岡山製錬所の硫化鉄鉱の脱銅操業と銅製錬

Decopperizing Operation of Pyrite and Refining of Blister Copper at Okayama Smelter

正 会 員 四 元 武 四 郎*

Takeshiro YOTSUMOTO

1. 緒 言

同和鉱業岡山製錬所の設立目的は、当社柵原鉱業所で産出する硫化鉄鉱中に夾雑し、従来未利用資源として廃棄されていた磁硫鉄鉱を、鉄資源・硫黄資源として、経済的に完全利用するためであった。当所ではこの未利用資源の活用のため、小坂製錬所における経験を生かし、米国ドル社のフルオソリッド焙焼炉を導入して、鉱石中の鉄・硫黄の主成分はもちろん少量含有されている銅分もそれぞれ脱銅焼鉄鉱・工業用濃硫酸ならびに沈殿銅として回収するために、昭和28年9月に、焙焼炉(120t/日)1基、接触式硫酸設備(100t/日)1基とそれに付帯する設備の建設を完了して、直ちに操業を開始した。

その後、2年を経て、技術面・採算面の両面で明るい見通しを得て、昭和31年6月に設備の倍増を完成した。その後も硫酸需要の増加にともない、漸次増設を行ない、現在では脱銅焼鉄鉱6,500t/月、濃硫酸10,000t/月、沈殿銅50t/月を生産しているが、原料鉱石は磁硫鉄鉱の漸減により硫化鉄鉱が主体となっている。

また一方、硫化鉄鉱の焙焼鉱より銅分を抽出した液から沈殿銅として銅回収するのではなく、直接電気銅として採取するとともにあわせて輸入銅精鉱ほか沈殿銅等を電気炉焙錬後電解精製する目的で昭和35年10月に電気銅400t/月の生産を開始したが、現在では輸入粗銅・故銅などを原料として、電気銅950t/月の生産を行なっている。

製造設備の主な変遷はつぎのとおりである。

昭和26年6月：当社および神島化学工業株式会社、藤田興業株式会社、鐘淵紡績株式会社の4社で磁硫鉄鉱から硫酸製造を目的として西日本化学工業株式会社を設立し、工場の建設に着手した。

昭和28年9月：同和鉱業株式会社は西日本化学工業株式会社から経営を委託され、同和鉱業岡山製錬所として、脱銅焼鉄鉱2,700t/月、濃硫酸3,000t/月の規模で操業を開始した。

昭和31年7月：焙焼炉・硫酸設備とも倍増工事完了。

昭和35年10月：銅製錬設備(11'φ流動炉1基、1,200kW電気炉1基、電解槽102槽を新設し、電気銅400t/月の生産を開始した。

昭和36年9月：硫酸製造設備のみを増設し、硫酸生産量を10,000t/月とした。

昭和37年2月：銅電解設備を増設し、電気銅生産量を95.0t/月とした。

昭和39年1月：硫化鉄鉱等の含銅量の増大に対処して2段焙焼法を完成し既設の焙焼炉附近の一部を改造した

昭和40年3月：銅製錬設備中、電気炉の操業を休止した。

2. 操 業 の 概 況

当所には上述のように、硫酸製造・脱銅焼鉄鉱製造部門と電気銅製造部門の2つの部門があり、その操業系統図を第1図に示す。

2-1 硫酸・脱銅焼鉄鉱製造部門

2-1-1 原料鉱石 当製錬所の発足当時は、柵原磁硫鉄鉱を主体として操業していたが、現在は硫化鉄鉱を主体とし、それに柵原磁硫鉄鉱、金平磁硫鉄鉱、金平磁鉄鉱などを調合して使用している。その鉱種別の成分は

第1図 操業系統図

* 同和鉱業株式会社岡山製錬所生産課長

第1表のとおりである。

2・1・2 貯鉱および調査 ベッディング方式による鉱石の品位調査と貯鉱を昭和31年8月以降採用している。鉱石は貨車で入荷し、その貨車をカーダンプを用いて傾転し荷卸しを行なう。鉱石はホップからベルトコンベヤ、スタッカを経てベッディングヤードに送鉱される。ここに数種の鉱石は品位により調査されながら均一な品位の1,000tの貯鉱の山を形成する。ベッディングヤードからの払出しはリクレーマで貯鉱の一端からかき落とし、1日分をオービンに揚鉱して、焙焼元鉱とする。調査鉱石の基準品位は、入荷鉱石の品位のかたよりによつて変動させることもあるが、一応、銅0.30%、鉄44%、硫黄41～42%である。

