三井串木野鉱山(株)の金銀製錬*

宮 川 博¹

Gold and Silver Refining at Kushikino Refinery

by Hiroshi MIYAGAWA

Mitsui Kushikino Mining Co., Ltd. has the only refinery in Japan which is capable of all slime cyanidation in the ore treatment process. However, ore treatment is no longer considered feasible, due to the rapid drop in the gold market, and its use is diminishing. Accordingly, operation at the refinery has undergone a change from ore treatment to treatment of gold-and silver-containing scrap, semi-conductor scrap in particular.

The amount of gold-and silver-containing scrap handled at the refinery has doubled in the past decade. In contrast, the output of gold and silver has increased 1.5-fold, the amount of gold produced exceeding 70%. Such treatment has almost completely taken over ore treatment.

The following discusses improvements made in treatment processes at the said refinery during the past decade, centering on the treatment of gold-and silver-scrap.

1. 緒 言

三井串木野鉱山(株)のこの10年間をふり返ってみると、まさに金銀建値の下落との戦いであった。1980年をピークに年平均で4,051円/gつけた金の国内買鉱建値は、急速な値下がりを見せ、特に1985年のプラザ合意後の急激な円高による影響は大きく1990年には、1,713円/g、1991年には1,551円/g、さらに1993年1月では1,347円/gと加速度的に下がっている。

このような厳しい経営環境の中、建値に左右されない製錬所をめざして、コスト削減は言うに及ばず廃滓の有効利用や従来の鉱石中心の操業から、半導体等を中心とする金銀を含んだ市中のスクラップからの金銀回収を中心とする操業へ移行を計ってきた。

2. 鉱石の処理概況

2・1 鉱石

当社は、串木野鉱山、岩戸鉱山、赤石鉱山の3鉱山を有し現在も金鉱石を採掘している(図1参照)。また住友金属鉱山(株)菱刈鉱山の鉱石を1986年より買鉱処理している。しかしながら青化製錬処理鉱は、金建値の下落による採算性の悪化により減少の一途をたどっている(表1参照)。現在はコスト削減から、青化製錬後の廃滓が珪酸粉として製錬所へ販売できる量の範囲内での操業を行っている。

現在の処理鉱量(青化製錬工場処理)と平均の金銀品位を、表2に示す。

2・2 青化製錬処理

従来からの青化製錬の鉱石の流れは図2、表3の通

図1 串木野鉱山位置図

表1 青化製錬処理鉱量の推移

年 度	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
鉱量(千t)	132.5	120.4	146.1	134.6	132.5	113.2	81.0	69.7	42.9	38.1
指 数	100	91	110	102	100	85	61	53	32	29

* 1993年3月24日受付 7月30日受理
1. 正会員 三井串木野鉱山(株)取締役営業課長
キーワード: 金, 銀, リサイクル, 青化製錬

表2 青化処理鉱量と平均品位

鉱 種	鉱量(t/年)	金 (g/t)	銀(g/t)
串木野鉱	2,700	4.7	52
岩 戸 鉱	10,800	3.0	4
赤 石 鉱	10,800	8.0	5
菱 刈 鉱	24,000	15.0	12
合 計	48,300	10.2	11

(1993年予算)

り、鉱石はそれぞれの鉱山から製錬所まで10t ダンプによって運ばれた後、まず破砕場にて、24"ブレーカ(2台)と4'コーンクラッシャー(2台)で-12mmに破砕される。つぎに破砕産物は、8*3 コニカルボールミルと6*14'チューブボールミルによって二段磨鉱されて、-200 mesh までに粉碎される。磨鉱産物は18' シックナにて濃縮されて、水分50%程度に調整後、青化ソーダを加えアジテータにて約四日間金銀の溶解を行う。溶解完了した金銀含有のろ液と廃滓は、ムーア式浮遊機によって分離される。ろ液である金液は亜鉛末置換を行い、濃物として金銀が回収される。回収濃物は精金所にて乾式処理される(図3, 表4参照)。すなわち乾燥炉にて乾燥ばい焼し、それに溶剤を混ぜ溶解炉にて金銀合計90%程のメタルにする。さらに精製炉で金銀合計品位98%の青金を生産

図2 青化製錬系統図

表3 青化製錬主要設備機械

No.	名 称	寸法または公称能力	据付能力	台数
1	ブレイクラッシャー	610×360mm	37 (kW)	2
2	ドラムウォッシャー	1,200φ×1,500φ×1,400L	7.5	2
3	コーンクラッシャー	1,200φ	75	1
4	コーンクラッシャー	1,200φ	75	2
5	ジャイレックス スクリーン	1,200W×3,000L	5.6	2
6	分級機	1,800W×7,300L	5.6	1
7	貯鉱倉	800t (6 室)		1
8	コニカルミル	2,400φ×900L	131	2
9	分級機	2,400×6,000	7.5	2
10	チューブミル	1,800φ×4,200L	169	2
11	バウル分級機	3,600W×9,500L×5,500φ	7.5	2
12	シックナ	18,000φ×3,600H	3.7	2
13	アジテータ	8,500φ×6,700H	3.7	6
14	ムーアフィルタ	2,540H×1,970W		4
15	砂洗槽	6,100φ×1,500H		4
16	貴液槽	6,100φ×2,400H		1
17	クロール真空槽	1,500φ×3,660H		1
18	濃物プレス	1,200 三角形		3
19	シックナ	20,000φ×3,048H	2.3	1

