神岡製煉所の鉛・亜鉛製錬

正 会 員 高 島 正*

Extraction of Lead and Zinc Smelting at Kamioka Smelter

Tadashi TAKASHIMA

We have endeavored to improve the equipments and the operation in the Kamioka Smelter and Refinery. At the zinc plant we enforced to provide completely each equipments with necessities, and to produce the high purity zinc slab, zinc die cast alloy —“ZAC”—, and the high purity cadmium pencil. At the lead plant, also we improved the blast furnace and newly established the electric slag settler, the fume collector, scrubber and the zinc recovering from slag system. Furthermore we could produce the high purity lead metal, high purity electrolytic silver and the bismuth metal by means of the improvement of the equipments and the better control of operation.

1. 亜鉛製錬部門

終戦後約1年半は操業休止の状態であつたが、昭和22年2月に至りようやく操業を再開した。その後今日までの量的な拡充、操業法の改善、品質の向上等、広範にわたる進歩を遂げ、生産の規模において、高純度亜鉛の工業的生産方式において飛躍的な発展を示した。また自山鉱の開発進展に伴う良質な原料精鉱の確保に加えて、自家発電所の建設による豊富低廉な電力の供給、操業合理化による原単位の低下等は生産原価の低減に大きな貢献を残した。

1.1 生産量および設備能力の変遷

当工場は昭和18年電気亜鉛 1,000t/月を目標として建設されたものであるが、操業再開後の昭和22年より今日までの変遷を大別すれば次の通りである。

(1) 第1段階、昭和22年より24年まで：——設備および作業員の教育訓練の期間。

この段階は終戦後の休止期間中および戦時中の酷使による設備の破損箇所を整備し、また従来の操業経験を基にした改造を行い、約半分の設備能力を復旧して電気亜鉛 500t/月を目標とした。しかしながら食糧事情の逼迫、資材の入手難に加えて作業員の熟練度の不足（戦時中は大部分が俘虜、季節労働者、勤奉隊員であつたため終戦とともに経験者は皆無の状態となつた。）のため、この目標さえ達成は困難であつた。したがって設備、作業方法

の再検討と作業員の教育訓練に重点がおかれた。

(2) 第2段階、昭和25年より28年まで：——設備の量的あるいは併立的拡張の期間。

第2段階は残存の設備能力を充分発揮させるため、生産目標を電気亜鉛 750t/月におき、一方において操業の合理化、改善による増産対策を講じ、他方において残余設備の整備を行い、各工程間のバランスを検討しながら能力の増強を計り、生産の増加に努めた結果、この目標は容易かつ迅速に達成され、引続き目標 1,000t/月を目指して進み、昭和26年4月に至りこれを達成した。この間、操業方法の改善を計りつつ、隘路打開のため一部設備の増設によりこの期間の末にはすでに電気亜鉛月産、最大 1,500 t の能力を備えるに至り、増産の基礎を固めることができた。

(3) 第3段階、昭和29年より現在まで：——設備の質的あるいは技術的拡張の期間。

生産量の増加に伴い、既設の自家発電所の能力（合計最大出力 9,770kW）では不足となり、このため新たに最

第1表 年次別亜鉛錠生産量

年次別	生産量
昭和22年	4,357 t
昭和23年	4,884 t
昭和24年	7,512 t
昭和25年	10,226 t
昭和26年	11,509 t
昭和27年	11,982 t
昭和28年	15,344 t
昭和29年	15,753 t
昭和30年	16,121 t

大出力 17,000kW の自家発電所が建設された。このため電力の需給状態は著しく好転し、さらに豊水時の電力利用の目的で増産計画が検討された結果、電気亜鉛月産 2,000 t を目標として拡張工事に着手した。現在

* 三井金属鉱業株式会社神岡鉱業所技師長

第2表 亜鉛製錬における設備の変遷

設備名称	大 き さ	建設当初	第1段階	第2段階	第3段階
溶解槽	5m ϕ ×3.2m 高さ46m ³ /hr(25°C→50°C)	6台	6台	8台	8台
熱交換器	15m ϕ ×12mL	5台	5台	7台	10台
バートフィルター	5m ϕ ×3.2m 高さ46m ³ /hr(50°C→80°C)	4台	4台	6台	6台
清浄槽	5m ϕ ×3.2m 高さ46m ³ /hr(50°C→80°C)	3台	3台	4台	4台
熱交換器	760mm ϕ ×60枚縦8 ϕ ×8	2台	2台	3台	2台
溶解渣フィルター	陰極12枚/槽1.3m ³ 陰極16枚/槽1.5m ³ 5,000A×600V 80kW低周波誘導炉	288槽	288槽	312槽	312槽
電銀槽	540kW	5台	5台	6台	1台