同一のベッディング内における鉱石品位のバラツキは、 $\hat{\sigma}$ （標準偏差の推定値）で銅0.06%、鉄0.41%、硫黄0.42%である。

第1表 鉱石の成分表 (%)

成分	Cu	Fe	S	Zn	Se	As	SiO ₂	CaO
標原	0.26	43.84	47.39	0.24	0.012	0.035	5.84	0.17
ノ	0.56	50.20	32.38	0.34	0.024	0.029	7.17	0.40
ノ	0.29	42.04	46.30	0.16	0.007	0.058	4.53	0.52
金平	0.31	52.22	29.69	0.06	0.006	0.165	4.40	0.88
ノ	0.06	59.89	19.14	0.09	0.001	0.155	5.52	2.90
吉岡	0.92	43.26	38.82	0.86	0.009	0.399	7.91	2.06

設備の詳細は昭和33年、第8回全国鉱山製錬所現場担当者会議で発表し、同じく議事録に収録されている。

2・1・3 摩鉱 オービンに揚鉱された鉱石は、その下部からコンベヤによつてメリック秤量器を経てマーシー型ボールミルで摩鉱される。さらにエーキンスクラッシュファイヤを用い全量を0.83mm以下に摩鉱しアジテータ付きのコーン型タンク内でパルプ比重2.4～2.5（約75%固型物）まで濃縮して焙焼元鉱とする。また硫化鉄精鉱は別系統でホッパーから直接リパルパータンクに送り、同様に比重2.4～2.5のパルプを調整して、前記の元鉱と混合して焙焼元鉱とする。焙焼炉への給鉱鉱石の粒度分布を第2表に示す。

第2表 給鉱鉱石の粒度分布 (%)

粒 度 (μ)	500	297	250	177	149	105	74	62	44-44
ボールミル出口	3.6	9.4	6.3	7.5	7.5	17.4	18.2	4.9	3.9
硫化鉄精鉱	-	-	-	-	2.5	4.0	3.0	3.6	6.7
									80.2

2・1・4 焙焼 焙焼の方式は岡山製錬所独自の2段焙焼法を採用している。これは硫酸工場の生産性の向上

写真1 焼鉱分級濃縮装置

を計りながら同時に焼鉱からの銅の溶解抽出も容易にする目的で、鉱石を1号炉で高SO₂ガス濃度の雰囲気で酸化焙焼し、その焼鉱を高温のまま2号炉に移動させて、ここで若干の鉱石とともに低SO₂濃度の雰囲気中で焙焼を行ない、この硫酸化焙焼雰囲気中で鉱石の焙焼と焼鉱の再焙焼を同時に行なう方式である。

鉱石の焙焼炉への給鉱は前述の75%固型物のパルプをそれぞれの炉の3～4個所のフィードノズルから行なっている。給鉱方式はO. D. S ポンプによる間歇給鉱と炉頂部の分散箱による連続給鉱を併用しているが、いずれも運転室内にて給鉱量の加減調整が可能である。

焙焼温度は1号炉670℃、2号炉630℃で、硫酸工場の廃薄硫酸を直接炉内に注入して調整している。流動層高さは1,2号炉とも従来1,500mmであつたものを焙焼処理鉱量の増加をはかるため1,200mmに改造した。

焙焼のガス濃度は冷却塔出口部のSO₂メーターで1号炉は14～14.5%の酸化焙焼、2号炉は元鉱の含銅品位の高低によつて7.0～10%と、そのつど焼鉱の銅抽出に適合した条件で硫酸化焙焼を行なっている。この2段焙焼では焼鉱への脱銅性の付与は2号炉だけで行なうもので、2号炉の焙焼条件が最も重要な鍵となつている。

一例をあげると元鉱の含銅品位0.6%以下であれば、発生SO₂濃度7.5%、含銅品位0.4%ならば9.0%になるように給鉱量を操作する。したがつて元鉱の含銅品位の変化に応じた操業によつて、安定した品位の脱銅焼鉄鉱を製造することになり、逆に硫酸生産量の増加をはかるために、元鉱の配合品位を所定の値に固定することも容易になつた。

1号炉で焙焼された焼鉱は、炉オーバーフローおよびサイクロンの各フローシールを経て、エァスライドで

2号炉に連続的に移送され再焙焼される。各エァースライド出口にある温度計で内部の焼鋳温度を測定し、焼鋳の停滞や移動の状況を監視することも可能である。2号炉では硫酸化焙焼雰囲気中で、焼鋳を再焙焼し、焼鋳は2号炉のオーバーフローとサイクロンを経てクエンチタンクに入る。クエンチタンクの中で1.5~2.5%の硫酸によりリパルプされて約200m離れた脱銅工場までパルプ流送される。

