生野錫製錬所概要について

The Outline of Ikuno Tin Smelter

古 川 博 之*

Hiroyuki FURUKAWA

1. 緒 言

生野製錬所は兵庫県にあり、姫路より播但線にて北上すること44km、中国地方のほぼ中央部、分水嶺に当り、海拔300mに位置する三菱金属鉱業生野鉱業所に付属する錫製錬所である。

昭和9年錫製錬設備の新設に伴い、錫鉱熔錬を反射炉方式とし、主として明延鉱山（当時生野鉱山の支山）産出の錫鉱を処理して来たが、第二次大戦後鉱量激減に伴い、昭和25年錫熔錬方式を電気炉に変更、縮小生産を行ない、以後逐年操業も安定、再び増処理に努力し現在にいたっている。

当製錬所は敷地面積約7,000m²、建屋面積約4,500m²、直接製錬従業員約56名（補助、管理、事務要員を除く）の小規模製錬所である。本文では錫製錬の操業現況と設備の改善、操業合理化等2,3の改善例を、最後に当製錬所の今後の問題点について少しふれてみたい。

2. 操 業 現 況

当所に入荷する錫鉱は、普通、酸化焙焼後、脱タングステンのためソーダ焙焼を行ない、錫鉱中に含有するタングステンを温湯抽出除去する。これは副産品として回収する一方、抽出錫鉱はエール式電気炉による還元熔解を行なう。

錫鉱の還元熔解に際しては鉱石吹き、カラミ吹き等、

写真1 生野鉱業所全景

第1図 熔錬原料の推移

2工程以上をあらかじめ考慮して操業することが望ましいので¹⁾、当所の電気炉熔解では鉱石吹き、カラミ吹き、シリコン吹き等の3工程を採用し独特の操業を行なっている²⁾。第1図にここ5年間の熔錬原料の推移を、第1表に主製品、副産品の生産量の推移を表わした。また写真1は当製錬所全景を、また第2図に現状のフローシートと、これに主要機械設備の模様も併記しておいた。第2表には最近の製錬原料、中間製品、製品の分析例を示した。

ロータリーキルンによる焙焼は錫精鉱の脱硫、脱砒を主目的とするが、煙塵室中の低温側で回収される焙焼煙灰は、Sn 15%、As 30%程度の比較的高含Asの錫煙灰で、これは別に積み置き、6カ月に1回程度砒素焙焼を行ない、粗砒または精砒(As₂O₃ 96%以上)を副産品として回収する一方、焼鉱は錫熔錬原料にする。

電気炉装入原料の調査は、従来から容積調査を行なっているが、錫精鉱の他、珪砂、石灰石等の熔剤、ならびに還元剤等をおのおのベルト輸送、ミキサーにて混合後パケットエレベータにて電気炉装

* 三菱金属鉱業株式会社生野鉱業所製錬課長

第1表 主製品および副製品生産量の推移

年		昭和 37 年		38 年		39 年		40 年		41 年	
		量	品 位	量	品 位	量	品 位	量	品 位	量	品 位
主製品 ク ク	内地鉱粗錫	1,142 ^t	97.24%	1,209 ^t	97.59%	1,278 ^t	97.34%	1,143 ^t	97.63%	1,325 ^t	97.10%
	外国鉱精錫	414	99.96	387	99.96	-	-	-	-	-	-
	外国鉱粗錫	37	98.76	28	98.69	-	-	-	-	-	-
副製品 クフエ	灰 重 石	126	WO ₃ 78.17	166	77.74	174	77.71	71	76.12	80	74.31
	コン	202	-	184	-	251	-	291	-	321	-

第2表 製鍊原料、中間製品、製品の分析例

成 分	Cu	Pb	Zn	Sn	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	As	S	WO ₃
明 延 精 鉛	0.1	0.04	0.07	59.07	7.3	2.59	1.60	1.17	0.60	0.52	1.00	2.70
二 番 カ	0.05	0.02	4.27	15.90	19.54	27.95	4.59	1.61	2.26	0.04	0.69	0.84
三 番 カ	0.01	0.01	0.49	0.70	5.21	40.01	8.07	1.68	25.05	0.04	0.46	0.37
一 丁 ハ	0.15	0.01	0.12	45.71	44.24	2.24	0.58	0.96	0.12	0.08	0.20	1.69
粗 錫	0.79	0.38	—	97.65	0.13	—	—	—	—	0.15	Bi 0.35	Sb 0.34