すでに大部分を完成し、昭和32年春には全部完了の予定である。この拡張は設備および操業管理の面から、量的ないし併立的増加を極力省き、質的あるいは技術的に生産増強の方策を講じた。年次別に生産量および設備の変遷過程を別表に示す。(第1, 2表)

1.2 主要生産設備について

ここでは上述第3段階の質的拡張について述べる。

(1) 溶解能力の増強：——当所の溶解は単式高温溶解法を採用している。電解槽から溶解槽への帰還尾液の温度は約 30°C で、これを溶解槽に入れ、槽底の蒸気加熱コイルで 50°C まで昇温後焼鉛の装入を開始する。その後は焼鉛の溶解熱で温度は上昇し、約90°Cを保つ。溶解作業1サイクルの時間は約 12hr で、この内最初の始液の加熱時間が約 4hr、すなわち約 3分の1に相当する。この時間を節減して溶解能力を高めるため、電解尾液を溶解槽に戻す経路に熱交換器を設置した。この結果溶解槽中の溶液の滞留時間が著しく短縮され、能力の増強をもたらした。本設備の仕様および操業成績は別表(第3表)の通りであるが、なお装置の特長として次のような諸点が挙げられる。

- 溶解槽中の液の滞留時間を短縮でき、能力が増加する。
- 溶解槽の増設に比し設備費が極めて安い。
- 設備の据付面積が小さくてよい。
- 熱効率がよく、ドレーンの回収利用が簡単に確実に行える。などである。

(2) 濾過能力の増強：——溶解液の濾過にはバートフィルターを使用している。本機は ϕ 1.5m, L12m の

第3表 溶解始液加熱用熱交換器

仕様	蛇管浸水型急速熱交換器
型式	1,371mm ϕ ×1,313mm 高さ
外形寸法	外殻鉄板鉛張、蛇管硬鉛管製、3重コイル
成形材料	外径 81mm ϕ 長さ 92m
蒸気管	23.4m ²
伝熱面積	46m ³ /hr (25°C→50°C)
能力	
操業成績の1例	
濾液量	58.5m ³ /hr
入液温度	27°C
出液温度	47°C
熱効率	77%

第4表 濾材の変遷

摘 要	最初の濾材	第1回改造	第2回改造
頂角	90°L	45°L	45°L
底高	235mm	210mm	210mm
効濾過面積	152mm	288mm	256mm
濾過能力比	77.8m ²	114.2m ²	100.0m ²
濾布平均寿命(木綿)	100	180(160)	288(160)
濾布平均寿命(木綿)	100回	100回	200回
平均寿命(化繊)	—	—	380回

内面銅板ライニング鉄板製シリンダーよりなり、内部に長さ約 6m, 頂角 90° の三角形木製濾材がシリンダー中央の濾液抽出口の両側に合計32本締付けてある。最初の有効濾過面積は1基当り 77.8m² であったが、濾過能力増加のため頂角を 45° とし、かつ濾材の高さを高めて有効濾過面積を増加し、1基当り 114.2m² とした。さらに頂角の変更による濾布の耐久度低下を防ぐため、濾過面積を 100m² とし、第1図のように改造した。また木綿濾布の代りに化繊濾布を使用し、この形に逐次各濾過器を改造した結果、能力、濾布の寿命とも著しく改善され、濾過器の増設を最小限にとどめることができた。

(3) 清浄能力の増強：——当所の清浄は亜硫酸、亜鉛末による第1回清浄により Co, Cu を除去し、さらに亜鉛末単味による第2回清浄により Cd を完全に除去する。いわゆる二段清浄法である。この場合、第1回清浄は 80°C 以上が好ましいが、濾液を受入れる際の液温は 65~70°C であるから、これを再加熱する必要があ

