

技 術 資 料

硫酸滓脱銅試験及び作業について

芹 澤 正 雄*

EXPERIMENTAL RESEARCH AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT ON THE ELIMINATION OF CU FROM PYRITE CINDERS

Masao Serizawa

Synopsis:

Pyrite cinders are one of the most important resources of raw materials in Japan. They are, however, greatly restricted in their utilization as raw materials for pig iron production, because of its higher Cu content.

The author made some experimental research, since 1950, on the elimination of the Cu content from pyrite cinders at Hirohata Works of Fuji Iron & steel Co., Ltd.

The processes were as follows:

- (1) To separate pyrite cinders by a magnetic separator into magnetic pyrite cinders and nonmagnetic pyrite cinders.
- (2) To roast magnetic pyrite cinders at 450°-600°C for more than one hour.
- (3) To mix both cinders, roasted and unroasted.
- (4) To water-leach the mixtures and eliminate much amount of the Cu content.

The first plant in Japan for this purpose was installed in 1952 and the author operated for mass production and continued to develop its application.

The author could now get such eliminating rate as 25-30% by a simple water leaching and more than 50% by a kiln roasting (the magnetic separator not yet completed).

The author could expect, therefore, to get larger eliminating rates by some modification of the equipments.

I. 緒 言

硫酸滓は焼結することによつて熔鉱炉原料となるので焼結機の進歩に伴い重要な国内資源となり、その利用量は逐年増加して昭和 14~18 年間に於ては 60~70 万 t /年に達した。終戦後に於ても昭和 26 年早くも硫酸滓発生量 152 万 t、利用可能量 73 万 t と推定された¹⁾。しかし硫酸滓は銅を含有して焼結過程でも熔鉱炉過程でも除去されることなく、銑中に更に銅中に残留して硫酸滓の使用率の増加は徒らに成品中の銅分を上昇せしめることとなり、銑鉄中の銅分は普通鋼用 0.2%、特殊鋼用 0.05% 以下を要求するとすれば硫酸滓の使用率は自ら制限せざるを得ない。国内資源活用強化のために硫酸滓中の銅の除去法の研究が最も緊急且つ重要なものとして

取り上げられるわけである。

硫酸滓に関する研究は夙に森棟氏²⁾によつて行われ終戦後脱銅についての研究が硫酸工場、鉱山³⁾等でも進められたが、作業としては単に銅回収の意味で硫酸工場がその貯蔵場に撒水しているのを見るに過ぎなかつた。外国では拙逸の Duisburger Kupfer Hütte が銅、亜鉛、鉛等の含有量の多い硫酸滓を塩化焙焼して、これらの金属の抽出を行うと共に熔鉱炉原料として利用する以外には硫酸滓の脱銅工場は見当らぬ様であつた。

広畑製鉄所は国内鉄鉱石産地を近く持たないが、硫酸滓発生のも最も多い中国近畿地区に属し、建設当初から硫酸滓を主要原料資源として取り上げて来たのであるが、

* 富士製鐵廣畑製鐵所

昭和 25 年 3 月再開稼働後、硫酸滓使用強化の対策を急速に解決すべくその脱銅に関する研究に着手、その一方策を案出するや直ちに工業化設備を建設し、多量生産的操業と共に工業化試験を開始したのである。本文はその試験過程を記し、尙今後の改造の資としようとするものである。

II. 基本試験

基本試験結果については日本鉄鋼協会⁴⁾、日本金属学会⁵⁾の会合ですでに発表したものでこゝには略記することとする。

1. 水浸出による脱銅

第 1 表 廣畑製鐵所における使用硫酸滓 (昭和 25 年度)

