八戸製錬所の亜鉛・鉛製錬* (八戸製錬株)

西川 昌輝¹

Zinc and Lead Smelting at Hachinohe Smelter

by Masateru NISHIKAWA

Hachinohe Smelting Company was established on February 1, 1967, as a joint toll smelter to take advantage of the Imperial Smelting Process. The smelter produces zinc and lead simultaneously and has been operating and performing excellently since its commencement.

In April 1988 the zinc production capacity of Imperial Smelting Furnace (ISF) was increased from 81,000 to 101,000 tonnes per year. The additional production in the ISF has been attributed to the utilization of the hot briquetting process adopted in 1987. Recently, many improvements and modifications have been made at Hachinohe Smelter, for example, the improvement of condensation efficiency based on the modification of the condenser design, the rotor profile etc., the reduction of energy consumption by the improvement of sinter/hot briquette/coke quality and introducing of the steam turbine driven blower for ISF etc..

According to these improvements and modifications, the furnace zinc production of Hachinohe Smelter was achieved 107,482 tonnes in 1992 which was the best production record in the year among all ISP's in the world.

The further improvements of metallurgical performances, and the recovery of metals from ISF slag will be intended.

1. 結 言

八戸製錬(株)は、昭和42年2月にISP法による亜鉛・鉛製錬所として、三井金属鉱業(株)、同和鉱業(株)、日本鉱業(現;日鉱金属)(株)、三菱金属(現;三菱マテリアル)(株)、東邦亜鉛(株)、日曹金属(株)の6社共同出資により設立された。

同年6月に建設に入り、昭和44年2月には溶鉱炉(ISF)に火入れし操業を開始した。操業は順調に推移し、昭和50年代は市況低迷による減産操業を経験したが、昭和62年には多様化する亜鉛・鉛二次原料の処理増に対応するため、ホットブリケット製造設備を稼働させた。さらに翌63年には溶錬工程の増産起業を実施し、亜鉛生産能力を81,000 t/年から101,000 t/年へと引き上げた。平成4年には、世界のISP製錬所における暦年の粗亜鉛生産量では最高の107,482 t/年を達成した。

以下に当所における増産起業関連の改善事例を主として、最近10年間の変遷と現状について述べる。

2. 工程の概要

2・1 焼結工程

亜鉛、鉛硫化精鉱や酸化鉱に所内発生のだross・ダスト等の繰返物と石灰石、珪砂等の溶剤を加え、返鉱とともに混合造粒してルルギ式上向通風焼結機にて脱硫焼結を行う。焼結塊は破碎、ふるい分けを行い50~110mmの焼結鉱としてISFへ供用し、ふる

図1 八戸製錬所全景

いは-6mmに粉碎し返鉱として焼結工程へ繰返す。

2・2 硫酸およびカドミウム工程

焼結工程で発生するガスは、SO₂のほか煙灰を多量に含んでおり、ホットコットレルにて除塵され、更にガス精製設備を経由後ルルギ式ダブルコンタクト方式の硫酸工場へ送られ、精製硫酸として回収する。

集塵された煙灰中に含有するカドミウムは、稀硫酸溶解、加圧抽出され、浄液工程を経て、亜鉛末置換を行いスポンジカドミウムとされる。これを溶融後さらに小型精留塔において高沸点成分を除去し、脱亜鉛精製を行ってカドミウム地金とする。

2・3 ホットブリケット工程

当所の亜鉛・鉛二次原料である粗酸化亜鉛、亜鉛滓等の酸化鉱に、ISF発生のだrossを混合した後、加熱成形し、ホットブリケットとしてISFへ直接供用している。

2・4 溶錬工程

焼結鉱およびホットブリケットは、約750℃に予熱したコークスとともにISFへ層状に装入し、羽口から1,000~1,050℃の

* 1993年3月25日受付 7月30日受理

1. 正会員 八戸製錬(株)八戸製錬所所長

キーワード: ISP, ISF, ホットブリケット, 製団, コンデンサ, 羽口

除湿された熱風を送って溶錬する。亜鉛は炉内で還元揮発し、CO、CO₂ガスとともに約1,030℃でコンデンサに入り溶融鉛のスプラッシュにより、急冷・凝縮され鉛中に溶解捕捉される。亜鉛を溶解した鉛（約530℃）はポンプで冷却樋に送られ、約430℃まで冷却され、温度降下による溶解度差により亜鉛と鉛が分離する。分離された粗亜鉛は微量不純物を除去後、自動鑄造機にて純度98.7%の蒸留亜鉛（PW）として鑄造される。亜鉛を分離した鉛は再びコンデンサに循環される。

