平炉工場における集じんの概況

—昭和 39 年 7 月 2 日特別講演—

(株) 神戸製鋼所神戸工場 桜 田 利 雄

I. ま え が き

平炉から排出される赤い酸化鉄の粉塵を含んだガスの集塵法の事例として(株)神戸製鋼所神戸工場の例をのべる。戦後溶鋼中に純酸素を吹き込み酸化反応を急激に促進させ、製鋼時間を短縮させひいては生産性の向上を計るいわゆる酸素製鋼法が導入されたが、純酸素を溶鋼中に吹き込むことにより、局部的に急激に酸化反応が促進され高温となり、鉄は酸化鉄のヒュームとなつて大気中に放出される。これはごく微細なため大気中に浮遊し周辺の大気は著しく汚染する。当工場では昭和34年1月に No. 1 高炉が稼動し、平炉への溶銲操作が可能となり、燃料原単位は著しく低下したのであるが同時に多量の酸素を製鋼に使用するようになった。その結果排出される粉塵は多量になり、公害の面から放置することができぬようになり、いち早く平炉の集塵装置への研究を進めてきた。現在は電気集塵器を設け種々の問題点を包含しながらも、曲りなりにも運転を続けている状態である。

II. ばい煙などの程類

ばい煙を発生する施設に集塵装置を取り付けようとする際、まず考えなければならないのは発生するばい塵量と性状についてである。平炉の製鋼工程は材料装入期、溶解期、精錬期にわけられるが、酸素を使用するのは溶解期であり従つて発生するばい塵もこの期がもつとも多くなる。発生するばい塵量は装入材の状況などによつて変動が大きい、1例を示すと第1表のようになる。発生するばい塵の粒度はごく微細なもの

写真 1 ばいじん粒子 (×10,000)

なしている。これはばい塵が溶融状態にあり凝固する際表面張力によつて円形をなしたものと考えられ、ばい塵は溶融状態を経て形成されたことを示すものである。1 μ 以下の粉塵の集塵に適合するような集塵装置はベンチュリー・スクラパー・バッグフィルター・電気集塵器などに自然、限定されてくる。ばい煙の組成は酸化鉄が主成分となるのであるがその他にごく少量の数多くの化合物で形成されている。組成の1例を示すと第2表のようである。装入期では装入材料中に含まれる亜鉛メッキ板などの亜鉛が容易に揮散され、ばい煙の主成分となるが、溶解の進行とともに亜鉛成分が減少し酸化鉄が主成分となつてくる。これらのばい塵を鉄源あるいは酸化鉄源として溶銲炉の装入材、製鋼炉への酸化鉄源として再利用することが考えられるが溶銲炉へ使用する時は亜鉛成分が揮散し溶銲炉壁に

第 1 表 発生するばい煙量の 1 例 (g/Nm³)

装入期	溶 期 期			精錬期
	ベッセマ ー初期	ベッセマ ー中期	ベッセマ ー後期	
3.8	12.0	11.6	9.7	1.1

で、電子顕微鏡 (×10,000) によれば写真1のようである。ほとんど 1 μ 以下の粒子であり、ほぼ円形を

第 2 表 ば い 煙 の 組 成 (%)

ば い 塵 の 種 類	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	SnO	PbO	Al ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	CuO	S	loss
装 入 期	3.77	20.96	57.7	1.40	3.04	3.32	0.24	—	0.30	—	—
ベ ッ セ マ ー 初 期	0.72	60.90	23.99	0.54	4.01	1.31	0.51	0.08	0.59	—	—
ベ ッ セ マ ー 中 期	0.63	67.92	18.07	0.61	2.81	1.06	0.42	0.15	0.40	—	—
ベ ッ セ マ ー 後 期	1.96	72.70	12.57	0.61	2.27	1.86	0.46	0.12	0.61	—	—
集 塵 器 で 捕 集 し た も の	0.66	77.51	7.43	0.04		0.25	1.15	0.10	0.21	2.55	9.96