最初の濾材

第1回改造濾材

第2回改造濾材

第1図 バートフィルター濾材の変遷

る。このため清浄槽の槽底の銅製蒸気加熱コイルで温度を高める方法をとっていたが、溶解と同様極めて熱効率が低く長時間を要した。すなわち1サイクル11hrのうち、加温に要する時間は6.5hrに及ぶ。したがってパートフィルター濾液をあらかじめ加熱するように、この経路に熱交換器を設備し、清浄槽中の溶液の滞留時間を短縮せしめることにより清浄能力の増強を計った。この利点は前述と同様であるが、仕様および成績を第5表に示す。

第5表 第1 清浄始液加熱用熱交換器

仕様	
型式	蛇管浸水型急速熱交換器
外形寸法	1,295mmφ×1,736mm 高さ
成形材料	外殻鉄板鉛張, 蛇管銅管製3, 重コイル
蒸気管	外径 70mmφ 長さ 127m
伝熱面積	27.9m ²
能力	46m ³ /hr (55°C→80°C)
操業成績の1例	
送液量	46.5m ³ /hr
入液温度	49°C
出液温度	78.5°C
熱効率	98%

(4) 溶解渣処理能力の増強：——溶解残渣の処理設備は設計時には二段溶解法に基いて複雑な系統になっていたが、これを極力単純化するため徹底的に改造した。改造前後における系統および設備の概要を第2図に示す。改造に当って考慮された主要な点は、

- フィルタープレスを廃し、シックナー、オリバーフィルター方式とし、人手を省く。
- シックナー、ポンプあるいは配管類の“閉塞”の原因となる細粒は従来洗降樋で除去していたが、新たに混式サイクロンを採用して“スピゴット”として除き、その悪影響を排除しつつ同時に捕集細粒はオリバーフィルターの皿に導き、濾過能率の向上を計る。

第2図 溶解渣処理系統の変遷

R: 水銀
整流機
3,000kVA
(600V×
5,000A)

第3図
電解槽
結線図

c. シックナーは地上式とし、維持および管理に便ならしめるとともに小容量のものを2基直列に使用して建設費を節減する。

d. 濾過渣は渣輸送ポンプを採用することにより全く人力を要せずに直接堆積場に送る。

(5) 電解能力の増強：——電解槽は当初坩堝製のもの6槽カスケードに配列され、144槽ずつ2系統、合計288槽を有し、144槽ごとに容量3,000kW(5,000A×600V)の水銀整流器2基が併列に配置され、なお共通の予備として別に1基を備えていた。(第3図参照)その後24槽を増設して156槽ずつ2系統、合計312槽となったが、増産の目的で通電電流も漸次高くなり、この間極板用ナイフスイッチを3mm厚より6mm厚に変更、槽内冷却設備の強化による液温上昇の防止、電解槽整備サイクルの計画化等の対策実施に努めた。この方法により生産は著しく増加したが、電解における質的な面、すなわち電流能率、析離亜鉛中の鉛含有量等においてこれらの対策にも限度があり、通電電流を最高7,500Aに抑えざるを得なかった。したがってその後の計画としては電解槽の配列方式、槽数、整流器との関係等は従前のままとし、水銀整流器の最大容量たる10,000Aを通電可

第6表 新旧電解槽比較表

摘 要	新 設 槽	旧 槽
電 解 槽 材 質	鉄板製硬ゴム張	坩 堝 製
極 板 枚 数	1.5m ³ 17枚/槽	1.3m ³ 14枚/槽
極 板 厚	16mm	12mm
重量	610kg	1,000kg
槽 壁 厚	16mm	60mm
業 成 績		
通 電 電 流	9,500A	7,500A
陰 極 電 流 密 度	540A/m ²	570A/m ²
電 流 能 率	94.5%	89.9%
電 圧	3.45V	3.40V

能のようにする一方、新型電解槽を設計購入して逐次更新するとともに、通電中電解槽の全面的点検ができるように基礎の改修を行うなどにより、生産量の増加、操業成績の向上の両面において改善を計った。

新旧両電解槽の比較は第6表の通りである。

(6) 熔鑄能力の増強：——従来 80 kW 低周波誘導炉 (Ajax Wyatt 炉) 6基により1日当り 60~62 t の型亜鉛を生産していたが、さらに増産に対してこの型の設備を増設することは据付面積および建家を増し、作業人員の比例的増加を招き、かつまた設備費も比較的多額に上るため甚だしく不利と考えられた。このため最終的には現在の炉は大部分他に転用することとし、新たにドイツ Demag 社の大型低周波誘導炉 1基を輸入し、設置した。