付記

- ①ロータリーキルン：
920mm D×10,680mm L
内容積7.1m³，傾斜6°，
回転 1R/63sec
- ②ロータリーキルン：
1,875mm D×18,290mm L
内容積 50m³，傾斜 5°，
回転 1R/70sec
- ③バグフィルター：バグ300φ×
3,000mm L×15本
濾過面積40m²，吸引ファン20P
50m³/min 700mm/WG
- ④No.1 電気炉：3相エール式電気
炉，円形密閉式
内径1,800mm×高さ1,400mm，
内容積 35m³
内装：底，天井，側壁＝シャモ
ットレンガ，電極10"人造黒鉛
電極，昇降柱による固定式
- ⑤No.2 電気炉：3相エール式電気
炉，円形密閉式
内径1,600mm×高さ1,200mm
内容積 2.4m³
内装：底，天井＝シャモットレ
ンガ，側壁＝シャモットクロマ
レンガ
電極10"人造黒鉛電極，吊垂式
- 鋳型本数35本/回転，
速度96mm/sec
鋳込方式 ポンプ吸上げ，
150kg/min
- ⑦斜板精製炉：炉床面積 2,100mm
×1,300mm，炉床傾斜 7°
- ⑧煙塵室：10m×4m×高さ2m，耐
火レンガ積
- ⑨コントロール：金属平板電極式
2,400mm
2,400mm×1,220mm×高さ
3,200mm……2室
2,400mm×1,530mm×高さ
3,200mm……2室
⑩セル整流機，一次電圧 200V
二次電圧 60kV，容量15kVA
……2基
- ⑪バグフィルター：バグ
300mmφ×3,000mm L×30本×
3室
濾過面積 240m²，
吸引ファン 30P
340m³/min，165mm/WG

第2図 現状錫製鍊系統図

入場の地並み上にある4個の貯鉱ビンに入れ、底抜きして、鉱石吹き原料は鉱車による手押し、またカラミ吹き、シリコン吹き原料の場合はコンベヤ輸送により、それぞれの電気炉装入ホップに入れる。電気炉は2基連続操業でNo.1炉、No.2炉ともに4時間ごとにタップするが、拔出終了後の原料装入は2回に分けて行なう。産出カラミはいずれも水砕し、またカラミ吹きで生ずるハードヘッドも水砕する。シリコン吹きでは、カラミは発生しないが、産出するSnメタルおよびフェロシリコンはいずれも別個の砂床に流す。熔錬中の炉内温度は、鉱石吹きで約1,100℃、カラミ吹きで約1,200℃、シリコン吹きで約1,400℃のごとくそれぞれ温度差があり、かつ電気炉排煙設備が共有であるため、ガス温度はかなりバラつく。

第1図より、比較的製錬容易な砂錫を主体とした輸入錫鉱を近年中止したことがわかるが、これは採算不味のためである。主製品である粗錫は全量当社直島製煉所に船積み輸送のうえ、錫電解精製を行なうので、いわば粗錫は半製品である。したがって粗錫品位を97%以上に目標設定し、特に電解精製に悪影響がない限り多少の不純物、Fe、Pb、Bi、Cu、Sb等の含有は差支えないので、比較的不純分の多い買鉱錫滓等の電気炉処理も可能となる。ただし原料錫滓については、その種類も多く、錫とともに不純物のバラつきも大きいので

- (i) 受け入れ時における純度の選択制限。
- (ii) 熔解時の均一混合
- (iii) 水あるいは酸リーチング

などの処置を行ない粗錫品質のバラつきを極力防ぐことにしている。また原料中には Zn も含有し、捕集煙灰中に逐次濃縮され、製錬操業を阻害するため回収煙灰の一定量を定期的に硫酸リーチングして脱亜鉛し操業の円滑化を計っている。また熔錬原料中の鉄分については、当所独特のシリコン吹きにより除去可能であるが、最近原料中の絶対鉄量の増加が目立ち、出カラム率の増加によ

る能力低下等操業に悪影響が出ている。電気炉立上り煙道は水冷ジャケットで余熱回収を行なうとともに、バッグ室温度の調節を行なっている。また場内環境衛生にも留意し（たとえば作業員休憩室の冷暖房、防災面、マスク等の貸与とその励行、工場内ガスの排気設備等）、作業員の労働意欲の向上と保安衛生面にも充分配慮していることはもちろんである。荒錫精製工程では鉄分除去に重点を置いており、他の不純分除去のための特別の工夫は行なっていない。