付着し遂には、たなつりの原因になるといわれており、製鋼炉へ使用する時には亜鉛成分が循環し亜鉛が濃縮されるので再利用がはばまれている。しかし焼結炉で脱亜鉛し焼結鉱にして高炉へ装入する方法が考えられる。脱亜鉛法について研究を行なつたのであるが、経済ベースにのるような方法はまだ開発されていない。

Ⅲ. 処理装置を施設するまでの経緯

平炉から発生するばい塵を効率よく経済的に捕集するため、昭和33年以来集塵装置について検討してきた。すなわち、1) 湿式サイクロン、2) ベンチュリースクラバについて実物実験を行ない検討を加えた結果、これらでは充分満足することができないことが判明したので、乾式電気装置を採用するべく決定した。これらの実験経過について以下簡単にのべる。

1) 湿式サイクロン

サイクロンは構造の簡単なこと、運転費の低廉なこと、などからまずこれら実験を開始した。サイクロ

ンの集塵限界粒子径は約 2μ であるから普通のサイクロンでは集塵が不可能である。平炉から発生するばい塵は水との親和性に富んでいるので、湿式サイクロンを採用すれば捕集効率が向上するという考え方である。実験装置の概略図を第 1 図に示した。本装置による運転結果を第 3 表に示す。平炉から発生するばい塵

第 1 図 湿式サイクロンの実験装置

第 3 表 湿式サイクロンによる運転結果

流 量			排ガス温度 °C			ばい煙濃度 g/Nm ³				
重 油	空 気	酸 素	排ガス量	注 水 量	ボイラー	集塵装置	集塵装置	集塵装置	集塵装置	捕集効率
1/h	Nm ³ /h	Hm ³ /min	Nm ³ /h	T/h	入 口	入 口	出 口	入 口	出 口	%
1,200	13,500	8.5	34,000	18.0	375	270	102	4.6	3.0	34.7
"	"	"	"	"	400	280	"	4.8	3.1	35.4
"	"	"	"	19.5	370	"	110	7.6	4.1	46.0
"	"	"	"	"	380	"	104	6.6	3.8	42.2
"	"	"	"	"	370	270	"	6.0	3.1	48.3
"	"	"	"	"	365	"	105	5.7	3.2	43.9

を約50%捕集しても、煙突から排出される濃度は肉眼的にはほとんど差がみられない。湿式サイクロンの捕集効率の向上を計るため、スプレーノズル頸管部になどに改造を加えたが50%以上の捕集効率を得ることは困難で、これを廃しベンチュリースクラバの実験に移つた。

2) ベンチュリースクラバ

ベンチュリースクラバは適正に設計すれば 0.5μ 程

度の集塵限界粒子径は望み得るものである。ましてばい塵の水への親和性を考えれば相当の捕集効率が期待でき、設備費の安価なことも相まつて平炉の集塵装置として使用し得るものと考え、湿式サイクロンに続いて実験装置の概略図を第 2 図に、装置全景を写真 2 に示す。ベンチュリースクラバのスロート部を通過するガス流速は 60m/s 以上が必要なので 450mm ϕ にした。注水量、注水圧も変化させ捕集効率におよぼす影

響を調査しながら実験を行なつたが、注水量、注水圧は $0.7 \sim 1.5 \text{ l/m}^3$ 、 $2 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$ の範囲では捕集効率の要因とはならない。最終的な運転結果を第4表に示

第2図 ベンチュリースクラバの実験装置

写真2 ベンチュリースクラバ

す。本表をみると集塵装置通過後のばい塵度は 0.2 g/Nm^3 以下となり、捕集効率も98%以上が期待でき大気汚染の面からほぼ完全なものと考えられる。しかし装置の腐蝕が著しく、ブロアーの羽根には SuS4 を使用しても運転時間220時間で破損したケーシングも腐蝕により穴のあいた部分があつた。この原因としては水による腐蝕と機械的な摩耗によるもので、これの対策としてチタンコーティング、アルミナコーティングを施したが充分満足し得る結果は望めなかつた。また污水处理にも問題点が残る。以上のような運転上の問題点があるため集塵に対しては完全であるが残念ながら本法も廃し乾式電気集塵装置を検討採用することになつたのである。

