三池製錬(株)における製鋼煙灰処理*

平 山 義 己¹

EAF Dust Treatment at Miike Smelting

by Yoshimi HIRAYAMA

MF is a half shaft blast furnace which has been developed at Mitsui Miike Smelter in the 1960's to treat vertical retort residue. The MF has also been tested for treatment of various recycling materials and wastes. Now various secondaries and wastes (EAF dust, zinc leaching residue, Cu-Ag sludge, etc.) are mainly treated. Powder materials are briquetted with reductant before being fed to the furnace. Products are crude zinc oxide, matte, non-hazardous slag and steam. Zinc and lead are recovered in oxide dust, and copper and silver are recovered in matte. The MF can be widely applied to many kinds of materials which contain such non-ferrous metal-valuables. In addition, the improvement in operation and technology has effectively made the unit capacity much larger. The MF now has many advantages for these treatment processes.

1. 緒 言

三池製錬(株)では、MF炉を主体としたMFプロセスにより、製鋼煙灰などの産業廃棄物の無害化処理と有価物の回収を行っている。1986年以降、MF炉は1基のみの操業が続けているが、その間コストダウンを図りながら増処理のための取り組みを行ってきた。現在、MF炉の処理能力は操業当初の2倍近くにまで増大し、年間約9万tのリサイクル原料の処理を行っている。今回は、MFプロセスの概要ならびに最近の諸改善の成果について報告する。

2. MFプロセスの概要

2・1 三池における亜鉛製錬と鋅滓処理の歴史

三池では、1913年に水平蒸留炉により亜鉛製錬を開始して以来、電気製錬、堅型蒸留炉を設置し、最盛期には10万8千t/年の亜鉛を生産していた。これらの工程より産出される鋅滓は溶鋅炉により一部処理されていたが、増加する鋅滓と従来からの堆積鋅滓を処理する目的でMFプロセスが開発され、1965年に実用規模のMF1号炉の操業が開始された。

1965年から1985年までの20年間にMFプロセスで処理された鋅滓は約210万tに達し、ほとんどの堆積鋅滓の処理を完了した。

1985年に亜鉛製錬部門の合理化により三池での亜鉛地金の生産が停止された後は、それまで少量しか処理されていなかった社外のリサイクル原料の処理を本格的に行うことになった。現在では、MF炉1基で年間約9万tのリサイクル原料の処理を行っている。

表1に三池における亜鉛製錬と鋅滓処理の歴史について示す。

2・2 MFプロセスの特徴

現在、MFでは製鋼煙灰を主体に処理を行っているが、亜鉛電

鋅滓(赤渣)や銅、銀系のリサイクル原料も処理している。表2にMF原料の構成を示す。

図1にMF工程のフローシートを示す。

製団工程では、製鋼煙灰、亜鉛電鋅滓などの原料と、フラックスとしての珪石、および石炭が定量切り出しされ、ドライヤに送られる。ここでバインダであるパルプ廃液が添加され、混合と水分調整がなされる。それからロッドミルで粉碎混練された後、こぶし大にブリケットングされ、連続的に炉に供用される。

MF炉では、亜鉛・鉛を含む粗酸化亜鉛とマットおよびスラグが産出される。このスラグは安定で無害であり、セメント原料として販売されている。粗酸化亜鉛は、炉の排ガスとともに炉外に排出され、ボイラ、クーラ、バッグで捕集される。煙灰捕集後の排ガスは脱硫処理されて大気中に放出される。粗酸化亜鉛は塩素とフッ素を除去するために洗浄処理され、脱水後、脱ハロゲン粗酸化亜鉛として亜鉛製錬原料となる。図2にMF炉の概念図を、また表3にはMF炉(新1号炉)の現在の設備仕様を示す。

装入シュートに供給された製団鋅は、コーキングゾーンで炉ガスの一部と接触することにより乾燥・予熱をされた後、炉内の溶鋅ゾーンに入る。ここでは炉の片側に一列に配置された羽口より予熱空気が吹込まれ、亜鉛や鉛は還元・揮発し、炉の側面より導入された2次空気により再酸化されて粗酸化亜鉛となる。銅や貴金属はマット中に濃縮され、スラグとともに連続的に炉から排出され、セトラで比重分離される。スラグは連続的に水砕され、マットは適時抜き出される。このように亜鉛、鉛、銅、貴金属の低品位物質から、これらの金属を同時に回収できることが、MFの主要な特徴である。