銘柄	T.Fe	SiO ₂	Mn	S	P	Cu	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃
別府化学	54.09	10.96	0.04	2.22	0.03	0.43	4.02	1.06	1.27	5.08	71.63
尼崎製鐵	56.68	8.16	0.08	2.10	0.03	0.37	3.02	1.95	0.94	3.93	74.25
尼崎肥料	56.56	8.12	0.08	2.01	0.03	0.37	3.71	0.42	1.21	3.80	76.54
帝國化学	57.73	7.99	0.17	2.82	0.02	0.41	1.29	0.91	0.98	5.55	76.46
關西硫酸	58.85	8.14	0.10	2.50	0.03	0.11	1.96	0.76	0.86	3.56	80.19
神戶多木	58.60	6.26	0.10	2.57	0.03	0.45	2.30	1.01	0.68	5.18	78.40
日新化学	49.37	17.20	0.65	2.64	0.04	0.34	0.73	0.68	0.68	7.68	62.04
日新化学	59.70	7.82	0.12	3.69	0.01	0.46	0.48	0.63	1.57	21.93	61.06
日新化学	58.04	8.50	0.08	3.12	0.03	0.36	3.40	0.70	1.54	13.01	68.42
廣畑製鐵	53.45	15.20	0.11	2.31	0.03	0.32	3.02	0.90	0.42	5.89	69.89

第 2 表 銘柄別による脱銅率の差位

硫酸銘柄	滓柄	銅含有量 %	水浸出後 Cu %	脱銅率		試験回数	備考	
				平均	最高—最低		原 鐵	使用 爐
神戶製鐵	島府化学	0.365	0.242	34	49—12	16	棚原, 河山	ヘレスホフ
		0.409	0.197	53	61—15	4		戦時中ストック
		0.558	0.411	26	40—16	2	棚原, その他	ロータリーキルン
		0.349	0.239	31	47—11	10	別紙鐵製鐵	ヘレスホフ
		0.471	0.413	13	24—9	4	棚原, その他	〃
		0.415	0.265	36	76—55	2	棚原, 幌別, 河山	〃
廣畑製鐵	日新化学	0.426	0.112	62		4		

ピーカー内 24 時間放置時々攪拌

第 3 表 焙燒爐別脱銅率の相違

日新化学	爐 別	原 料	Cu %	脱銅率	備 考
日新化学	ロータリーキルン	別子鐵精鐵	0.54	13	出口温度 308°C 〃 525°C
	8 段ヘレ爐	別子50%松尾50%	0.34	63	
	6 段ヘレ爐 (E)	棚原 磁性小	0.34	65	
	6 段ヘレ爐 (F)	棚原 磁性大	0.31	45	
	(F) の非磁性部		0.28	60	
	(F) 磁性部		0.35	28	

試料瓶をポットミル上 120 R.P.M. の回轉攪拌
試料 100gr 浸出液 5g/l H₂SO₄ 200cc

神戶化学	ヘレスホフ 爐 號	爐より排出 時燒滓温度	磁 性	分 析		水 洗 後		500°C 2時間焙燒	
				Cu	S	Cu %	脱銅率	Cu %	脱銅率
神戶化学	1	340°C	強	0.45	2.82	0.30	33	0.12	73
	2	130	弱	0.48	1.82	0.23	52		
	3	184	〃	0.46	2.89	0.30	35	0.19	62
	4	184	〃	0.47	3.21	0.31	34		
	5	286	強	0.43	1.75	0.21	51		
	6	199	弱	0.47	3.69	0.25	46		