コンデンサの排ガス（LCVガス）は、冷却・除塵を経て、熱

風炉、コークス予熱炉、その他付属炉の熱源に利用され、残余は自家発電設備に送られ発電（1号発電）に供される。冷却樋での溶融鉛の冷却過程では、排熱を回収シロンダーボイラによる自家発電（2号発電）を行っている。

一方、ISFに装入された焼結鉛およびホットブリケット中の鉛は還元され、銅、金、銀等の有価金属を吸収しながらスラグとともに炉底に溜まる。炉底では間欠的に前床へ抽出され含銅粗鉛としてスラグと分離される。

2.5 精留および脱銅工程

図2 操業系統図

表1 主要設備の仕様

設備名	仕様	設備名	仕様
1. 焼結工程 焼結機（本体） 点火炉ファン No.1 清浄空気ファン No.2 No.3 線返しファン	ドワイロイド直線型（上向通風） 2.5mW×36mL（有効面積90m ² ）×1基 200Nm ³ /min×1基 130 " ×1基 450 " ×1基 450 " ×1基 770 " ×1基	蒸気タービンブロー 熱風炉 溶鉛炉 前床 コンデンサ 鉛ポンプ 冷却樋 分離槽	1,100Nm ³ /min×8,100mmAq×1基 850Nm ³ /min×1,150℃×2基 シャフト断面積22.0m ² 底抜き方式 シングルコンデンサ、ローター8基 3,000t/h×2基 熱交換型、回収熱は2号ボイラ発電へ フラックス、セパレーション、 ライクエーションバス各1基 4mφ×11.346mH×1基 ローター2.2mφ 1,100Nm ³ /min×360kWh
2. 硫酸工程 SO ₂ メインファン 設備能力 転化方式、転化率	1,200Nm ³ /min×4,500mmAq ×1,500kWh 470t/日（98%硫酸） ルルギ式ダブルコンタクト方式、99.6%	ガス洗浄塔 タイゼン洗浄機 ブースタファン	
3. カドミウム工程 煙灰処理能力 小型精留塔能力	50t/日 1.2t-Cd/日	6. 脱銅工程 脱銅鍋 粗鉛鑄型	鉛150t/鍋×4基 2tインゴット×8本
4. ホットブリケット工程 ベレタイザ ローターキルン 製団機	3.6mφパン型1基 2.8mφ×33mL×55kWh×1基 能力；7t/h	7. 精製工程 亜鉛保持炉 鉛塔 カドミ塔 燃料 No.1 鑄造機（SHG） No.2 鑄造機（PW）	50t 35t-SHG/日、2基 70t-SHG/日、1基 LPG-空気混合、発熱量6,700kcal/Nm ³ 10t/h×1基 16t/h×1基
5. 溶錬工程 コークス予熱炉 除湿機能力	2基、予熱温度750℃ 絶対湿度15~20g/Nm ³ → 6~8g/Nm ³ 夏季		

表2 原料・製品・中間産物の代表分析値（wt%）

	Zn	Pb	Cu	S	CaO	SiO ₂	Fe	Cd
亜鉛	46.0	7.8	0.4	30.6	...	...	...	...
鉛	11.7	53.2	3.1	19.2	...	...	...	...
焼結	41.3	19.6	1.0	0.6	4.2	3.1	9.6	...
ホットブリケット	47.4	19.2	0.3	...	0.8	2.9	3.4	...
蒸留亜鉛	98.7	1.15	...	...	...	...	0.02	0.09
精留亜鉛	99.997	0.002	...	...	...	...	0.0004	0.0014
粗鉛	...	99.2	0.11	...	...	...	...	...
粗鉛	...	39.6	39.0	...	...	...	...	...
銅ドミウム	0.0004	0.0002	...	...	...	...	...	99.998

表3 点火炉改造前後の比較

	改造前 (H3.10~12月)	改造後 (H4.1~2月)
焼結鉛生産量 (t/日)	698	730
ラトラ強度 (%)	72	77
焼結鉛中S (%)	0.72	0.52
重油原単位 (l/日)	2,420	2,200

図3 製品・中間産物の生産量の推移

図4 焼結鉛生産量と酸化鉛供用比率の推移

I S Fより回収された粗亜鉛の一部は、Pb塔2基、Cd塔1基のNew Jersey方式の精留塔において乾式精製された後、純度99.997%の最終亜鉛（SHG）として鋳造される。

含銅粗鉛は脱銅鋼に入れられ、冷却攪拌を繰返し、粗鉛と含銅ドロスに分離される。粗鉛の一部はハリス、パークス処理を行い微量不純物および有価金属を回収した後、I S Fコンデンサの補給鉛として自家消費している。

