

# MFプロセスによる電炉ダスト処理

村山 康幸\*

Yasuyuki MURAYAMA

MF Process for EAF Dust Treatment

## 1 緒言

三池製錬(株)では、MF (Mitsui Furnace) 炉を主体としたMFプロセスにより、電炉ダスト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。MF炉は半溶鉱炉(half shaft blast furnace)という実にユニークな炉であり、多種の金属を効率的に回収できるという優れた特徴を持っている。そこでMFプロセスの概要と特徴、ならびに電炉ダストなどのリサイクル処理の現状について報告したい。

亜鉛製錬が開始されて以来、電気製錬、堅型蒸留炉を設置し、最盛期には108,000t/年の亜鉛を生産していた。これらの工程より産出される鉱滓は揮発炉によりその一部が処理されていたが、増加する鉱滓と従来からの堆積鉱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MF 1号炉の操業が開始された。このMFという名称は、『Mitsui (当時は三井金属三池製錬所)のHalf Shaft Blast Furnace』のMとFの頭文字をとって命名されたものである。

その後、次々とより大型のMF炉が造られ、これらの鉱滓の処理を行った結果、1965年から1985年までの20年間にMFプロセスで処理された鉱滓は約210万トンに達し、殆どの堆積鉱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製錬(株)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電炉ダストなどの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炉は1基のみで操業を行っているが、増処理のための諸改善の結果、処理量は操業開始当時の約2倍に増加し、年間約9万トンのリサイクル原料の処理を行っている。

## 2 MFプロセスの概要

### 2・1 三池製錬(株)における亜鉛製錬と鉱滓処理の歴史

表1に三池製錬(株)における亜鉛製錬と鉱滓処理の歴史について示す。三池製錬(株)では、1913年に水平蒸留炉により

表1 三池製錬(株)における亜鉛製錬と鉱滓処理の歴史

年次	亜鉛製錬プロセス	鉱滓処理プロセス
大正2 (1913)	水平蒸留炉操業開始	
6 (1917)	焼鉱硫酸工場操業開始	
昭和11 (1936)	亜鉛電解工場操業開始	
27 (1952)		焼結・溶鉱炉・揮発炉方式開始
29 (1954)	堅型蒸留炉操業開始	
40 (1965)		MF1号炉(80t/日)操業開始
41 (1966)	水平蒸留炉休止	MF2号炉(80t/日)操業開始
44 (1969)		MF3号炉(120t/日)操業開始
45 (1970)	堅型蒸留炉32炉完成	
48 (1973)		MF4号炉(150t/日)操業開始
49 (1974)		MF1, 2号炉休止
		MF1, 2号統合大型炉(200t/日)操業開始
50 (1975)	電解工場休止	新MF1号炉(200t/日)操業開始
51 (1976)		焼結・溶鉱炉・揮発炉方式休止
54 (1979)		MF1, 2号統合大型炉休止
57 (1982)	堅型蒸留炉12炉へ縮小	MF3号炉休止
	焼鉱硫酸工場休止	
61 (1986)	堅型蒸留炉休止	MF4号炉休止 (現在は、MF新1号炉のみ稼働中)

### 2・2 MFプロセスの特徴

現在、MFでは電炉ダストを主体とした処理を行っているが、亜鉛の電錬滓(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プロセスのフローシートを示す。MF炉へは、原料は製団鉱として供給される。製団工程では表2に示した原料のほか、燃料・還元剤として石炭が、フラックスとして珪石がそれぞれ鉱種ごとにビンに貯えられ、所定の調合割合で定量切り出しされてロータリードライヤに送られ

表2 MF原料構成 (t/年)

電炉ダスト	亜鉛電錬滓	銅銀滓	その他	合計
70,000	10,000	5,000	5,000	90,000

平成5年10月12日受付 平成6年1月14日受理 (Received on Oct. 12, 1993; Accepted on Jan. 14, 1994) (依頼解説)

\* 三池製錬(株)溶錬工場研究開発係長 (MF Plant, Miike Smelting Co., LTD, 2-1 Shinkai-cho Omuta 836)

Key words : EAF dust; MF; recycling treatment; crude zinc oxide; briquetting; slag; blast furnace.

