

回転炉床炉(RHF)による電気炉ダスト処理技術

～高亜鉛含有ダスト処理技術の確立～

Dust recycling technology for electric arc furnace using RHF

中山 俊孝* Toshitaka Nakayama

製鉄プラント事業部
製鉄 PE 第一部 商品技術室
製鋼・エコファーマス技術グループ マネージャー

谷石 彦文 Hikofumi Taniishi

製鉄プラント事業部
製鉄 PE 第一部 商品技術室
製鋼・エコファーマス技術グループ長

抄 録

当社は1999年 MR&E 社から回転炉床炉(Rotary Hearth Furnace)を技術導入し、この10年間で計8基の商業設備を納入している。この間、様々な設備技術、操業技術の開発を行い、高炉ダストから電気炉ダストまで多種多様な製鉄ダストを RHF 設備で処理できるように進化させてきた。

電気炉ダストは高炉系ダスト、ステンレスダストと比べて亜鉛を中心とする揮発成分が非常に多く、処理が難しいと言われてきたが、これら揮発成分に対して十分な設備対策を行うことにより、安定稼働を達成している。

Abstract

Last 10 years, Nippon Steel Engineering has built 8 commercial plants of Rotary Hearth Furnace(RHF), and has been developing the RHF technology in order to recycle various wastes from steel making process effectively.

In 2007, we started up our first RHF plant for electric arc furnace dust in Japan. In general, it is very difficult to dispose electric arc furnace dust because of a great amount of volatile matter. But we have achieved successful operation, taking counter-measures against the volatile matter.

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。

当社はこうした近年の製鉄廃棄物処理ニーズの高まりを受けて、1999年に米国の MR&E 社より回転炉床炉(RHF 設備)を技術導入し、2001年5月に新日鐵住金ステンレス(株)殿向けに第一号機を納入し

た。その後、国内外で実績を重ねながら、処理対象物の範囲を高炉ダストから電気炉ダストまで拡げ、現在、国内4基、海外4基の実機設備が稼働している。

本稿では、電気炉ダスト向け RHF 設備の第一号機として受注した朝日工業(株)殿向け RHF 設備の概要と電気炉ダスト処理技術確立への取り組みについて述べる。

表1 NSEC 式 RHF 設備実績表

Table 1 Supply list of NSEC's RHF plant

納入先	国名	立ち上げ時期	処理能力(t/y)	処理対象物
新日鐵住金ステンレス(株) 光製造所	日本	2001年5月	28,000	ステンレスダスト、スラッジ
新日本製鐵(株) 君津製鐵所	日本	2002年12月	130,000	高炉系ダスト、スラッジ
朝日工業(株) 埼玉事業所	日本	2007年4月	10,000	電気炉ダスト
中国鋼鉄	中国/台湾	2007年12月	130,000	高炉系ダスト、スラッジ
新日本製鐵(株) 君津製鐵所	日本	2008年3月	310,000	高炉系ダスト、スラッジ
馬鞍山鋼鉄	中国	2009年5月	200,000	高炉系ダスト、スラッジ
PNR*(浦項)	韓国	2009年9月	200,000	高炉系ダスト、スラッジ
PNR*(光陽)	韓国	2009年12月	200,000	高炉系ダスト、スラッジ

※POSCO-Nippon Steel RHF J/V

2 電気炉ダスト処理の現状

普通鋼電気炉ダストは、日本国内で年間40~50万t程度発生している。この内、60%が亜鉛回収業者による委託処理、30%が埋立処理、残り10%がセメント原料等にリサイクルされている¹⁾。

亜鉛回収業者においては、主にロータリーキルンにより亜鉛等が回収されている。しかし、キルンから排出されるクリンカー(鉄滓)の処理費用高騰や電気炉ダストに含まれるダイオキシンに伴う環境問題から委託処理費用が高騰しつつあり、地域によっては処理トン当たり20,000円を大きく超えるところもある。

また、埋立処理においても、特別管理廃棄物である電気炉ダストは適正な処理をした上での埋立が義務付けられているため、委託処理費用が高騰しているのに加えて、新たな埋立地の確保が難しく、処分場の容量が逼迫している。

以上の状況から、自社工場内でダストをリサイクルできるオンサイト型の電気炉ダスト処理設備のニーズが高まりつつある。

RHF 設備は一般的な電気炉ダスト処理設備であるロータリーキルン(Weltz キルン)に比べて以下の点で優れており、オンサイト型の電気炉ダスト処理設備として今後普及が進むものと期待されている。