この炉は鉄板製外殻で、炉槽は断熱および耐火煉瓦で内張され、熔態亜鉛の接触する炉槽各部および熔融部は特殊なスタンプマスで搗き固められ、熔態亜鉛の浸透が完全に防止されている。炉内には約 25 t の熔融亜鉛を保有する共通浴を有し、90kW の炉用トランス 4基、180kW の炉用ダブルトランス 1基が併用され、これの通電により加熱熔融されるもので低周波誘導炉の利点と反射炉の利点を兼ね備えている。製品の均一性を高め、作業人員を大巾に減じ得る外、ドロスの生成率が低く、電力消費量が少ないなどにより熔鑄費を著しく低下することができる。仕様の概略は次の通りである。

保融能力	25 t
1 日熔解能力	公称 80 t
	最大 96 t
電気容量	800kVA (540kW)
力率	0.66

1.3 技術的改善について

(1) 高純度亜鉛の生産：——終戦後亜鉛製錬に課せられた問題は製品品位の向上、すなわち高純度亜鉛の生産である。ダイキャスト方面への亜鉛の利用が急速に増加し、従来主要な用途であつた亜鉛鍍鉄板および伸銅品等の用途から独立的用途への転換策として関心が高まり、しかもダイキャスト用亜鉛は特に高純度であることが要求されたからである。神岡では再開当時よりこの方面の研究に着手し、すでに昭和23年には一部、いわゆる four nine の産出をみたが、さらにその後生産量の増加のため陰極電流密度の上昇、それに伴う電解槽温度の上昇等、亜鉛の純度向上とは相反する要素が増加したため、一時高純度品の生産は低下を余儀なくされた。その後この相反する両面を同時に達成するための研究、努力が続けられ、遂にこれを確立することができ、生産量の増大、高純度亜鉛の生産を兼ね実施しつつ

第7表 年次別電気亜鉛生産量と高純度亜鉛生産量及び比率

年次別	全生産量	高純度亜鉛生産量	比率
昭和22年	4,357 t	0	0%
昭和23年	4,884 t	1,705 t	34.9
昭和24年	7,512 t	4,717 t	62.8
昭和25年	10,226 t	4,410 t	43.1
昭和26年	11,509 t	1,341 t	11.7
昭和27年	11,982 t	5,568 t	42.9
昭和28年	15,344 t	14,204 t	92.6
昭和29年	15,753 t	15,508 t	98.5
昭和30年	16,121 t	15,181 t	94.2

今日に至っている。

(2) ダイキャスト合金 (ZAC) 工場の建設：——高純度亜鉛の生産が軌道にのり、これと同時にこの種高純度亜鉛を主原料とするダイキャスト合金の工業的製造が企図された。これに先立つて当社東京研究所で鋭意研究が進められたが、逐次問題点が解明せられ、昭和28年充分な検討を経て神岡にダイキャスト合金製造工場が建設された。最初は #300 黒鉛ルツボを使用する 35 kW 電熱炉 3基を設置し、生産量月産 100 t を目標として操業を始めたが、その後需要の進展に伴い、操業方法、設備に改善を重ね、傍らルツボの研究を進めて製造能力の増強に努め、さらに昭和30年末に 1基増設を行い、合計 4 炉とし現在月産 500 t の能力を備えるに至った。

また合金の種類も ZAC #1を始め、ZAC #2, ZAS, ZAC-T その他数種類に及んでいる。

(3) 高純度カドミウムの生産：——前述のように亜鉛については早くから高純度品の研究も進み、また製品として満足すべきものが大量に生産されたが、一方カドミウムについてはいまだに一般に高純度品の要望も少なく、したがって研究もあまり進んでいなかった。しかし近年漸くこの分野でも高純度品が注目されるに至り、当所でも昭和29年に操業方法を変更し、累次の改善を経て高純度品の生産を開始した。その一つの系統は主として清浄部門と電解部門に処理方法の改良を加えたもので、従来の方法と比べて経費的にも、能力的にも何等制約されず品位の向上が可能となつた。