ピーカー内攪拌試料 50gr 浸出水 100°C 20分

第4表 磁性の有無による影響

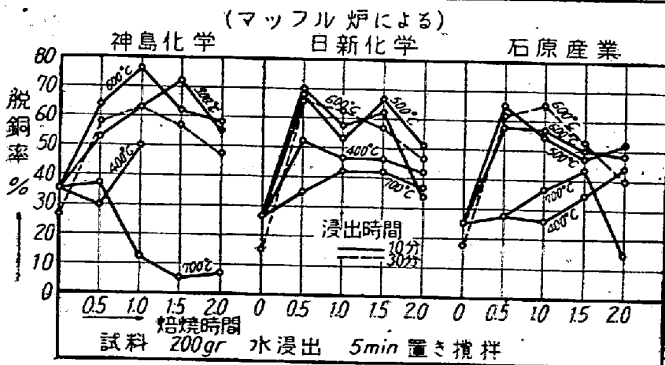
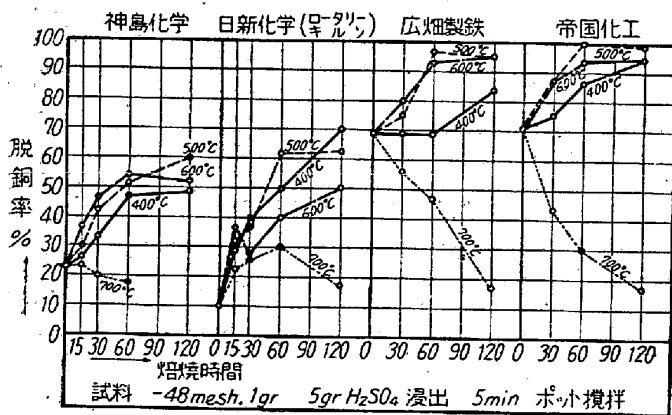
	磁 性				非 磁 性			
	重量%	Cu %	S%	脱銅率	重量%	Cu %	S%	脱銅率
日神	69	0.32	4.20	12	31	0.19	1.07	80
新島	22	0.43	3.71	28	78	0.26	2.01	77
化肥	29	0.21	2.03	67	71	0.27	2.43	88
學料	89	0.54	1.98	24	11	0.34	1.76	86
鐵工	42	0.51	2.77	27	58	0.19	1.46	>100
學鐵	40	0.21	2.17	58	60	0.17	1.54	>100
學工	21	0.41	4.87	50	79	0.30	2.20	89
料學		0.38	4.34	30		0.22	4.21	91
酸鐵		0.49		26				62

ビーカー内 試料 100gr 水液量 200gr 攪拌 10分

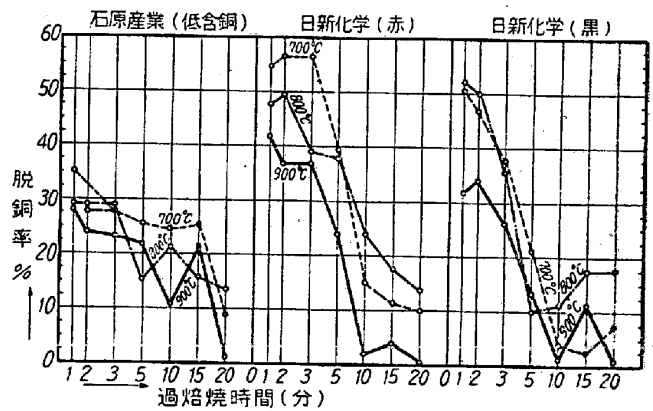
広畑製鉄所に於ける使用硫酸滓は種々雑多で含有銅は0.3~0.6% にわたり、その原料鉍石混焼状況も異つているので、水浸出した場合の脱銅率は銘柄によつて、また同一銘柄でも高低相まざつている状態である。

第3表によれば脱銅率はロータリーキルンによる別子鉄精鉍のものが最も悪くヘレスオフ炉によるものは排出時の温度の高いものが磁性強く脱銅率不良であり、温度の低いものが磁性弱く好脱銅率を示している。各銘柄について強磁性粉と弱磁性粉とを磁選別して脱銅率を比較すると第4表の如く弱磁性粉が極めて脱銅し易い。