- ①設備費、ランニングコストが安い
- ②ダムリング等の作業上の問題が少ない
- ③ダストの固体飛散(Solid loss)が少なく、高品質の粗酸化亜鉛を得ることが可能
- ④炉内温度が高温であるため、電気炉ダストに含まれるダイオキシンを完全に熱分解することができる

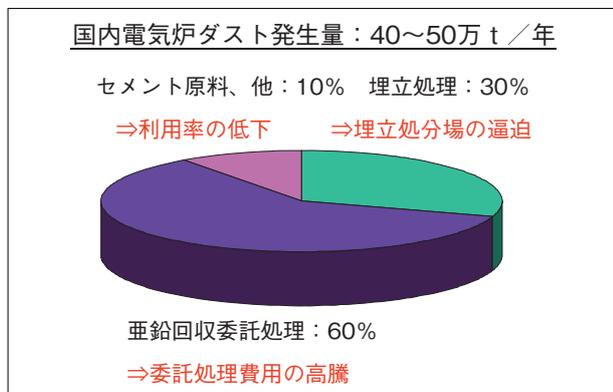


図1 国内電気炉ダストの処理実態
Fig. 1 Disposal condition of EAF dust in Japan

3 電気炉ダスト向け RHF 設備の概要

2006年、当社は朝日工業(株)殿向けに日本初の電気炉ダスト向け RHF 設備を受注し、2007年5月から操業を開始した(図2及び表2参照)。電気炉ダスト向け RHF 設備の設備フローを図3に示す。

原料である電気炉ダストは還元材であるコークス粉と適正な比率で混合され、成型機でブリケットに成型された後、ドーナツ型の回転炉床炉(RHF)に装入される。炉内に装入されたブリケットは高温の炉内ガスで20~25分間加熱されることにより、ブリケット内部の酸化鉄がブリケット内部の炭素及び一酸化炭素により還元され、金属鉄を多く含んだ還元製品として排出される。還元製品は浸水式の冷却コンベアで常温まで冷却された後、電気炉でスクラップと一緒にリサイクル(溶解)される。

一方、ブリケット内部の酸化亜鉛は炉内での還元反応により揮発、除去され、バグフィルターにおいて亜鉛分が濃縮した二次ダスト(粗酸化亜鉛)として回収され、亜鉛精錬業者に外販される。

また、RHF の炉内温度は1200℃以上の高温に保たれているため、電気炉ダストに含まれるダイオキシンは炉内で完全に熱分解される。更に、RHF の排ガスをスプレー冷却塔で急速冷却することにより、ダイオキシンの再合成防止を図っている。

4 電気炉ダスト向け RHF 設備における技術課題と対策

電気炉ダストは、表3に示すように、高炉系ダストやステンレスダストに比べて、亜鉛(Zn)をはじめとする揮発成分が非常に多く含まれている。電気炉ダスト向け RHF 設備においては、これら揮発成分に対して十分な設備対策を行い、安定稼働を図ることが重要である。

表3 製鉄ダストの化学成分比較
Table 3 Chemical composition of steel waste

	T・Fe	C	Zn	Pb	Na	K	Cl	F
電気炉ダスト	24.9%	1.6%	34.2%	1.8%	0.8%	0.7%	3.7%	0.07%
高炉系ダスト	46.0%	11.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	
ステンレスダスト	26.4%	0.6%	5.2%	0.5%	2.8%	0.8%	2.6%	

揮発成分



図2 朝日工業殿向け RHF 設備外観
Fig. 2 RHF plant in Asahi Industries

表2 朝日工業殿向け RHF 設備仕様
Table 2 Main specification of RHF plant in Asahi Industries

設備仕様	
ダスト処理能力	10,800t/y (1.6t/h)
処理原料	電気炉ダスト (普通鋼)
原料前処理設備	成型方法: ブリケッター
回転炉床炉	炉床外径: 9m、炉幅: 1.5m
	炉内温度: 1250℃
	還元時間: 20~25min
排ガス処理設備	製品冷却方法: 浸水冷却方式
	RHF→スプレー冷却塔→バグフィルター