IV. ばい塵処理装置

IIIにのべたような経過をたどつて乾式電気集塵装置の採用に踏み切つた。電気集塵装置は処理ガス量によつて捕集効率が変わり、また設備費も著しく異なつてくるものである。平炉から排出されるガスすなわち燃焼排ガスや溶鋼の酸化反応に伴なつて発生するガスは蓄熱室、煙道をえて突煙に入るのであるが蓄熱室、煙道で空気が侵入しガス量が増加する。ガス量の決定については慎重を期さなければならないがわれわれは煙道中の排ガス分析値からガス量を逆算し公称能力 45 T/

第4表 ベンチュリースクラバの運転結果

流 量			温 度 °C		ばい煙濃度 g/Nm³					
重油	空気	酸素	排ガス量	注水量	ポイラー	集塵装置	集塵装置	集塵装置	集塵装置	捕集効率
l/h	Nm³/h	Nm³/min	Nm³/h	t/h	入 口	入 口	出 口	入 口	出 口	%
0	9,400	14.5	31,500	30.0	385	280	52	11.97	0.16	98.7
"	"	"	31,000	"	380	275	"	11.86	0.21	98.2
600	11,700	15.0	30,000	26.5	410	290	56	11.97	0.15	98.7
"	"	"	29,500	24.5	"	"	"	11.55	0.14	98.8
440	9,700	14.0	29,000	29.0	420	300	52	12.48	0.15	"
470	10,900	"	28,500	"	"	"	"	13.38	0.12	99.1
0	9,000	15.5	27,500	20.0	435	280	54	14.54	0.13	"
"	"	10.0	27,000	"	"	"	"	12.06	"	98.9
580	9,200	15.0	"	40.0	400	270	52	12.26	0.05	99.6
"	"	"	"	40.5	"	"	"	10.83	0.08	99.3
600	10,300	"	"	26.5	430	295	55	10.69	0.07	"
"	"	15.2	"	"	"	"	"	10.57	0.08	99.2
580	9,100	15.5	26,500	30.5	405	260	52	10.83	0.09	"
"	"	15.7	26,000	"	"	"	"	9.17	0.07	"
600	8,300	15.0	25,000	38.5	415	"	51	11.71	0.11	99.1
"	"	"	"	"	"	"	"	9.66	0.11	98.9
"	9,000	14.5	"	26.0	420	270	53	12.12	0.10	99.2

ch. の平炉に対して常用 $30,000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$, 最高 $35,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ のガス量に決定した。設備仕様はつぎのとおりである。

1) 基礎条件

ガス量 常時 $30,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$

最高 $35,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$

ガス温度 350°C

ばい塵濃度 $20 \text{ g}/\text{Nm}^3$

集塵性能 $0.2 \text{ g}/\text{Nm}^3$

2) スタビライザー

処理ガス量 $35,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$

ガス温度 入口 350°C

出口 180°C

概略寸法 正面巾 $5,600 \text{ mm}$

高さ $20,000 \text{ mm}$

3) 電気集塵装置

構成 1 系列 2 室

外形寸法 正面巾 $6,200 \text{ mm}$

長さ $9,500 \text{ mm}$

高さ $13,000 \text{ mm}$

槌打装置 機械式 電気式との併用

風圧損圧 40 mmAq

直流電源 D.C. $65,000 \text{ V}$ 200 mA

写真3 電気集塵装置

またばい煙の捕集率の設計基準値は集塵装置の入口側は $20 \text{ g}/\text{Nm}^3$, 出口側 $0.2 \text{ g}/\text{Nm}^3$ とし, 定路捕集率は99%とした。装置の概略を第3図に, 全景を写真3, 4に示す。電気集塵装置のホッパー部に捕集され