2・6 生産工程系統図

八戸製錬所全体の生産工程・操業系統図を図2に示す。

2・7 主要設備

各工程における主要設備の仕様を表1に示す。

2・8 原料、製品、中間産物の分析値、生産量

原料、製品、中間産物の最近の代表的な分析値を表2に、製品、中間産物の最近10年間の生産量を図3に示す。

3. 設備、操業方法の改善

3・1 増産起業における基本方針

昭和63年に亜鉛生産能力を81,000 t/年から101,000 t/年への引き上げが決断され、種々の増産起業を実施した。この時の基本方針として、焼結・硫酸工程の増強は行わず、溶錬工程の増強を主とし、不足する原料は亜鉛・鉛二次原料を処理するホットブリ

ケットにより賄うこととした。

3・2 焼結工程の改善

当所の焼結機の仕様は表1に示すとおりであり、主要部は操業当初から変わっていない。昭和63年の増産起業時においても大規模な改造工事は実施されず、焼結工程の能力アップは据え置かれた。しかしながらI S F原料の供給能力に、よりフレキシビリティを持たせるため、いくつかの改善を行い、焼結鉛生産量は昭和57年当時の約550 t/日から現在では約750 t/日へとアップしている（図4参照）。主な改善点は次のとおりである。

(1) チップエンドガス処理方法の変更 チップエンドガスは昭和56年以降、全量をサイクロンで除塵し焼結機吹込みファンへ繰返していたが、除塵効率が約55%と低くダストトラブルが頻発していた。平成2年にサイクロンから高除塵効率（80%）のマルチクロンに変更してダストトラブルを軽減し、さらにガスクーラを設置することで、繰返しガス温度を下げ、吹込みガス量を増加することができた。

(2) 酸化鉛の増処理 元来焼結工程では、供用硫化精鉛原料の約4倍の返鉛が、混合造粒時の核となるべく繰返されている。焼結時に、適切な熱バランスおよび鉛層通気度が得られる限りは、返鉛の一部を酸化鉛原料に置き替えることができ、その分だけ焼結鉛の増産が可能となる。近年、返鉛の粒度調整強化および原料配合の吟味等により、酸化鉛供用比率を増加することができるようになり、現在では約30%まで可能となっている（図4参照）。

(3) P S Aによる酸素富化 平成元年7月より当所所有のP S A設備から濃度約93%の酸素を用い、焼結工程の酸素富化操業を開始した。これにより、0~5%の範囲で生産量の調整が可能となった。

(4) 点火炉の改造 平成3年12月には、焼結原料への着火性を改良するため、従来の省エネ型点火炉を蓄熱型に変更した。酸化鉛増処理による焼結鉛品質の維持向上に対応した措置であったが、重油原単位はむしろ従来より改善されている。改造前後の操業データを表3に示す。

3・3 硫酸およびカドミウム工程の改善

当所の硫酸工場は、ルルギ式のダブルコンタクト方式を用いており、操業当初の硫酸生産能力は約360 t/日であったが、昭和46年のガス精製系増強にて約410 t/日とアップし、さらに最近では次の改造によって約470 t/日の設備能力を有している。

ガス精製系；二次ガスクーラ増設（4基→5基）

ガス接触系；転化器3、4層触媒を低圧損型へ変更

操業開始以来のカドミウム工程は、焼結煙灰を希硫酸で溶解抽出しソーダ灰で炭酸カドミウムとして濃縮後、再度硫酸溶解し浄液・置換工程を経る、炭酸カドミ濃縮法を採用してきた。平成元年に、カドミウムの回収率向上と蒸留亜鉛中のカドミウム品位低減を図るため、オートクレーブ導入による加圧抽出と浄液工程の改善を実施した。図5に改善前後の工程フロー比較を示す。この改善により、カドミウム回収率は約40%から約60%へとアップし、

図5 改善前後のCd工程フロー

表4 原料配合例

鉱種	量 (t/日)	Zn (%)	Pb (%)
粗酸化亜鉛	40	57	10
亜鉛	38	67	1~2
鉛	7	37	22
ISFドロス	40	26	38
ホットブリケット篩下	15	49	19
計	140	49	19

図6 ホットブリケット工程フロー

かつ原単位物品コストは従来の約30%へと、大幅に削減された。

3・4 ホットブリケット工程の新設・改善

増加する亜鉛・鉛二次原料処理のため、昭和62年に酸化鉛を熱間製団し、ISFへ直投するホットブリケット工程を新設した。昭和63年以降には、ISF増産分の原料としての役割を担って、