(4) その他：——全般に技術面、作業面で検討を加え、合理化を進めた結果、採取率、原単位、人員等の面で逐次成績は上昇した。この内主なるものを列挙すれば

第8表 採取率及び主要原単位の変遷

摘 要	上/22期	下/22	上/23	下/23	上/24	下/24	上/25	下/25	上/26
採取率	82.8%	82.6	79.7	80.7	82.7	88.2	90.2	90.0	90.5
電力原単位	4,422kWh	4,273	4,202	4,408	4,231	4,000	3,775	4,060	3,887
亜鉛末原単位	53.8kg	62.3	62.2	58.0	53.2	44.6	36.7	39.8	41.4

摘 要	下/26	上/27	下/27	上/28	下/28	上/29	下/29	上/30	下/30
採取率	91.6	92.0	92.4	92.2	92.0	91.8	91.8	91.7	91.7
電力原単位	3,787	3,608	3,557	3,619	3,452	3,441	3,426	3,568	3,472
亜鉛末原単位	48.8	52.0	54.4	37.3	34.0	31.5	30.7	30.3	29.3

第8表の通りである。

以上極めて概略であるが過去10年間の変遷を述べた。現在着手しているもの、ないし今後に残された問題も多々あるが、例えば特殊の用途をもつ超高純度亜鉛の製造、第1清浄渣より銅、コバルト、その他の有価金属の回収、鉍滓（溶解渣）処理の発展、原料および製品類の運搬方法の改善等、生産規模が増大するにつれて、これ等は早急に解決されなければならないものと考えている。

2. 鉛製錬部門

終戦より昭和24年までを復興期、その後昭和28年までを操業方法の改善期、さらに最近の2年間を増産期と分類する。この間における変遷は次の通りである。

2.1 設備の改善および新設

(1) 電気鍊鋅炉の設置：——熔鋅炉鋅の処理のため従来クリーナー炉を操業していたが、さらに能率よく操業の容易な鍊鋅炉（三相エルー式、150kVA×2）を採用し、好成績を取めた。

(2) 熔鋅炉の改造：——鉛鋅処理量の増加に伴い、従来の60t/日ビルツ式丸型炉2基のうち1基を100t/日容量の楕円形に改造し、昭和28年6月より操業を開始した。改造炉は丸炉に比べて能力において約90%増となり鉛採収率も上昇した。現在鉛の通計熔鋅採収率は95%を遙かに超えている。

(3) 收塵設備の増強：——鉛鋅焼結用DL工場における飛散粉塵の除去および回収の目的で二段式サイクロンおよび排風機（300m³/min×40kW）を新設し、1.5t/日の鉛塵を回収するに至った。工場内の雰囲気もこれにより著しく改善された。

(4) 排煙処理用スクラバーの新設：——熔鋅炉排ガスはコットレル収塵機を経て共通煙道に入れていたが、ガス量の増加により圧力損失を増大し、炉の能力が充分に発揮できないため、コットレル出口に散水式無充填型のスクラバー（鉛板製塔で選鋅場廃水を注入する）を設け、焙焼ガスと別系統にした。

(5) 鉍滓処理設備の新設：——熔鋅炉の鋅中には9~10%の亜鉛が含まれており、回収法につき長い間試験研究を行つた結果、電気炉法を採用することとなり、昭和28年10月より操業を開始した。過水期には電力が不足するが通常蒸溜亜鉛を毎月50t程度回収し得て、操業状態は好調である。

2.2 操業方法の改善

第4図 期別供用鉛鋅量、産出EMK鉛量及び在庫前数

(1) 熔鋅炉操業法の変更：——焼結部門における熔剤の加調量を極力少なくして高鉛焼結塊を得、熔鋅炉の出鋅率を最小とする操業法を確立した。この対策は高品位鉛精鋅の処理に対して設備の能力を高め、実収率を上昇し、熔錬費を低減する上に役立つ。

(2) 鉛電解条件の管理：——神岡の粗鉛は他に比しBiおよびAgが極めて高いため（Bi0.7~0.8%、Ag0.4~0.5%）、鉛電解の条件は特に考慮を払う必要がある。長期にわたる試験操業の結果、陽極中の不純物量に応じて電解液の組成、温度等に管理基準を設け、日常これを