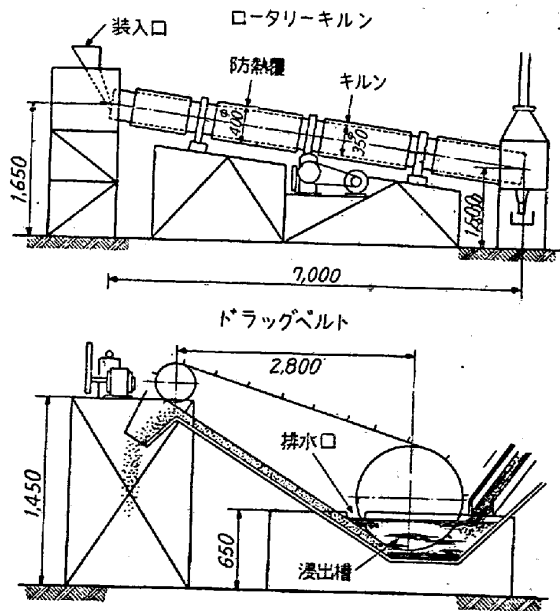
2. 硫酸滓再焙焼による脱銅率の變化



第1圖 再焙焼による脱銅率の變化 (管狀電気爐による)



第2圖 高温度短時間焙焼に依る脱銅率變化 (マッフル爐)



第3圖 中間試験装置

硫酸滓の磁性の有無は硫化鉍焙焼の時に焙焼が完全に行われていないためと考えられる。即ち FeS が完全焙焼すれば Fe₂O₃ が出来るが、不完全であると Fe₃O₄ が

生ずる。又含有 Fe_3O_4 は温度の上るに従つて Fe_2O_3 となり磁性を失うが、高温になりすぎると亜鉄酸銅となり再び磁性化する。同一粒子について言えば焙焼即ち酸化が内部に進まない時は内部に Fe_3O_4 が残り FeS も酸化不完全である。かくの如く焙焼が不完全の場合は磁性を有し易く、硫化銅も亦残留し水溶銅になっている量が少いことになる。硫化銅の硫酸化は $400^{\circ}C$ 前後に始まり、約 $700^{\circ}C$ で亜鉄酸銅になるので、磁性粉を亜鉄酸銅にならない範囲で強酸化雰囲気再焙焼即ち硫酸化焙焼をすることによつて脱銅率の均一化、向上を図り得る。第1図は再焙焼による脱銅率の変化を示し、 $450\sim 600^{\circ}C$ で $1\sim 1.5hr$ の焙焼条件を最良とする。 $700^{\circ}C$ では $1min$ で悪影響を与えることが第2図にて解る。第5表は第3図の如き小型試験キルンによる試験である。マッフル炉試験は攪拌が不十分であり、キルン試験は火焰の接触による過焙焼が行われ、炉内温度との関係が正確に測定出来ない為その資料成績は机上試験的結果を示さないが、むしろ実際の工業化試験に対して示唆を与えるものであり、50%以上の脱銅率が期待される。キルン試験に併用したドラッグベルトは浸出用槽と水切りを兼用するために採用した。