焼鋳中の銅分の溶解率は焙焼条件、元鋳の含銅品位によつて多少の差があるが、1号炉の炉焼鋳15~25%、サイクロン焼鋳40~50%で、再焙焼後の2号炉焼鋳ではともに75~85%となり、銅の溶解性は大きく増加されている。

焙焼についての詳細は、硫酸誌第19巻ならびに第12回全国鉱山製錬所現場担当者会議工務部会講演集に記載されている。

なお、2段焙焼の系統略図を第2図で示す。

2.1.5 脱銅・脱硫 焙焼工場から脱銅工場にパルプ流送された焼鋳は、流送途中で可溶性の銅分は大部分が溶解抽出される。焼鋳はドラッグベルト分級機で粗粒鋳と微粒鋳とに分級され粗粒鋳はドラッグベルトにより4回の洗浄を経て、ルルギ式バンドフィルタで脱水後、続けて清水洗浄を同時に行なつて、脱銅・脱硫処理の製品焼鋳となる。一方、微粒鋳を含むパルプは、シックナ4基で洗浄後、一旦フィルタで脱水し、続いて清水中に入れてリパルプして、さらにシックナ2基で洗浄して再びフィルタで脱水して製品の脱銅焼鋳となる。この最後の水洗工程は脱銅処理後の焼鋳に付着水として含まれる銅分と硫酸塩類を除去するためのものである。

脱銅工程における1号シックナのオーバーフローは焙焼炉のクエンチタンクに送液されて、焼鋳の銅分溶解用に、2号シックナのものは銅液として、収銅槽に送られる。収銅槽は送風式収銅槽で鉄屑を投入して銅液中の銅を沈殿銅として回収する。この尾液は脱銅工場の焼鋳洗浄用ならびに硫酸工場のガス精製部門の補給液として用いている。

1. No.1流動炉 2.同サイクロン 3. No.2流動炉 4. 同サイクロン 5. 炉焼鋳オーバーフロー 6. フローシール 7. エァースライドとい 8. シールパイプ 9. クエンチタンク 10. コレクションタンク 11. スラリポンプ

第2図 焙焼系統略図

第3図 2段焙焼操業例 (月間物量収支)

月間の操業成績を物質収支としてまとめた一例を第3図に示す。

2.1.6 硫酸および廃ガス処理 焙焼炉からの生成亜硫酸ガス濃度は乾燥状態換算で10.0~11.0%、湿分は25~30%程度である。流動焙焼炉の特性からガス中にはダストの飛散が多く、サイクロン以降のガス中にも、なお30g/Nm³のダストを含んでいる。この量は全生成焼鋳の3~6%に相当し硫酸工場の湿式ガス洗浄装置(冷却・洗浄塔など)でフライングダストとして捕集される。この捕集ダストは上記焼鋳と同様に脱銅工場に送り製品脱銅焼鋳となる。

冷却洗浄されたガスは、さらに6.5~7.5%まで稀釈されて転化器を経て、濃硫酸となる。

一般の硫酸工場の排ガスは、そのまま大気中に放出されているが、当製錬所では、昭和32年に排ガス中に含まれているSO₂ガスの回収と公害防止の目的で、排ガスのアルカリによる中和吸収設備の建設を完了し、直ちに操業を開始した。以来数回の改造と増強を実施して、現在は向流2塔式のガス吸収法を採用している。なお塔は石川島播磨重工業のエアロテクターブレントーコンタクトーアブソーバー(T.C.A)を採用し、良好なガス吸収の成績を得て公害の防止に役立っている。

2.2 電気銅製造部門

緒言にて述べたように、銅抽出液からの電気銅採取を主体にあわせて輸入銅精鋳を処理するための設備として焙焼熔錬電解の一連の製錬設備を建設し、昭和34年末まで電解工場が完成し採取電解を開始した。ついで電気炉、焙焼炉が完成し35年10月より400t/月の電気銅生産を行なっていたが、硫化鉄鋳中の銅分の低下にともない採取電気銅量も減じてきたので、再度これを沈殿銅採取方式に切替えるとともに採取電解設備を精製電解設備に転用し、あわせて沈殿銅、スクラップを処理するため熔解炉を建設した。

