入装置の採用による炉内への均一装入性

炉内に装入された成型体は、上部空間から輻射伝熱により加熱されるため、炉内に多層に配列されると図5(右)に示すように上層の成型体は過熱され、下層は充分に加熱されないため成型体の還元状態が不均一になる。従って、図5(左)に示すように炉内にほぼ一層に均一に並べることが重要である。DRyIron法においては、特殊な振動フィーダー式原料装入装置の採用により、炉内にほぼ一層に均一に並べることを実現している。この装入装置は、成型体に外力がかからず、装入時の粉化が少ないという特長もある。

4. 光製鐵所の実機設備

4.1 設備概要

本設備は、図6に示すように電気炉集塵ダストのみでなく高水分の酸洗ラインの湿潤スラッジ(水分54%)、高含水スケール(水分90%)を処理することを特徴としている。配合後の処理原料成分の一例を表2に示す。

概略レイアウトを図7に示す。処理量は60,000wet-t/y(25,200dry-t/y)、回転炉床炉外径は約15m、炉内の処理時間は約15minである。

湿潤スラッジ、高含水スケールは、湿潤原料ホッパーからコンベアを介して乾燥機に装入され乾燥される。乾燥されたスラッジ、スケールに、集塵ダスト、還元材(粉コークス)を追加し、混練機で混練し、成型機でブリケットに成型する。このブリケットの水分は約

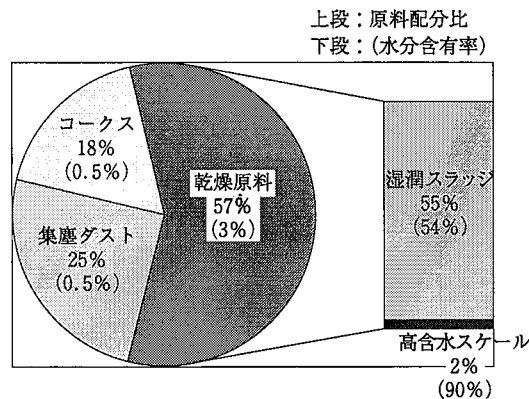


図6 光製鐵所の処理原料配合の一例

表2 配合後の処理原料成分の一例

Fe	Ni	Cr	Zn	Ca	S
19.7%	1.7%	4.6%	1.5%	15.7%	0.6%

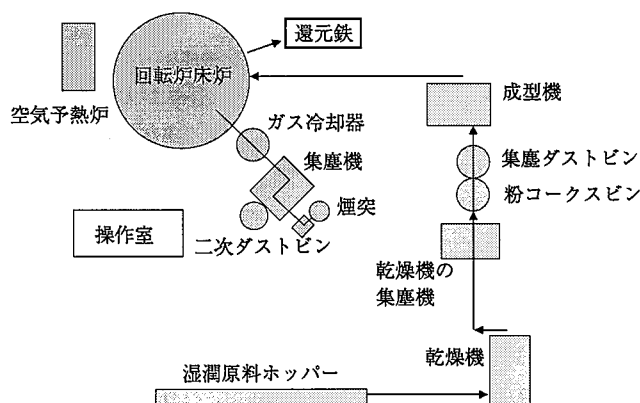


図7 光製鐵所実機設備の概略レイアウト

3%と低いため、乾燥せずに回転炉床炉にそのまま装入する。

ブリケットはドーナツ状の回転炉床炉中で輻射伝熱により加熱され、ブリケット中の酸化鉄は金属鉄に還元されると共に還元された亜鉛はガス化し、系外に排出される。回転炉床が一回転した後、還元ブリケットは排出スクリーンで炉外に排出され、保温容器に入れられ、熱間で電気炉にリサイクルされる。還元ブリケットの冷却装置も設置されており、冷却の後、電気炉及びAOD(Argon oxygen decarburization system: ステンレス用の脱炭炉)にリサイクルすることもできる。

4.2 操業状況

本設備は2001年6月より本格操業を開始した。図8に示すように、本格操業以降は80%前後の稼働率で順調に稼働中である。安定的な処理を行うに当たり、最も重要な技術的ポイントは原料配合の安定化である。本設備は図6に示すように、湿潤スラッジ、高含水スケールを処理するため、当初その含水率の変動により乾燥後の重量が変動し原料配合比が安定せず、成型ブリケットの強度及び歩留が低下する問題があった。制御ロジックを搬送量一定制御から配合比一定制御に変更することにより、図9に示すように配合比の変動を小さくすることが出来た。それにより、バインダー不使用において成型ブリケットの強度及び歩留を向上することが出来た。

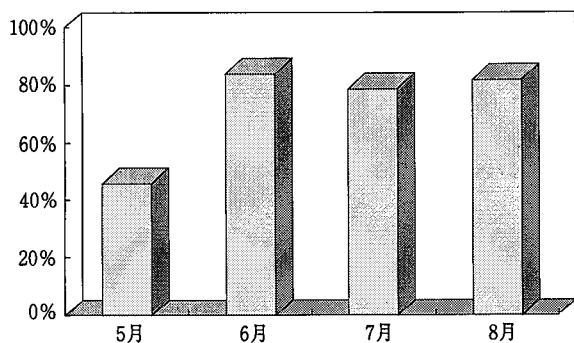
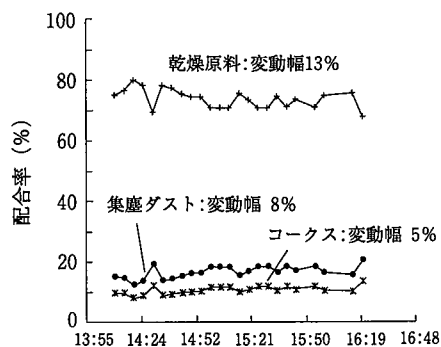
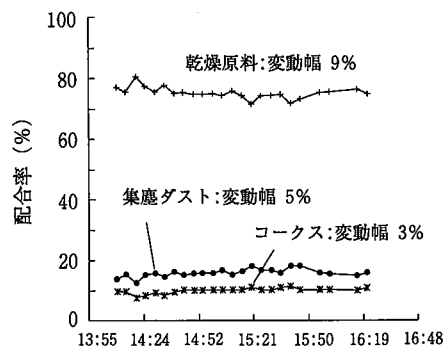


図8 立上後の稼働率



(a) 搬送量一定制御による配合比の変動



(b) 配合比一定制御による配合比の変動

図9 制御方法による原料配合比の変動の一例

還元鉄の鉄金属化率は70～80%，Ni金属化率は92%～100%であり，電気炉及びAODへのリサイクルによる有価金属の回収がなされている。

5. 結 言

DRyIron法の特徴，光製鐵所に建設したステンレス鋼ダスト・スラッジ処理用の実機設備の概要について述べた。有価金属の効率的回収，ゼロエミッションの推進を目的として，製鉄プロセスにおける鉄分含有製鉄ダスト・スラッジの処理ニーズは益々高まると予想される。

新日本製鐵は，本稿で述べたDRyIron法等を基に，長年培ってきた製鐵関連の設備技術，操業技術と今後の先端技術を合理的に組み合わせ，21世紀の世に適う製鉄ダスト・スラッジ処理設備及び鉄源設備の開発・実機化を今後とも鋭意進めていく所存である。

参考文献

- 1) 石井邦宣ら：鉄と鋼，81 (4)，11(1995)
- 2) NEW STEEL, October 1995
- 3) 織田博史：日本鉄鋼協会生産部門 第91回製鉄部会，2001.6.21