1. ブロー	4. 煙 空
2. スタビライザー	5. 注水ポンプ
3. 集塵室	

第3図 電気集塵装置の概略図

写真4 電気集塵装置

たばい煙は電動で排出され, ベルトコンベアを経て廃棄されるようになっている。本気電集塵装置による集塵効果の1例を第5表に示すが集塵装置入口のばい煙

第5表 電気集塵装置の捕集効率の一例

ばい煙濃度 g/Nm^3		捕集効率 %
集塵装置入口	集塵装置出口	
8.59	0.41	95.2
8.74	0.38	95.7
9.86	0.40	95.9
8.87	0.45	94.9
8.88	0.32	96.4
8.49	0.30	96.5
8.51	0.30	96.5
9.22	0.30	96.7
8.63	0.30	96.5
9.68	0.32	96.7
9.11	0.35	96.2
9.56	0.34	96.4
10.12	0.38	96.4
9.41	0.35	96.3

濃度は製鋼過程によつて変化し、特に酸素吹精を行なっているベッセマー期は多くなり、従つて集塵装置後の濃度も高くなる。電気集塵装置を効率よく運転するためには運転条件としてハンマーリング周期、廃ガスの整流など適切に行なわなければならないが、設計時には特に集塵電極の強電場保持特性、ポケット特性などに検討を加えなければならない。第5表をみても捕集効率はガス量が設計値よりも多いせいもありベンチュリー、スクラバーにおよばないが、溶解平均すれば比較的良好な値を示しているといえよう。特に問題になる点はガス中の SO_2 が H_2SO_4 に反応し、鉄皮に付着しスタビライザーを腐蝕する点である。これの対策のためアルミニウムコーティング、鉛板のはり付けなどの防蝕処置を行ない一方噴霧を良好にするため噴霧水の圧力を高めるなど苦慮している。平炉のダストロス率は約 1% であり、かなりの量の酸化鉄のばい煙を高さ 60~90 m の煙突から市内へ放出し数キロの範囲にわたつて大気を汚染してきたのであるが、集塵装置設置後はこのような問題もなくなつた。しかし一方捕

集したばい煙は堆積中に再飛散を行ない、工場内を汚染し作業環境を悪くするのでこの処理に問題が残っている。今後ばい煙の空気輸送の研究など、ばい塵の輸送方法の研究と並んで有効利用の研究も望まれるしいである。つぎに設備費は全平炉 8 基合計して約 3.5 億円であり運転費として人件費 200 万円/月、動力費など 150 万円/月が費やされている。ばい煙の有効利用が開発されていない現在（焼結へ利用することはできるが）設備の償却および運転費など無視することのできぬ金額で、経済的な価値を生み出さない設備投資には躊躇せざるを得ないが、現在では公害を考えた場合平炉の集塵装置は不可欠のものである。

V. 今後の課題

当社の平炉への集塵装置の設置は比較的早く集塵装置の製造技術も充分確立されていない状態であつて、スタビライザーの腐蝕の問題、噴霧の不良捕集効率の低下など諸種のトラブルに遭遇したのであるが、安心して運転できるような集塵装置の製造技術と捕集後のダスト処理の確立が望まれる。

Dust Collection in the Open Hearth Plant

by Toshio Sakurada

(Kobe Seikosho Co., Ltd.)

SYNOPSIS:—In order to abate dust emission from the open hearth furnace, relations of operating conditions with dust amount and its properties were investigated. As for the effective and economical method of dust collection, wet cyclone and Venturi scrubber were tested. Collection efficiency by wet cyclone was about 50% because dust particles were almost under 1μ in size, on the other hand Venturi scrubber showed the efficiency of 98% by varying the quantity and pressure of water infusion, and dust emission was below 0.2g/Nm^3 .

However, owing to the serious corrosion of the scrubber and blower or unfavorable point for sewage treatment, electric collector has been adopted. Its collective efficiency is about 96%, dust emission being 0.3g/Nm^3 .