しかし、昭和40年3月に臨海大規模製錬所である小名浜製錬に参加するために、電気炉製錬の操業は中止し、

かわりに輸入粗銅、スクラップ等を原料として現在、月産950tの電気銅を生産している。

なお、電気炉製錬に関する操業概況、成績、操業上の問題点等については、昭和38年5月の第13回全国鉱山製錬所現場担当者会議にて報告し、同製錬講演集に掲載されているので、ここでは省略することにする。

2・2・1 熔解炉操業 熔解炉は能力35t/日のロータリーファーネスで1日1サイクル（原料装入～熔解～カラミ取り～風掛～ポーリング～鑄銅）の操業であり、熔解は重油バーナによつて行なう。原料が大部分粗銅なので煙灰の発生はほとんどないが、塵ガスは煙室、増湿塔、洗浄塔をとおして大気中に放出している。カラミ取りは装入口より人手によつてかき出し、風掛は装入口に設けられた小孔より1.5'のパイプを挿入して行ない、ポーリングは松丸太をバーナ口より投入している。鑄銅は直進式の鑄銅機で1回13枚で所要時間は7～8min/回程度である。アノード重量は135kg/枚で、銅リボン吊手である。

第3表に操業成績の概略を、第4表に産出精製アノードの品位を示す。

第 3 表

操 業 回 数					1回/月
燃 料	元 料	重 松	油 丸	油 丸	120l/t-anode
還 回	の 操	装 松	入 丸	入 丸	25
		熔 装	解 丸	解 丸	1.0
		カ ラ	取 丸	取 丸	18.4
		ミ ヲ	取 丸	取 丸	0.5
		風 風	掛 丸	掛 丸	0.7
		還 還	元 丸	元 丸	0.7
		鑄 鑄	銅 銅	銅 銅	2.7

第 4 表

成分		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
名称							
精製アノード		5.7	295	98.83	0.10	0.006	0.005
成分		S	As	Sb	Bi	Ni	Sn
名称							
精製アノード		0.005	0.010	0.010	0.008	0.086	0.001

Au, Ag は g/t, その他は %

2・2・2 電解操業 電解槽数は170槽でウォルカ式2段カスケード方式である。直流電源はシリコン整流器で7,000Aの電流容量である。浄液設備はもたず、Cu量15g/lまで脱銅電解を行なつたあとは硫酸部門の焙焼焼鉍の浸出にまわしている。

またスライムは当所にはその処理設備がないので、全量小坂鉱業所に送っている。

アノードスクラップは熔解炉に繰返して、輸入粗銅、

第 5 表

槽 数	析 出 槽	出 板 槽	158
	種 造 下	段 数	10
カ ス ケ 度	電 圧		2
電 流	効 率		156A/m ²
電 流	返 率		0.3V
極 間			95.5%
			110mm
			17%
			21%
			55℃
			15l/min槽
			41g/l
			165g/l
			120g/t-電気銅
			60g/t-電気銅
			65g/t-電気銅

第 6 表

成分		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
名称							
生産電気銅		tr	6	99.99	0.0005	-	0.0005
アノードスライム		451	24,000	21.50	20.46	4.06	0.25
成分		S	As	Sb	Bi	Ni	Sn
名称							
生産電気銅		0.0018	0.0001	0.0001	0.0001	-	-
アノードスライム		7.33	0.14	1.39	0.052	1.30	4.86

Au, Ag は g/t, その他は %

スクラップ等と同時に熔解している。

操業成績の概略を第5表、電気銅およびアノードスライムの品位を第6表に示す。

3. 結 言

以上、岡山製錬所における最近の硫化鉄鉍の脱銅操業と銅の製錬についての設備・操業の概況を述べたが、いずれも生産規模が小規模設備であるために、設備の能率、合理化の面で遅れていて、今後は設備の大型化による生産性の向上をはかる必要がある。

硫酸焼鉄鉍の部門については、単なる大型化によるコストの低減をはかるのみでなく、現在の焼結原料である脱銅焼鉍をさらに一步進めて、塩化揮発や塩化焙焼などの方法を採用して、焼鉍中の有価金属の回収、製鉄用不純分の完全除去を行なつて、より高品位な製鉄原料とすることもあわせて検討して行きたい。

一方、銅製錬部門についても現在の950t/月規模では設備の機械化も採用し難いため、設備の大型化、運搬の合理化、高電流密度操業を採用したい。

また柵原硫化鉍の高度活用として、従来の製鉄用原料にとどまらず、硫化鉄鉍・焼鉍の高純度化を進め、将来、粉末冶金用鉄原料ならびに磁性体用原料など新製品開発の分野への研究も進めたいと考えている。