第5図 鉛製錬操業系統図

調節することにより析離鉛の品位を極めて狭い範囲に抑えることができた。析離鉛を単に熔解したのみで得られる鉛地金の品位は常に 99.995% を超えている。

(3) 高純度電気銀の生産：——従来主として Bi の混入により神岡産電気銀にはいささか難色があつたが、分銀工程の管理（炉内雰囲気の規正、酸化剤の使用等）、と銀電解における諸条件（隔膜、Ag イオン対酸濃度）、の規正により製品の品位は著しく上昇し、かつ変動が少なくなり、99.997～99.998% を維持するに至つた。

(4) 蒼鉛精製法の改良：——電解で得られる析離蒼鉛の精製熔鑄工程で硫黄末および苛性ソーダを用い、これと鑄造温度等との相関を見究め実施に移した結果、製品の品位は 99.97～99.98% を確保し、精製費も低下した。

以上鉛部門は個々の改善を累積しつつ操業度を高めて現在に至つているが今後運搬の合理化を重点として計画を進めたいと考えている。終戦後、今日に至る生産量の変遷を第4図に、現状の処理系統を第5図に示す。

KN 式水分検定器について

物質内含有水分の迅速測定は製造工程中における品質管理上重要であるのみならず、原料及び製品等についてもその重要性は一般に認識されつつ有る。

ここに記載する KN 式水分検定器は鉱石、石炭、コークス等に最適で鉱石製錬、石炭コークス及び製鉄関係に使用されている。

この構成は赤外線電球の輻射エネルギーによつて試料中の水分を迅速に乾燥し、その重量変化を自動的に電気式天秤によつて指示計に指示せ

しめ、その試料の水分を直読する。

赤外線エネルギーは乾燥に対しては最も能率的である。この赤外線電球によつて試料が照射を受けると含有水分は直ちに蒸発を開始する。それに比例して水分指示の指針が目盛盤上の水分%を指示する様になつている。

なお、赤外線照射温度の調節はスライダワックによつて赤外線ランプ供給電圧の調節によつて行われる。

試料の乾燥室と天秤室は隔離されておつて乾燥室の熱は天秤部に伝わ

らないので天秤は熱に対して無影響となる。KN 式水分検定器には数種の型式が有り試料の量は 1kg から 5g 迄に分れている。

米国における最近の水分測定には熱風乾燥と天秤を組合せたものがある。

ドイツにおいては鉱石関係には赤外線電球による乾燥方式を用いている。

天秤はいずれも光学的目盛指示となつている。

(日本冶金化学工業提供)

西独アスカニア社においてはこの種光学器械の他に自動制御装置のメーカーとして世界的に有名である。

このポケットパイロメーターは昭和30年以来日本に輸入され市販されている全輻射高温計で 600°C～2400°C の温度測定に適している。

構成は温度のトランスミッターとして小さなバイメタルを使用し、その一端に指示器をつけてあつてそれが温度の影響によつて自動的に作動し温度指示を行うようになつている。このバイメタルは人工的に温度変化により作動させていてその性能は無限に不変であると称している。

このバイメタルは現在のところわが国では製作出来ない。

この指示器は外径約 2½in の収斂レンズとこの焦点距離に相当する

6½in の長さの望遠鏡型容器にセットされている。反対側には接眼鏡が有つてこれで観測者は目盛盤上の指針の指示と被測定物を同時に見られるようになつている。

なお目盛が示す温度以外の寒暖によるいかなる夾雑作用をも避けるためにこのバイメタルは第二の合金製ラセンによつて修整されている。そのため、指示目盛上の計測時以前のいかなる数値の誤謬も、接眼鏡の頭部でこの第二のラセンを廻すことにより修整出来る。

特筆すべき事は

使用法が極めて簡単で、維持費は

全く不要である。手で動かして操作するのでないから損傷する部分は全くない。加えて従来の固定式輻射高温計とは異り観測距離の点が極めて合理的に使用し易く出来ているので如何なる角度から観測することも出来ることである。

如何に危険な現場でも重量が軽く小さいので使用簡便であり、測定者の個人誤差は無い。

現在米国その他各国に輸出されている。

金属溶解炉、煉瓦焼成炉、ルツボ炉、焼入炉等に最適である。

(日本冶金化学工業提供)

西独アスカニアヴェルケ社製

ポケットパイロメーターについて