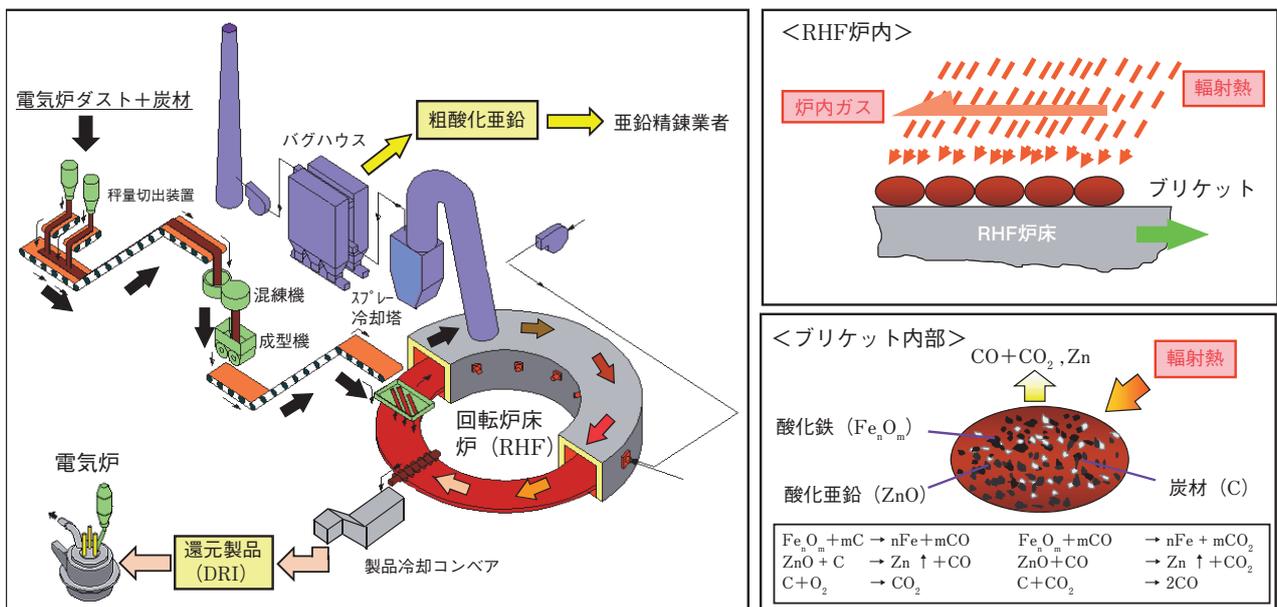


図3 電気炉ダスト向け RHF 設備のプロセスフロー
Fig. 3 Process flow of RHF plant for EAF dust

4.1. RHF 炉内における対策

4.1.1. 金属亜鉛の付着対策

RHF での還元反応により酸化亜鉛 (ZnO) は金属亜鉛 (M-Zn) となり揮発する。金属亜鉛は沸点が約 900℃ と比較的低温で凝縮するため、雰囲気温度が低い炉床台車 - 側壁間に付着・成長しやすく、炉床台車の回転負荷を大きく増加させることがある。

この技術課題に対して、当社では付着物除去装置を設置し、金属亜鉛を積極的に除去することにより、炉床台車の回転負荷を安定させている²⁾。

4.1.2. 耐火物のアルカリ膨張対策

製鉄ダストには Na、K 等のアルカリ金属が主に

塩化物の形で存在しており、これらは RHF での還元処理によりガス化し、その一部が炉内耐火物の表層部に浸潤する。アルカリ成分が浸潤した耐火物は体積膨張率が増加するため、表面剥離が繰り返し発生し、耐火物寿命が短くなる。

当社では、このアルカリ浸潤に伴う耐火物の表面剥離を防止するために、燃焼ガス成分との反応により表面上に緻密な組織を形成し、アルカリ金属の浸潤を防止する特殊な長寿命耐火物を採用している。

この耐火物を採用することにより、電気炉ダスト処理により発生する高アルカリ雰囲気下においても、耐火物の寿命を延長させることが可能となっている。

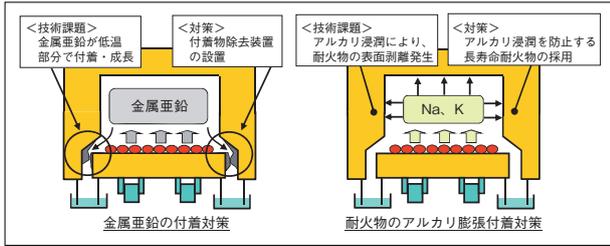


図4 RHF 炉内における対策
Fig. 4 Counter measures for stable operation in Rotary Hearth Furnace