3. 最近行なつた改善例について

3.1 電気炉増強と集中管理

既述したごとく、当所の電気炉はNo. 1炉、No. 2炉の2基常用であるが、現在まで電気炉操業について次の一連の改善を行なつた。

(i) No. 3 電気炉（内径1,700mm）新設とともに、これの専用排煙系統を増設、煙塵室改良、サイクロンの設置等を行ない、輸入錫鉱の単独熔錬を可能にし、乾式精錫（99.9%以上）生成率の向上を計つた。

現在輸入鉱の入荷途絶のためつばら No. 2 炉の予備炉に転用しているが、炉修等による能率低下防止に効果を得ている。排煙煙道的全長は43mにおよぶ。

(ii) No. 1 電気炉用変圧器容量1,100kVA を1,360kVA 容量に増大取替え、トランス老朽化による電気炉故障原因を防ぎ、かつ電気炉能力を約10%以上向上せしめ、あわせて過大電流等による電氣的事故、作業員の操作管理合理化のためリアクターをも設備した。

(iii) No. 1, No. 2 各炉の熔解中の操作管理を簡便にするため、附属機器を一切遠隔操作とし、一次、二次電流ならびに電圧の調整、各電極の昇降、リアクター切替えなど1室集中管理方法を採用した。したがって各電気炉の監視、操作等がきわめて容易に、かつ確実安全になつた。

(iv) 原料増加に備え各炉とも炉内高さを約280mmかさ上げすることにより、電気炉装入量の増加を計つた。

以上一連の合理化、改善を計画的に実施することにより、処理能力の増加、収率向上、工数節減のほか、災害防止にも著しい効果を得ることができた。

3.2 電気炉排煙系統の改善

排煙中のダスト回収設備としては、錫がきわめて高価であるので当所では従来からコットレル、バッグフィルタ、と二段捕集装置を有し徹底的に錫の回収を行なっているが、各機器とも長年の使用のため、修理費の増高、能率低下等に悩まされてきたので、これらの設備を一新するため次のような改善を実施した。

(i) コットレル、バッグフィルタよりの捕集錫煙灰

は従来人力により約30~40m運搬し煙灰専用調合ビンに装入していたが、この煙灰運搬系統を全面ベルトコンベヤとし、機械運搬に改良した。

(ii) 回収煙灰輸送系統中に直径1.5mのディスク型ペレタイザーを設置し、5~8%の水を均一添加混入して煙灰の造粒を行ない、そのため煙灰の見かけ比重が従来の約3倍になり、調合時におけるダストロスを防ぎかつ電気炉装入時の飛散防止とともに、電気炉能力増強を計ることができた。造粒時の固結剤はタンゲンテン回収製錬に使用のソーダ分が適量煙灰中に混入するので、水のみで添加で充分である。ペレット乾燥はコンベヤ上に設置の21個の赤外線ランプにより実施している。

(iii) コットレル用円盤型整流器（15kVA 2基）を同容量のセレン整流器に取替え同時に収塵室内の諸碍子、陰極線、陽極板の歪み調整等を行ない収率の向上を計つた。

(iv) バッグフィルタは従来手動払いであつたが、これを全面的に自動機械払いに改造しバッグの負荷を減少させた。バッグ室は3セットよりなり、各室ごとにおのおの出入口に電動ダンパーを設けかつ各煙灰ホッパに振動機を取付け、煙灰落下を容易にした。

(v) 以上の排煙設備に隣接して、水管式ボイラを有するが、これを重油による自動燃焼方法に切替え、さらに排煙系統の作業員の合理的適正配置を期するため、コットレル運転計器、バッグ室内にあるペレタイザ等の諸動力スイッチは1室に集め遠隔操作により集中管理することとした。

① コットレル煙灰排出ベルトコンベヤ	⑩ バッグ室煙灰排出ベルトコンベヤ
② コットレル煙灰排出ダンパ	⑪ バッグ室煙灰運搬ベルトコンベヤ
③ コットレル煙灰運搬ベルトコンベヤ (5m 幅 300m)	⑫ 煙灰運搬傾斜コンベヤ (バケットベルト式 7m)
④ ベルトコンベヤ (14m 幅 300m)	⑬ 煙灰ホッパ (5m ³ , ロールフィダ付)
⑤ ベルトコンベヤ	⑭ ペレタイザ
⑥ ⑦ ⑧ バッグ室煙灰ホッパ	⑮ ⑯ ベレット輸送ベルトコンベヤ (赤外線ランプ付)
⑨ バッグ室煙灰排出ダンパ	