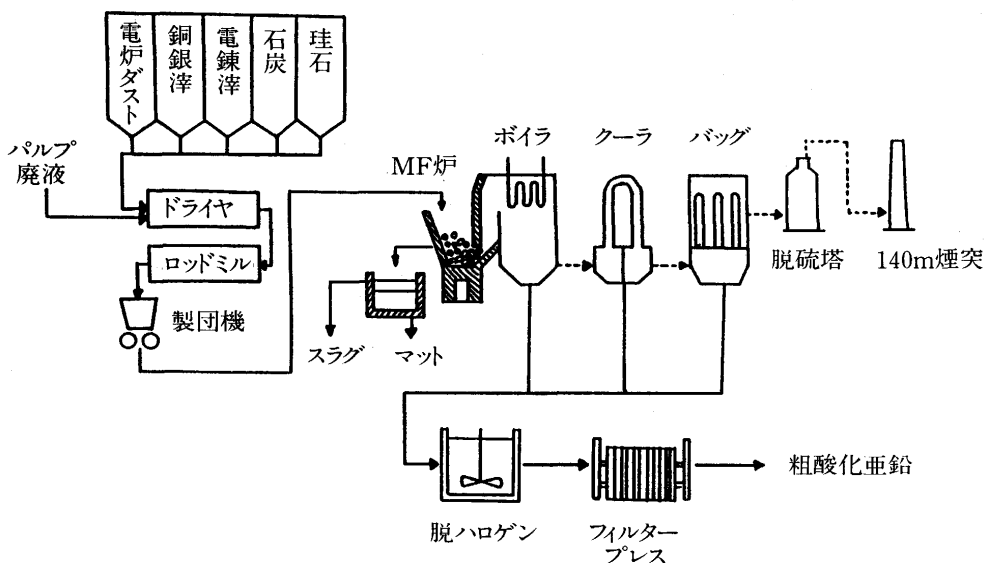


図1 MFプロセスのフローシート

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、ロール型の製団機により拳大にブリケッティングされ、MF炉に連続的に供用される。

MF炉では、粗酸化亜鉛と銅マット及びスラグが産出される。このスラグは安定で無害なものであり、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、バッグフィルタで捕集される。捕集後の排ガスは脱硫処理されて大気中に放出される。捕集された粗酸化亜鉛は、塩素とフッ素を除去するために脱ハロゲン工程で洗浄処理され、フィルタープレスで脱水後、亜鉛・鉛の製錬原料として八戸製錬所に送られる。

図2にMF炉の概念図を、表3にはその設備仕様を示す。半溶鉛炉であるMF炉は、羽口は炉の片側にのみ一列に配置

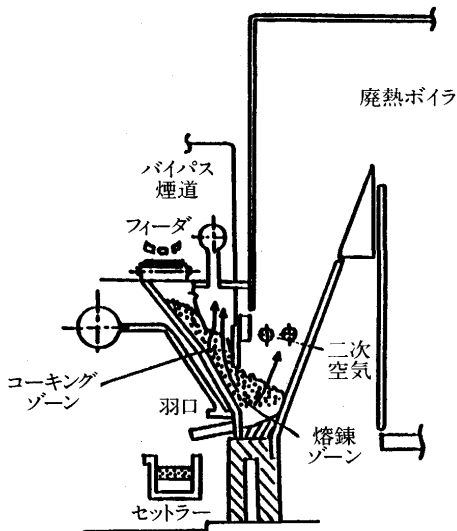


図2 MF炉の概念図

されている。またこの炉は炉床など一部に耐火物を使用しているほかはすべて水冷ジャケット製である。製団工程よりベルトコンベヤで搬送された製団錠は、ベルトフィーダから装入シュートに供給される。製団錠は炉内へと徐々に下降し、コーキングゾーンで炉ガスの一部と接触して乾燥・予熱された後、炉内の熔錬ゾーンに入る。熔錬ゾーンでは羽口より予熱空気が吹き込まれ、製団炉中の亜鉛や鉛は還元・揮発し、炉の側面より導入された二次空気により再酸化されて粗酸化亜鉛となる。羽口と反対側の炉の側面は斜面となっており、これと炉頂までの空間は沈降室としての機能を有し、一次空気により吹き上げられた未燃焼・未還元原料が粗酸化亜鉛に混入してその品位を低下させることを防止している。斜面上に沈降した原料の粒子は、熔錬ゾーンへと降下してそこで消費される。