図7 ホットブリケット生産量と強度の推移

表5 溶錬工程の主な改善経緯

時期	内容
S 62年 4月	溶鋳炉拡張 シャフト断面積 17.2→22.0 m ² 熱風炉更新 (1基)
S 63年 4月	送風ブロワ増強 ブースタファン増強 熱風炉更新 (1基)
H 2年 4月	熱風本管更新 コンデンサ改造 クーリングロンダ延長
H 4年 4月	チャージギア改造 送風ブロワの蒸気タービン駆動化

種々の工程改善を行った。表4にホットブリケット工程の原料配合例を、図6に工程フローを示す。

ブリケット強度が低下するとISF装入時に粉化し、ペコの成長による炉内圧上昇やコンデンサ凝縮率低下等の不具合を生じる。したがってできるだけ強固なブリケットを製造することが要求される。そのための措置として、前処理工程ではパドルミキサ設置による原料水分変動の抑制や、ペレタイザ設置による原料の嵩密度アップを図った。また製団直後のブリケット表面温度を下げると、強度が上昇することから、クーラバンコン設置による団鉄冷却を実施した。ハンドリング面の改善として、溶錬工程までベルトコンベヤを設置し、ハンドリング経費の削減と粉化防止による歩留り向上を図った。

図7に操業開始以来のホットブリケット生産量と圧壊強度の推移を示す。平成2年12月以降は、圧壊強度が500 kg-f以上となって歩留りが向上したこともあり、生産量の上では余力を持つようになった。

3・5 溶錬工程の増強改造

当初の溶鋳炉は、ISF標準炉と称される17.2 m²のシャフト断面積を有するものであったが、昭和62年に22.0 m²へ拡張し、翌63年には付帯設備を含んだ増強起業を実施して、亜鉛生産能力は81,000 t/年から101,000 t/年へと引き上げられた。その後、種々の改善を重ね、シングルコンデンサでは世界最初の10万t級大型ISF炉として操業を確立した。表5に溶錬工程の主な改善経緯についてまとめて示す。

(1) コンデンサ改造 平成2年に、コンデンサでのペコを低減して、クリンナウト間隔を延長することを目的として、コンデンサ入口、コンデンサーーフおよびローターの改造を実施した。これらの改造の結果、クリンナウト間隔は延長され約20日間の連続

図8 コンデンサ凝縮率の推移

操業が可能となった。

さらに、コークスのふり強化、焼結鉱およびホットブリケット品質向上等に伴って、コンデンサの凝縮率も改善されつつあり、平成4年下期は約92%で推移している（図8参照）。

（2）装入物分布の改善 平成4年には、I S Fシャフト内での装入物（焼結鉱、ホットブリケット、コークス）の均一装入化のためにチャージギアの改造を行い、シャフトコンディションの安定化を図った。

（3）送風系の増強 熱風炉は、溶鉱炉増産起業に対応すべく昭和62年と翌63年の2期に分け、熱風量のアップ（600→750 Nm³/min）と熱風温度のアップ（950→1,050℃）を図った。更に送風ブロワーとブースターファンの増強を行い、高送風量での操業が可能となった。平成4年には送風ブロワーを蒸気タービン駆動とし、電力削減（約1,300 kW）を図った。

3・6 精溜および鑄造工程

昭和63年に行った溶錬工程の増産起業は、基本的には蒸留亜鉛のみの増産であったため、呼応して蒸留亜鉛鑄造機の増強改造（鑄造能力11→16 t/h）を行った。鑄造機は1枚20 kgのインゴット形状であり、鑄込みからパイリングにいたるまで自動化されている。

精溜工程はNew Jersey方式の精溜塔1セット（鉛塔2基、カ

図9 各エネルギー原単位の推移（S57ベース）

図10 自家発電比率の推移

ドミ塔1基）を有し、それぞれカーボランダム製のトレイと耐火煉瓦製の燃焼室からなり、I S F産出の粗亜鉛中の不純物である鉛・鉄・カドミウム等を沸点の差により分別し、純度99.997%の最純亜鉛を生産している。

4. エネルギー

4・1 各エネルギー原単位の推移

図9に当所での主要エネルギー原単位の推移を示す。コークス原単位は、昭和62年の溶鉱炉改造後一時増加したが、シャフトコンディションの安定に加えて、コークス粒度および強度等の改質の結果として、最近では改善されつつある。電力原単位は、昭和63年の増産起業以降一時的に増加したが、次に示す種々の改造によって、電力経費の削減が可能となった。