III. 工業化作業試験

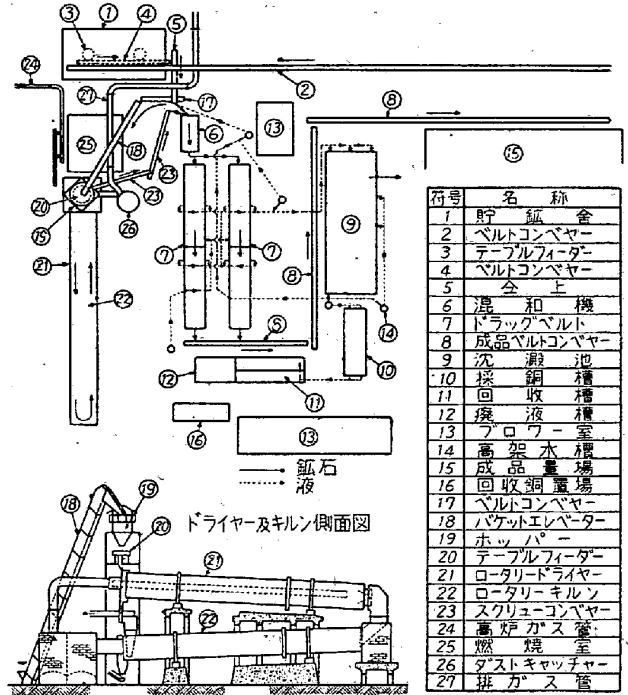
1. 作業方式

基本試験の結果に基づき多量処理、酸腐蝕対策、鉄分損失防止、立地条件等を考慮し次の作業方式を立案した。

- (1) 浸出液は水とし、脱銅率 50% 以上を目標とする。
- (2) 硫酸滓を磁選し水溶し易いものと水溶し難いものに分け、焙焼容量を有効にする。
- (3) 強磁性粉をロータリーキルンで $450\sim 600^{\circ}C$ で $1\sim 1.5 hrs$ 、強酸化雰囲気焙焼する。
- (4) 焙焼粉と非焙焼粉とを混和攪拌し水浸出する。
- (5) 混和機よりの漏水はドラッグベルトを利用して分級水洗水切をなし、溢水は沈澱池を径て採銅槽にゆき鉄片によつて浸出液中の銅を回収し、掻き出された脱銅硫酸滓は非脱銅硫酸と混合して焼結鉄原料とする。

2. 作業設備

設備能力は当初 20t/hr, 10,000t/月を目標とし、設備の配置、系統を第4図の如くし、昭和27年5月から浸出作業を、昭和28年2月から焙焼を含む浸出作業を開始した。その後各部装置は試験に伴つて逐次改造し、能力も再検討の下作業をつゞけて現在に至っている。



第4図 脱銅設備配置図

(1) 貯鉄槽：硫酸滓は貯鉄場からコンベヤーによつて貯鉄槽に入れられ、その下部より出されて磁選機に送られる。

(2) 磁選機：磁選機は能力、磁束強度の適当なものがないので現在は磁選することなく、硫酸滓の約1/2をキルンへ、約1/2を混和機に送っている。従つて強磁性粉の一部は焙焼されないことになり、水浸出のみ行われるものの脱銅率は焙焼鉄より劣る。

(3) 混和機：当初酸腐蝕を考慮して木槽3箇を直列し、気泡ポンプで攪拌送鉄をする装置を採用したが、送鉄粒度不揃のため鉄石を揚げる能力が不足となり易く、後に廻転ドラム式(径1.9m, 長さ4.35m)に変えた。

(4) ドラッグベルト：ドラッグベルトは巾2.5m, 長さ6m, 8mの2基を直列して第1, 第2とし第1にて混和機からの泥水を受けてその溢水を沈澱池に、硫酸滓を第2に送る。第2には水洗のための新水を注入する。その溢水は混和機へ流れ、脱銅硫酸滓は掻き上げられ、水切りされ、コンベヤー上に落して貯鉄場に運ばれる。

(5) 沈澱池：浸出液中の微粒粉を沈澱除去するためコンクリート池をおく。池は3槽よりなり、第1槽に入つた液の大部分は第2槽から混和機に再送される。第3槽は採銅槽への貯液の役をする。沈澱池にたまったものは起重機で掴み貯鉄場に移し、自然脱水する。