表4にMF供用・産出物の代表的な組成を示す。MF炉に供給された亜鉛の85~90%と、鉛の90~95%、および銀の約15%が粗酸化亜鉛として回収され、また銅の85%と銀の70%はマットとして回収される。

また、炉と廃熱ボイラが一体となった構造で、効率的な熱の回

* 1993年4月26日受付 9月21日受理

1. 三池製錬(株)社長

キーワード: 製鋼煙灰, MF, リサイクル処理, 粗酸化亜鉛, 製団

表1 三池における亜鉛製錬と鋅滓処理の変遷

年次	亜鉛製錬プロセス	鋅滓処理プロセス
大正 2 (1913)	水平蒸留炉操業開始	
6 (1917)	焼鋅硫酸工場操業開始	
昭和 11 (1936)	亜鉛電解工場操業開始	
27 (1953)	堅型蒸留炉操業開始	焼結・溶鋅炉・揮発炉方式開始
29 (1954)		
40 (1965)	水平蒸留炉休止	MF 1 号炉 (80 t/日) 操業開始
41 (1966)		MF 2 号炉 (80 t/日) 操業開始
44 (1969)	堅型蒸留炉 32 炉完成	MF 3 号炉 (120 t/日) 操業開始
45 (1970)		
48 (1973)		MF 4 号炉 (150 t/日) 操業開始
49 (1974)		MF 1, 2 号炉休止
		MF 1, 2 号統合大型炉 (200 t/日) 操業開始
50 (1975)	電解工場休止	新 MF 1 号炉 (200 t/日) 操業開始
51 (1976)		焼結・溶鋅炉・揮発炉方式休止
54 (1979)	堅型蒸留炉 12 炉へ縮小	MF 1, 2 号統合大型炉休止
57 (1982)	焼鋅硫酸工場休止	MF 3 号炉休止
61 (1986)	堅型蒸留炉休止	MF 4 号炉休止 (現在は, MF 新 1 号炉のみ稼働中)

表3 MF 炉の設備仕様

炉長 m	羽口数 本	原料処理量 t/日	炉床効率 t/日・m ²
7.8	26	400	35.4

表4 MF 供用・産出物の代表的な組成

	Zn %	Pb %	Cu %	Ag g/t	Fe %
製団鋅	11	2	0.6	90	20
粗酸化亜鉛	56	11	0.1	120	0.8
マット	2	0.3	55	1900	20
スラグ	3.5	0.3	0.5	30	40

表5 MF 主要原料の組成と供用割合の推移

	組成 (% , g/t)							供用割合 (%)				
	Zn	Pb	Ag	Cu	Fe	S	SiO ₂	'80	'82	'88	'89	'90
製鋼煙灰	20	4	80	0.2	30	0.3	4	20.1	33.5	49.8	46.6	52.6
亜鉛電鋅滓	18	4	200	0.8	30	4	7	49.0	18.4	10.8	15.2	14.8
堅型蒸留滓	6	5	100	1	19	5	14	25.5	39.4	16.4	14.9	0.6
銅銀滓	17	13	230	17	5	6	3	0.2	0.9	5.1	5.4	6.3
溶剤・その他								5.2	7.8	17.9	17.9	25.7

表2 MF 原料構成 (t/年)

製鋼煙灰	亜鉛電鋅滓	銅銀滓	その他	合計
70,000	10,000	5,000	5,000	90,000

図1 MFプロセスのフローシート

表6 製鋼煙灰の脱塩素処理

	Cl %	Zn %	水分 %
処理前	4.5	20	< 1
処理後	< 0.5	20	15

図2 MF炉の概念図

収が可能である。

3. MFプロセスにおける最近の諸改善

3・1 MF原料の変遷とボイラの改善

前述のように、MF炉は堅型蒸留炉の鋅滓を処理する目的で開発された。しかし1986年に堅型蒸留工程が休止されると、それまでは少量しか処理していなかった製鋼煙灰などの社外リサイクル原料の割合が高くなり、MF原料は大きく変化した。表5にMF

図3 製鋼煙灰の脱塩素処理の概念図

図4 MFボイラの構造

原料の供用比率の推移を示す。製鋼煙灰の供用比率が増すにつれて、それに含まれる塩素によるMFボイラチューブの腐食が顕著になった。そのためペレット状で入荷される製鋼煙灰をストレージビン中で散水洗浄して脱塩素した後で、MF炉に供用する方法を採用した。製鋼煙灰の脱塩素の概念図を図3に、脱塩素の効果