図3 精金工程図

表4 精金工程主要設備機械

No.	名 称	寸法または公称能力	据付能力他	台数
1	乾燥炉	930φ×3,550H	重油 横型	1
2	溶解炉	925φ×825H	重油 可傾式	2
3	精製炉	1,727W×3,210L×1,794H	重油 反射炉	1
4	立型溶解炉	760φ×530φ×2,600H	コークス	1
5	溶剤調合粉碎機	1,200×250H	2 ローラー式	1
6	バッグフィルタ	ろ過面積 75 m ²	22 kW	2

し、三井金属竹原製錬所に出荷する。

以上が青化製錬の鉱石処理の流れであるが、この周辺にスクラップ処理あるいは廃滓処理等の工程を加え、スクラップの処理拡大と廃滓の有効利用を計っている(図2参照)。

3. 金銀スクラップ原料の処理

鉱石以外の金銀スクラップ原料の処理は、表5に示したように、この10年間で数量で2.0倍、金銀含有量でそれぞれ1.5倍の増加を示している。当初は青化製錬工場(以下青化工場という)での鉱石との混合処理が主体であったが、原料の増加、多品種化、複雑化に伴って、それだけでは対処困難となり、単独処理を行うスクラップ処理工場を順次整備してきた。主要設備を表6に記す。

3・1 破碎選別工程

高速剪断型破碎机で粗破碎(-15mm)し、一次磁選機で銅系、

表5 スクラップ原料の数量の推移

年 度		1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	*1992
数 量	数量 (t)	2,085	2,644	2,603	2,889	3,407	3,721	3,948	3,995	4,268	3,993
	指 数	100	127	125	139	163	178	189	192	205	192
金 量	数量 (kg)	730	926	963	971	964	1,116	1,012	1,082	1,108	1,072
	指 数	100	127	132	133	132	153	139	148	152	147
銀 量	数量 (t)	12.4	13.6	12.9	15.1	17.4	19.7	17.9	18.5	19.2	20.1
	指 数	100	110	104	122	140	159	144	149	155	162

*：上期実績，下期予算

表6 スクラップ処理工場の主要設備

主要工程名	設 備 名	機 械 能 力 そ の 他
1. 破碎選別工程		高速剪断破碎机，3段ロー ル破碎机，磁選機 他
2. アルカリ処理 溶解工程	定置式溶解設備 回転式溶解設備 ミキサー型溶解装置 サンプリング設備 電解剥離設備	1.5m ³ ×8槽 他 1,000kg/回 50-5,000kg/回 5台 貯液槽，ろ過槽，計量器， 秤量機 2.5m ³ ×6槽，整流器 20V×2,000A 他 3台
3. 酸処理溶解工程		1.0m ³ ×4槽他
4. 金銀回収工程	電解回収設備 化学還元処理設備	30l×8槽3列 整流器 50V×200A 他5台 反応槽，ろ過槽
5. 乾燥焼却工程	焼却炉 乾留炉 送風炉 乾燥機	サイクロン回収装置付 20kg/hr ウォータスクラバー付 20kg/h 活性炭用 10kg/hr 熱風乾燥キルン型

樹脂と鉄系原料を分離する。さらにそれぞれの金属原料は必要に応じてロール破碎机（3段）で二次破碎，二次磁選し樹脂等との分離を計る。

3・2 アルカリ処理溶解工程

金銀を含有した鉄系原料および高品位のメッキ原料のうち金銀が表面にでているものは，シアン液によって金銀を溶解する。その形状やメッキ厚によって剥離溶解方法を変えている。網籠による定置方式，チップ状の原料に適したバレル回転機やミキサー方式があり，必要に応じて加温，電解との併用方式をとっている。

また金は高価なために固形状でのサンプリングが難しい。高品位の原料については，シアン液によって液化してサンプリングを行う計量サンプリング設備がある。

3・3 酸処理溶解設備

王水，硝酸，硫酸等で金銀の剥離濃縮を行っている。溶解槽は100-1,000lと各種あり原料によって使い分けている。

3・4 金銀回収工程

シアンあるいは酸によって剥離された液とメッキ廃液として直接買ってくる含金銀液は，電解回収系統で電着物やスライムとして回収する。比較的低品位のものは亜鉛末等の還元剤で置換し金銀濃物として回収する。