4.2. 排ガス処理設備における対策

4.2.1. RHF 出口ダクトでの金属亜鉛付着対策

RHF 出口の排ガスダクトにおいては、金属亜鉛が排ガスダクト内面に融着、成長することがある。

これに対して、RHF 炉内の操業条件を金属亜鉛が融着しない最適な条件でコントロールすることにより、排ガスダクトへの金属亜鉛の融着を防止している。

4.2.2. 排ガスダクトへの二次ダスト付着対策

二次ダストは粒子が細かく、物理的圧縮性が高いため、スプレー冷却塔以降の排ガスダクトのガス流れに乱れや衝突が発生する箇所において、二次ダストが強固に固着することがある。特に、排ガス流速が大きい場合にはその傾向が強まることがわかっている。

これに対して、排ガス流速を二次ダストの固着が発生しない最適な範囲に設定するとともに、付着ダスト除去装置を設置することにより、排ガスダクトへの二次ダストの固着を防止している³⁾(図5参照)。

4.2.3. バグフィルター寿命延長対策

二次ダストには低融点で潮解性を有する塩化物が多く含まれているため、バグフィルター表面に二次ダストが大量付着することにより、フィルター寿命が低下することがある。

当社では、二次ダストの大量付着を防止するために、バグハウス通過排ガス条件(排ガス温度、排ガス中水分)を二次ダスト性状に応じた最適な条件に設定するとともに、パルスジェット装置を中圧・大風量タイプとすることにより、二次ダストの払い落とし能力を強化している(図6参照)。



図5 排ガスダクトへの二次ダスト固着状況
Fig. 5 Secondary dust sticking at off-gas duct



図6 バグフィルターへの二次ダスト付着状況
Fig. 6 Secondary dust sticking at bag filter

5 実機設備の稼働状況

朝日工業殿向け RHF 設備の操業状況を表4に示す。稼働率については、定修・年修を除いて、80～85%の範囲で順調に推移している。

還元製品の Fe 金属化率(浸水冷却後)は60～70%、脱 Zn 率は70～90%であり、製造した還元製品は全量、鉄源として電気炉でリサイクルできている。また、粗酸化亜鉛の Zn 含有率は60～65%と非常に高く、高品質の亜鉛精錬原料として亜鉛精錬メーカーに外販されている。

尚、RHF 設備から大気に排出される排ガス成分については、NO_x、SO_x、ばいじんの排出量が低い

表4 操業状況
Table 4 Operation data of RHF in Asahi Industries

項目	実績値	備考
稼働率	% 80～85	年修、定修除く
還元製品(冷却後)	Fe 金属化率 % 60～70	全量、電気炉へリサイクル
	脱 Zn 率 % 70～90	
粗酸化亜鉛	Zn 含有率 % 60～65	亜鉛精錬メーカーへ販売

表5 排ガス測定値
Table 5 Emission gas data of RHF in Asahi Industries

項目	測定値	基準値	備考
NO _x	ppm 21	220	O ₂ 14%換算
SO _x	m ³ N/h 0.19	9.3	排出量
ばいじん	g/m ³ N 0.005未満	0.15	
ダイオキシン	ng-TEQ/m ³ N 0.088	—	ばい焼炉のため基準値なし

だけでなく、規制が無いダイオキシン排出量についても産業廃棄物処理設備の規制値(0.1ng-TEQ/m³N)をクリアしており、環境に非常に優しい設備であることを証明している。

6 結言

以上、本稿では、電気炉ダスト向け RHF 設備の概要と電気炉ダスト処理技術確立への取り組みについて述べた。

当社では技術導入以降、様々な設備技術、操業技術の開発を行い、高炉ダストから電気炉ダストまで多種多様な製鉄ダストを RHF 設備で処理できる技術を確立した。こうした取り組みが環境貢献活動として高く評価され、2010年7月にはエンジニアリング振興協会功労者賞を受賞するに至った。更に、馬鞍山鋼鉄との J/V である『馬鞍山中日資源再生技術有限公司』を新たに設立し、中国国内での RHF 設備の拡販を開始したところである。

今後も RHF 設備による製鉄ダストリサイクル技術を国内外へ普及させていくとともに、更なる省資源、省エネルギーに向けての技術開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) NEDO,JRCM：省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発，事後評価説明資料(2003)
- 2) 公開特許 2010-223555, 2010-223556, 2010-223557
- 3) 公開特許 2009-287887