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外へ排出され、セツラで比重分離される。スラグはセツラから連続的にオーバーフローして水砕され、マットは適時抜き出されて銅、金、銀の製錬原料となる。表4にはMF供用・産出物の代表的な組成を示した。MFに供

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 <sup>2</sup>
7.8	26	400	35.4

表4 MF供用・産出物の代表的な組成 (mass%)

	Zn %	Pb %	Cu %	Ag g/t	Fe %
製団錠	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

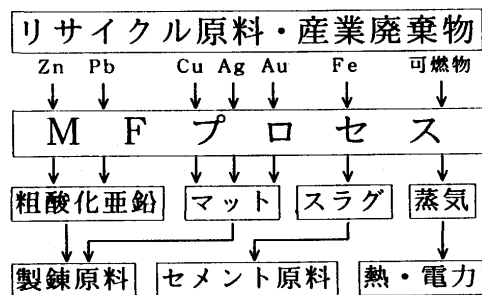


図3 MFプロセスの役割

用された亜鉛の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ている。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プロセスの主要な特徴である。

MF炉へは廃タイヤなどの可燃物の直投による焼却処理も可能であり、これらの燃焼熱も廃熱ボイラにより蒸気として回収される。この蒸気は吹き込み空気の前熱や自家発電に利用されている。図3に、MFプロセスにおける有価物の回収と利用について示した。

炉内壁の羽口直上部にはベコと呼ばれる付着物が成長し、製団鈰の炉内への供給の障害となるため、装入シュートよりカッターでベコの除去を日に1~2回行っているが、この作業は炉を操業したまま行えるので、MF炉は年1回の定期修理による休転を除けば、長期の連続操業が可能である。

### 3 最近の諸改善

#### 3.1 電炉ダストの脱塩素処理

電炉ダストの組成は、製鋼原料である屑鉄の組成などに大きく左右されるが、表5に示すように通常4~5%の塩素が含まれている。1986年に堅型蒸留工程が休止された後は、電炉ダストの供用割合が高くなり、それに含まれる塩素によるMFボイラチューブの腐食損傷が顕著になったために、電炉ダストの脱塩素処理が必要となった。図4にはMFに供用している代表的な電炉ダストのX線回折による分析結果を示したが、塩素は水に可溶性NaClとして存在していることが認められ、水洗により除去可能である。電炉ダストは造粒ペレットとして入荷されるので、これを貯鈰ビンに貯えて、それに散水する方法で脱塩素処理を行っている。図5に脱塩素処理の概念図を示す。約12時間の散水により脱塩素された電炉ダストは、さらに約10時間静置して十分

に脱水された後、ビンから定量切り出しされる。表6に脱塩素処理の効果を示す。

この方式の脱塩素処理では、ビン内の電炉ダストの通水性、すなわち電炉ダストの粒度が重要な要因である。粉の割合が大きい電炉ダストでは通水性が悪く、十分な脱塩素処理が行えないのみならず、高水分の汚泥状態になるとビンからの定量切り出しやドライヤでの水分調整、さらには製団鈰の品位や強度にも重大な悪影響をおよぼし、MF炉の安定操業の障害になることもある。電炉ダストの粉の割合は発生元での造粒の良否に加えて、輸送や貯鈰時の扱いによる粒の崩壊によっても増大し、粉が多く脱塩素処理に適さない粒度の電炉ダストも少なからず存在する。この解決のため1991年にペレタイザを設置し、電炉ダストの粉の造粒を開始した。図6に造粒工程のフローシートを示す。分