3・5 乾燥焼却工程

アルカリまたは酸剥離された母材は水洗後ロータリーキルン型の乾燥機で乾燥後出荷される。

基盤屑，ウエス屑，活性炭等の原料はそれぞれ乾留炉，焼却炉，送風炉にて焼却処理し，その灰を精金所で処理する。

3・6 青化工場での処理

金銀スクラップはリードフレームの材質で，鉄系と銅系の二種類に分かれる。青化製錬への銅の混入は，青化液の劣化と沈澱・精金工程での濃物量増加トラブルを起こすので好ましくない。したがってモールドされた鉄系のスクラップだけは，摩鋳系統にて鉱石と一緒に混合，破碎摩鋳した後湿式回収している。

またメッキ工場等から発生する金銀シアン液のうち低品位のものは青化工場の亜鉛末沈殿工程に入れて処理している。

3・7 精金所での処理

金銀が高品位のスクラップとスクラップ処理工場の灰，酸物類は，直接精金所の乾燥炉・溶解炉・精製炉を利用して処理し青金・粗金として生産する。

また青化工場で処理困難な銅系のスクラップ類は，上記設備と立型溶解炉設備で含金銀銅メタルまで中間加工して銅製錬所へ送っている。

4. 廃 液 の 処 理

従来の青化工場の廃液処理は，酸分解ばっ気吸収法とアルカリ塩素化法で行っている。スクラップ原料の増加，単独処理化に伴って高濃度のシアン液を扱うようになり，それらの処理用に酸化電解処理法，酸分解ばっ気吸収法，アルカリ塩素化法の別系統の処理工場を建て，これに対応している。主要設備と処理図を表7，図4に記す。

5. 廃 滓 の 有 効 利 用

従来，鉱石処理後の廃滓は，堆積場での処理しか方法がなかったが，資源の有効利用，廃滓処理コストの低減，堆積場の延命を目的に珪石コンクリートと珪酸粉の生産を行っている。

珪石コンクリートはムーア水洗ケーキにセメントその他の固化材を特殊な高速度ミキサーで混練して，埋立柱，土壌改良材として有効利用を計るものである。表8，図5に主要設備と工程図を示す。

また廃滓の珪酸分は85%以上ありまた微粉碎されているので，銅製錬の自溶炉の溶剤として利用できる。珪酸粉工場は，青化工場のムーアろ過機の脱水ケーキを原料にそれをリパルプ洗浄し，4台のドラム型ベルトフィルタで脱水する。現在は年間48,000t程度の生産をしている（表9，図6参照）。

6. む す び

この10年間，金建値の下落に従って採算の良くない青化鉱石処理を廃滓の有効利用等によってコスト低下を計りながら縮小しつつ，収益確保のため建値に左右されないスクラップ部門を拡大してきた。その結果，ここ数年の急激な金建値下落にもどうにか収

表7 廃液処理工場主要設備機械

No.	名 称	寸法または公称能力他	台数
1	発散塔	1,250φ×4,000(5m ³), 2,400φ×3,150(10m ³)	2
2	吸収塔	2,000φ×3,500(11m ³), 角型 2.4m ³ ×4個	2
3	反応槽(酸分解用)	2,500φ×2,040(10m ³) 攪拌機付	2
4	反応槽(化学的処理用)	2,910φ×2,300(15m ³) 攪拌機付他	2
5	沈降槽	2,400φ×3,150(10m ³) 他	3
6	遠心分離機	立型全自動 7.5kW	1
7	ばい焼炉	ロータリーキルン型二次燃焼方式	1
8	フィルタプレス	1,200 角型	1
9	廃液シクナ	ドル型 20,000φ×3,048	1

表8 珪石コンクリート工場主要設備機械

No.	名 称	寸法または公称能力	据付能力他	台数
1	自動計量ホッパー	2.0t/回, 200kg/回		2
2	セメントサイロ	30 t	スクリュウ式	1
3	ボールミル	1,220φ×3,650mm l	40 kW	1
4	アイリッヒミキサ	2,200φ×708 mmH	15 kW, 11kW×2	1
5	養生ヤード	3,000m ²		1

表9 珪酸粉工場主要設備機械

No.	名 称	寸法または公称能力	据付能力他	台数
1	攪拌槽	角型コンクリート 60m ³	1.5kW×4	1
2	サイクロン	230φ×20"	1.2m/min	4
3	コーンシクナ	3,700φ×4,000mm l	20.2 m ³	1
4	ベルトフィルタ	2,440φ×3,660mm 他	ろ過面積 72m ²	4
5	真空ポンプ	ロータリー型	37, 30, 55kW	3
6	製品ヤード	3,000 t		1

益を維持できるようになってきた。

しかしながらここにきての円高傾向は、1千円代の金建値もうかがえる厳しい状況に向かっている。それに対処すべく、今後も鉱石青化処理部門の省力化、省コスト化、スクラップ処理部門のコストダウン、スクラップの種類と量の拡大による売上げ増加を目指して努力したい。

図4 廃液処理工程の処理概念図

図5 珪石コンクリート工場工程図

図6 珪酸粉工場工程図