表7 MFにおける熱バランス

入 熱		出 熱	
項 目	%	項 目	%
石 炭	71	蒸 気	59
空 気	8	ス ラ ッ グ	8
廃 棄 物	21	マ ッ ト	0
		煙 灰	0
		排 ガ ス	12
		冷 却 水	11
		放 射 ロ ス	10
合 計	100	合 計	100

図5 MFマットのCu%と原料のCu/S比

図6 MFマットのCu品位の推移

を表6に示す。

MFにおける塩素負荷が増加するにつれて、ボイラチューブの腐食が激しくなり、特に高温にさらされるスーパーヒータ (SH) 部分の腐食が顕著であった。そこで、第1の改造としてSHの前半分を蒸発管に変更し、SH部の伝熱面積を減少させ、蒸気温度を低下させることにより、SH部の熱負荷を減少させるとともに、蒸発量の増加をはかった。これにより蒸発量は14.6 t/hから16.3 t/hに増加した。ボイラの構造を図4に示す。

第2の改造は、SH部の損傷箇所がチューブ下部のベンド部に集中したため、この部分にニッケル・クロム合金の溶射コーティングを行った。その結果、溶射部分での損傷はほとんど生じなくなった。

MFの処理量が6万 t/年に達し、ボイラの蒸発量も最大能力である16.3 t/hに切迫したため、吹込み空気量を抑えてボイラの蒸発量が最大能力をオーバーしないようにコントロールしなければならなくなり、MF増処理の障害となってきた。そこで1989年にボイラの最大能力を23.3 t/hに増強した。

MF炉へは、廃タイヤや廃プラスチックなどの直投も可能であり、これらの燃焼熱も蒸気として回収されている。表7にMFの熱バランスを示すが、供給された熱量の約60%が蒸気として回収されており、これは売却および自家発電に利用されている。

3・2 MFマットの高品位化

MFマットのCu品位は図5に示すように、原料中のCu/Sの比率に大きく依存している。操業開始当時のMFマットは、Cu 3～4%、Ag 500～600 g/tの低品位であったが、その後堅型蒸留滓や電鍍滓の供用比率の減少によるS品位の低下と銅銀滓の供用量の増加によって、1990年にはCu 50～60%のマットを産出するようになった。図6にMFマットの銅品位の推移を示す。

3・3 MFの増処理

1986年以降、MFは1基で操業が行われてきたが、その処理能力の増加のための改善がなされてきた。

製団工程は、かつて4基のMFに同時にブリケットを供給していたので、MF増処理に十分対応できる生産能力を有している。そこで、均質で強固なブリケットを安定的にMFに供給できるための改善がはかられた。1989年にコンピュータシステムを更新し、プラントのモニタリングおよびコントロールを強化した。その結果、11鉱種にもよるMF原料や石炭、珪石がピンから所定の割合で安定的に切り出されるようになり、ドライヤでの水分コントロールも改善され、製団鉱の組成と水分が安定し、均質で強固なブリケットの生産が実現された。

MF炉においては、処理能力アップのために吹込み空気についての改善が行われた。ブリケットが強固になり炉内の鉱層の通気抵抗が減少したことが、吹込み空気量の増加を可能にした。羽口ファンとプレヒータが更新・増強された結果、羽口空気の吹込み

表8 MF炉の吹込み空気量の増強

	吹込み空気量 Nm ³ /min	温 度 ℃
改 善 前	270	280
改 善 後	350	320

図7 MF処理量の推移

図8 MF加工費の低減 (1983年を100)

量と温度は表8に示すようにそれぞれ増大した。これらの改善によってMFの処理能力は大幅に増大し、9万 t/年の処理量を実現した。図7にMF処理量の伸びを示す。

3・4 加工費の低減

MFにおける加工費は、主要原単位等の削減、低価格品への切替により、大幅に低減された。図8に原料 t 当たりのMF加工費の推移を示したが、対83年度比で約30%減を達成している。

4. 結 言

環境問題が厳しくなる中で、MFプロセスは特に非鉄金属を含有する廃棄物のリサイクル処理に、その独自の技術で大きく貢献できるだろう。MFプロセスをさらに効率的で経済的なプロセスへと発展させていきたい。