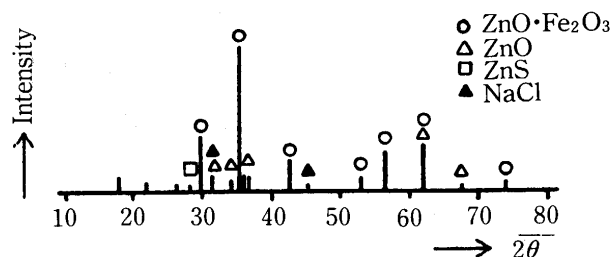


図4 X線回折による電炉ダストの分析結果

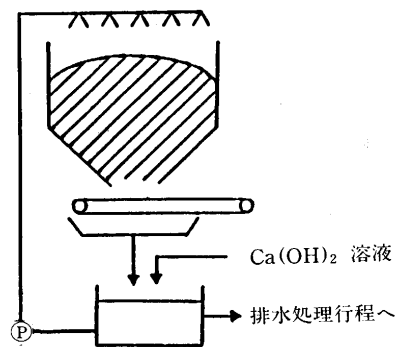


図5 電炉ダストの脱塩素処理

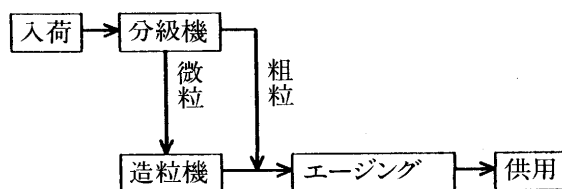


図6 電炉ダストの造粒工程フロー

表5 電炉ダストの組成例 (mass%)

Fe	Zn	Pb	C1
30	20	3	4.5

表6 電炉ダストの脱塩素処理 (mass%)

	C1 %	Zn %	水分 %
処理前	4.5	20	< 1
処理後	< 0.5	20	15

級機で粗粒を除かれた電炉ダストの微粒は、造粒された後に再び粗粒と混合され、数日間エージングされた後、工程に供用される。供用時の粒度は、3mm以上の重量割合が常に70%以上あり、前述した粉に起因するトラブルは殆ど解消された。

3・2 製団鉱の品質向上

半溶鉱炉であるMF炉には、原料が石炭、珪石などすべての供用物は、これらを混合した製団鉱として供用される。この製団鉱は、目的の組成であり、かつ均質で強固であることが要求される。

1989年に製団工程のコンピュータシステムが更新され、工程のモニタリングとコントロールが強化された結果、原料や石炭等の切り出しの定量性が著しく改善された。また造粒による脱塩素した電炉ダストの水分および切り出し量の安定等により、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の安定が計られた。ロッドミルでの粉碎も、目的の粒度分布になるようにコントロールされている。製団機は、セグメント部の更新や改善によって製団圧力が高められた。これらの改善によって、製団鉱の平均圧壊強度は従来の441N (45kgf) から735N (75kgf) へと大幅に増大し、炉内での崩壊や粉化が低減された。

3・3 MFの増処理

1986年以降、MF炉は1基のみ操業を行っているが、その処理能力の増加のための改善が続けられ、着実に成果を上げてきた。製団鉱の強度が増加したことにより炉内の鉱層における通気抵抗が減少し、炉への吹き込み空気量の増加が可能となった。そこで1991年に一次空気ファンを更新し、プレヒーターを増強した結果、一次空気の吹き込み量と温

表7 MF炉の吹き込み空気の増強

	吹き込み空気量 Nm <sup>3</sup> /分	温度 ℃
改善前	270	280
改善後	350	320

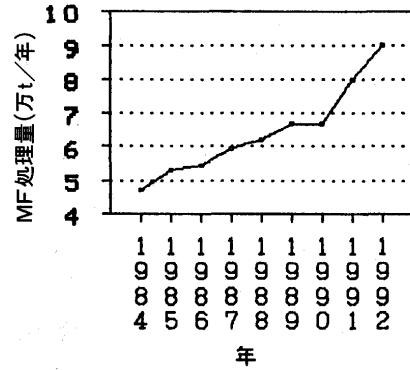


図7 MF処理量の推移

度は表7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の処理能力はさらに増大し、図7に示すように1992年には年間処理量は9万トンに達した。

4 結言

環境の保護と資源の有効利用が叫ばれている今日、電炉ダストのリサイクル処理もまた重要な課題であり、MFプロセスはその独自の技術で社会に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に発展させていきたい。