(6) 採銅槽：二連並列した木製槽とし、中段木格子上に鉄片をおき、空気攪拌によつて鉄片の附着銅の離脱を図る。液及び微粒セメント銅は気泡ポンプで次の槽に

第 5 表 小型キルンによる焙焼 (並流) 試験結果

銘 柄	装 入 速 度 kg/h	装 入 量 kg	爐 内 温 度			焙 試 燒 料 銅 %	(A) 攪 拌 水 浸 試 験						
			入 口 °C	中 間 °C	出 口 °C		10 分		20 分				
							殘 留 銅 %	脫 銅 率 %	殘 留 銅 %	脫 銅 率 %			
日新化學(赤)	100	50	370	150		0.387							
	//	//	480	210		0.369			0.309	20.1	0.238	38.4	
	//	//	585	220		0.370			0.226	38.7	0.164	55.5	
	焙焼せず					0.352			0.257	30.5	0.222	40.0	
日新化學(黒)	100	50	400	128		0.457			0.385	15.7	0.344	24.7	
	//	//	500	180		0.372			0.264	28.9	0.267	28.1	
	//	//	605	235		0.307			0.250	18.5	0.225	26.7	
	焙焼せず					0.324			0.305	5.8	0.263	18.9	
廣 畑 製 鐵	100	50	385	135		0.208			0.124	40.2	0.127	38.9	
	//	//	480	200		0.213			0.129	39.5	0.125	41.1	
	//	//	600	230		0.205			0.141	30.9	0.132	35.3	
	焙焼せず					0.211			0.146	31.0	0.128	39.4	
尼ヶ崎肥料	100	50	385	135		0.435			0.269	38.1	0.346	20.5	
	//	//	500	190		0.427			0.338	20.9	0.223	47.8	
	//	//	595	228		0.484			0.328	32.2	0.268	44.6	
	焙焼せず					0.430			0.357	17.0	0.316	26.5	
石 原 産 業	100	50	405	95		1.110			0.838	24.5	0.665	40.1	
	//	//	495	185		1.098			0.672	38.8	0.519	52.7	
	//	//	590	225		1.127			0.705	37.4	0.783	30.5	
	焙焼せず					0.987			0.713	27.8	0.691	30.0	

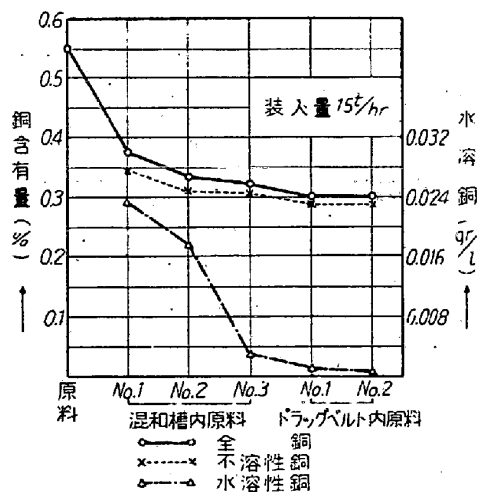
移る。セメント銅泥の重い沈澱したものは槽の下部孔から取り出す如くする。銅回収槽では採銅槽から流れて来るセメント銅を沈澱せしめ回収する...

(7) 配樋: 液循環用の樋は木製とし揚水部はすべて気泡ポンプを利用する。

(8) 焙焼炉: 焙焼炉は予熱キルン(径 2.8m, 長さ 26m)と焙焼キルン(径 2.5m 長さ 26m)とよりなり燃料は高炉瓦斯とする。各炉共温度調節余剰空気供給用送風機を有する燃焼室が附属している。予熱キルンは二重円筒式乾燥炉で、焙焼キルンは煉瓦内張攪拌翼を有している。燃焼瓦斯は夫々各炉に入り、両炉の瓦斯は予熱キルンの外筒を通り煙突へ吸引される。硫酸滓はバケットコンベヤーで予熱キルン上ホッパーを経て予熱キルン外筒に装入され、予熱されたものは焙焼キルンに移り、焼成されてスクリュウコンベヤーで混和機に送られる。除塵はサイクロンの下部からドラッグベルトへ水で流出する。