4・2 電力経費の削減

当所では、エネルギー有効利用と公害防止の見地から、昭和53年に溶鉱炉の余剰L C Vガスを利用した1号発電設備を、昭和57年にはクーリングロンダーの冷却排熱利用による2号発電設備を建設し、電力経費の削減を図った。図10に自家発電比率の推移を示す。

1号発電稼働時は約30%であった自家発電比率が、2号発電稼働にて約65%までアップしたが、昭和63年の増産起業によりブロワ等を増強したため、消費電力が増加し、自家発電比率は58%まで低下した。この対策として次の改造を実施し、自家発電比率は従来の水準である約65%まで回復した。

（1）3号ボイラの建設 増産起業時、I S F送風量の増加に伴いL C Vガス発生量も増加したので、これを有効利用するため、平成3年に、3号ボイラを稼働させた。3号ボイラは1号発電設備のボイラと同様L C Vガス・重油混焼型であり、パッケージボイラ（定修時のバックアップ用）の老朽化更新も兼ねている。3号ボイラからの蒸気は主に工程で使用し、1、2号発電の稼働率を高め買電量の低減を図っている。

（2）ロンダーボイラの増設 粗亜鉛生産量増加に伴い、クーリングロンダーの冷却能力増強のため、平成2年にロンダーを延長し排熱回収の蒸発器パネルを増設した。この結果ロンダーでの蒸気発生量は約5 t/h増加し、2号発電はフル稼働が可能となった。

（3）送風ブロワーの蒸気タービン駆動化 電力消費量の削減のため、平成4年に2号ボイラと3号ボイラの蒸気を動力源とし、I S F送風ブロワーを蒸気タービン駆動とした。

5. 公害防止対策

当所は、ばい煙発生施設として、焼結機1基、溶鉱炉1基、精溜炉3基、同付属炉5基、脱銅炉4基、ボイラ3基、硫酸プレヒータ1基、乾燥炉1基、焼却炉1基の合計20基を有し、排ガス量は1時間当たり35万Nm³である。

一方、排水関係は溶鉱炉排ガス処理設備をはじめ、各種ベンチュリスクラバ、エアタンブラ等合計17基の特定施設を持ち、1日当たりの総排水量は硫酸冷却水を含め夏季約45,000 t、冬季約25,000 tである。したがって、大気、水質とも第一種工場に指定されている。

5・1 公害防止設備の概要

（1）硫黄酸化物処理 焼結機から発生する亜硫酸ガスは、硫酸工場に導入し、ルルギ式のダブルコンタクト方式で処理し、排ガス中の硫黄酸化物の濃度は極小に抑えている。さらに昭和47年には硫酸排ガス脱硫設備を設置し、その後種々の改良を加え、排ガス中の硫黄酸化物濃度を減少させ、環境汚染防止に努めている。

（2）排煙処理 各設備の粉塵を発生するおそれのある箇所には

は、以下の排煙処理施設を設置し、環境への粉塵排出を抑制している。

エアタンブラ	2基
ベンチュリースクラバ	4基
溶鉱炉排ガス洗浄塔	1基
タイゼン洗浄塔	1基
T C A	1基
バックフィルタ	9基

昭和62年のホットブリケット工程建設時に製団バックフィルタ（処理ガス量 55,000 Nm³/h）を、昭和63年の増産起業時に溶錬バックフィルタ（処理ガス量 108,000 Nm³/h）を新設し、環境対策には万全を期している。

（3）排水処理 工場内の湿式排煙処理設備等から発生する排水は、1次シクナで固形物を沈降凝縮分離後、固形物は焼結工程へ繰り返し、上澄み液は2基の反応槽へ送り中和反応させ、2次シクナで処理する。その後液のpH調整を行いながら3次シクナへ送り、最終中和を行い、大部分の上澄み液は再度各工程

へ繰り返し利用し、系外排水量を最小限度におさえている。3次シクナ上澄み液の残量は最終的に2基のサンドフィルタで清浄ろ過され、硫酸工程冷却水とともに海へ放流している。

5・2 公害防止協定

当所は昭和53年に、八戸市および青森県と公害防止協定（3者協定）を締結し、総量規制や濃度規制の取入れおよび上乘せ基準値の設定等を行っている。また定期的に大気・水質専門委員会を開催し、公害防止および作業環境改善に関しては二重、三重の体制を整えている。

6. 結 言

以上記述したように、種々の工程改善や設備変更を実施して、10万t級の大型ISP製錬所として操業を確立し、採取率の向上やエネルギー効率の改善に努力してきた。今後はISP製錬の特徴を活かし、更なる技術係数の改善に努めるとともに、ISFスラグ中の有価金属回収や工程の自動化・省力化を推進していく所存である。