第3図 排煙系統配置図

以上排煙系統の諸改善についても、計画的に実施され、錫鉛熔錬操業に著しい効果があった。排煙系統の配置図を第3図に示す。

3.3 精製設備の改善

(i) 円盤型自動鑄造機を採用し粗錫鑄造の合理化を実施した。すなわち13 t 容量鉄板鍋を新設し、その周辺に回転式鑄造機を設け35本の鑄型(1本 38kg 粗錫)を配列固定し、ポンプアップにより粗錫鑄造後、一定場所で5本1組を一挙に転倒せしめ、ホイストにより粗錫積み込み台車に移転せしめている。

(ii) 斜板精製炉を設置し、13 t 粗錫熔解鍋より発生する浮滓を側壁シャモットレンガ、炉床鑄物板の斜板型反射炉で再絞り精製している。

以上はいずれも精製能力の増強と労務工数の節減を目的としたものである。

4. 錫製錬今後の問題点について

わが国における錫需要量に対する国内生産量の比率は、昭和41年度実績において乾式精錫を含めてわずかに11%強に過ぎず、その大部分を輸入に仰いでいる。すなわち国内錫資源は極めて貧弱というべく、錫の完全回収は国の経済的見地から考察しても重大であろう。しかも坑内採掘粗鉛から金属錫までの錫回収率は他の非鉄金属と比較して、酸化鉛であるだけにはるかに劣ることは周知の事実である。幸い現在当所における錫原料は製錬能力ほば一杯の確保のもとで操業しているが、遠からず原料不足の可能性も多分に内蔵している。したがって選鉛、製錬分野を通じての収率向上、選鉛廃滓、製錬カリミ等低品位錫鉛の抜本的製錬法の確立等今後研究開発すべきテーマは少なくない。

一般に低品位錫鉛(Sn 0.5~20%)処理法としては

- (i) 硫化揮発法
- (ii) 塩化揮発法
- (iii) Hydrometallurgy

(iv) その他による方法

に大区分することができよう。いずれについても多数文献もありそれぞれ特長もあるが、当所における過去の諸実験から(i)、(ii)ともに共通していえることは、還元雰囲気下における錫揮発条件がその要諦になることである。したがってこの条件を満足する最適の揮発炉の設計、選択が重要なキーポイントになろう。通常錫精鉛の還元熔解には反射炉、電気炉等が国内外を問わず一般的であるが、これと合せて低品位錫鉛に前記のいずれかの方法をいかに最適に組み合わせて操業するかということにより、錫製錬の合理的処理方策が開発されるのではなかろうか。

(iii)、(iv)についてはその研究範囲も広いが、その一例として当所では最近低品位錫鉛原料中、比較的高含鉄錫鉛の入荷があった(Sn 25%, Fe 17%)ので、濃塩酸処理による一連の実験を試み一応の成果を得ている。

5. 結 言

これまで生野錫製錬所の現況と2~3の改善例、ならびに今後の問題点の一端を述べてみた。国内錫鉛資源に限度があること、輸込錫鉛の実現も今後非常に困難を伴うこと等の悪条件のほか、年々の人件費増、諸経費増を克服するには些細な合理化、改善の積み重ねのほか、低品位錫鉛の根本的製錬方法の確立等のテーマが目前に迫っていると思う。錫鉛源の面からも到底、銅、亜鉛、鉛製錬等に見られるごとき規模の拡大等によるコストダウンは、錫製錬には簡単に採用困難であるだけに今後とも関係者の絶大な御支援をお願いするゆえんであり、同時に製錬技術開発のため、その内容の大小を問わず業界、学界の御協力をぜひお願いする次第である。

参 考 文 献

- 1) 日本鉱業会誌 Vol. 72, No. 822, p. 199~200.

直島製煉所の電気錫製錬

Electrolytic Tin Refining at Naoshima Smelter

正 会 員 浜 部 直 彦*

Naohiko HAMABE

1. 緒 言

沿革 昭和34年10月従来大阪製煉所で操業してきた錫

電解工場を直島製煉所に移設、昭和35年2月より電気錫の生産を開始し現在に至る。本邦最大の電気錫製錬工場である。

従業員数 22人

* 三菱金属鉱業株式会社直島製煉所錫製錬課長