3. 各部装置の作業成績

(1) 浸出作業: 混和機(気泡ポンプ攪拌式)からドラッグベルトに至る間の脱銅状況の1例を示せば第5図の如く水溶銅の90%が混和機で、残余はドラッグベルトで



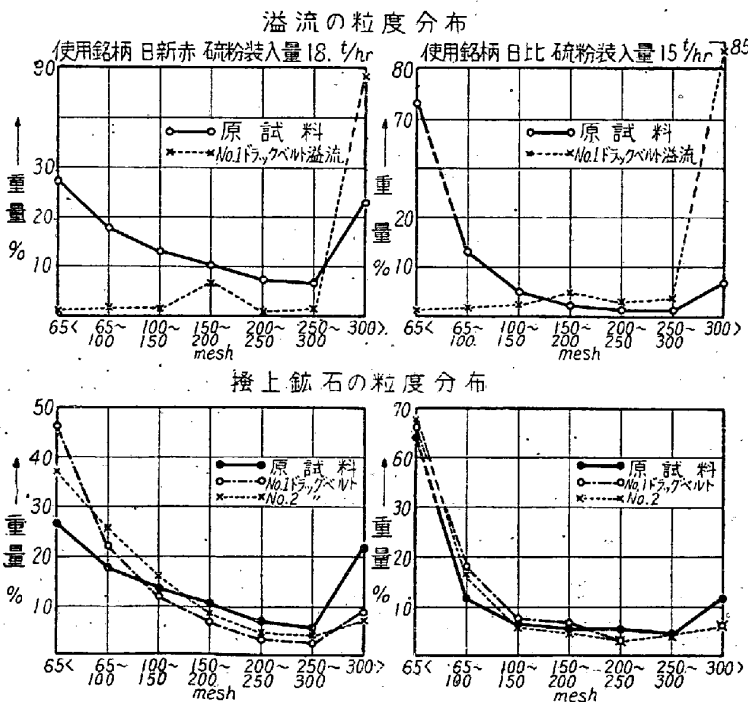
第 5 図 混和槽及びドラッグベルトの浸出能力

除かれている。回転ドラム式混和機は耐酸保護の内張を必要とする難があり、又処理量は増加し得るけれど攪拌状態と容量とによつて脱銅効果が変わる。現在の大きさのもので 20t 処理はやゝ容量不足である。処理時間は 5min で充分である。

(2) ドラッグベルトの作業: 第1ドラッグベルトの溢水中の微粉は -300 メッシュが 80% もあり、沈澱が極

(A) 試料 30gr 水量 2 倍量 ビーカー試験棒攪拌 (B) 試料 45kg 1 回約 20 分 (1/2 掻き上げまで)
 (C) 磁選 2768 ガウス馬蹄型磁石使用

				(B) ドラグベルトに依る浸水試験						(C) 磁 選	
30 分		60 分		1 回		2 回		3 回		磁性 %	非磁性 %
残留銅 %	脱銅率 %	残留銅 %	脱銅率 %	残留銅 %	脱銅率 %	残留銅 %	脱銅率 %	残留銅 %	脱銅率 %		
0.203	47.5	0.213	45.0	0.327	15.4	0.228	40.9	0.200	48.0	55.0	45.0
0.139	62.3	0.132	63.9	0.237	35.7	0.156	57.8	0.147	60.2	44.0	56.0
0.215	41.8	0.214	42.0	0.216	41.6	0.213	42.5	0.209	43.6	61.0	39.0
0.258	26.5	0.240	31.8	0.254	27.8	0.243	30.7	0.231	34.3	68.0	32.0
0.299	34.6	0.264	42.2	0.333	27.8	0.282	38.8	0.262	42.7	88.5	11.5
0.189	49.1	0.184	50.5	0.238	35.9	0.218	41.3	0.203	45.5	81.3	18.7
0.192	37.4	0.199	35.2	0.220	28.4	0.213	30.7	0.183	40.4	84.2	15.8
0.250	22.8	0.237	26.7	0.264	18.4	0.256	20.9	0.245	24.5	92.0	8.0
0.100	51.5	0.096	53.8	0.122	41.3	0.106	48.9	0.089	57.1	58.9	41.1
0.069	67.3	0.074	65.2	0.111	47.6	0.103	51.5	0.064	70.0	40.2	59.8
0.106	48.1	0.102	50.0	0.138	32.7	0.118	42.2	0.122	40.4	58.2	41.6
0.114	46.1	0.117	44.7	0.150	28.7	0.138	34.7	0.111	47.0	58.9	41.1
0.227	48.7	0.253	41.8	0.301	30.7	0.253	41.9	0.218	49.8	38.0	62.0
0.171	59.9	0.169	60.4	0.297	30.3	0.205	52.0	0.166	61.1	22.4	77.5
0.190	60.8	0.263	45.6	0.287	40.8	0.242	50.0	0.205	57.7	34.0	66.0
0.319	25.8	0.300	30.3	0.326	24.3	0.312	27.4	0.267	37.8	38.9	61.1
0.635	42.8	0.646	41.8	0.726	34.6	0.679	38.8	0.644	42.0	29.1	70.9
0.412	62.5	0.396	63.9	0.548	50.1	0.469	57.3	0.406	63.0	18.5	81.5
0.612	45.7	0.556	50.7	0.795	29.5	0.654	42.0	0.588	47.8	28.7	71.3
0.561	43.2	0.560	43.3	0.694	29.7	0.608	38.4	0.526	46.7	38.3	61.7



第6図 ドラグベルトに於ける硫酸滓の分級状態

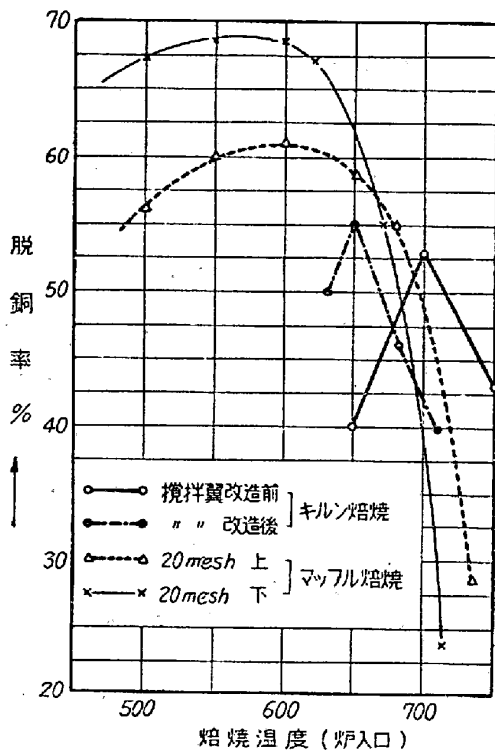
めて困難である。本設備では沈澱池の容量が不足であり延いては回収銅の品位の低下となっている。掻き上げられた硫酸滓は微粉が少なくなっているため水分 20% 以上

あるけれど取り扱い易い。沈澱池に沈澱する微粉量は全処理量の約 15% ある。掘み揚げて貯鉱場で自然脱水し、焼結原料とする時は他の硫酸滓と混和するので取扱いに大した支障を来たしていない。第6図は粒度の細かいものと普通のものとの場合のドラッグベルトに於ける分級状態を調査したものである。

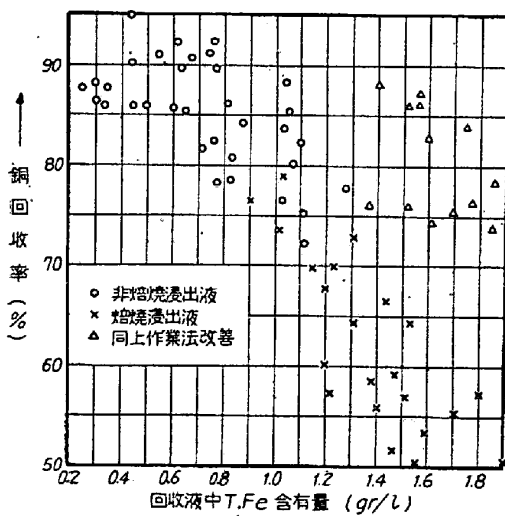
(3) 焙焼作業: 各キルンの送入燃焼瓦斯温度は燃焼室内の燃焼調整、過剰空気の混合によつて容易に調節され焙焼キルン入口瓦斯温度と焼成粉温度との差は大體試験範囲内に於ては 100°C 前後ある。燃焼瓦斯の適正温度の決定はキルン内の攪拌状況、装入量等によつて異り、又硫酸滓の粒度の影響が極めて大きい。各粒に及ぼす熱効果は粒子によつて異り、大粒には不足小粒には過大となつて、過不足相加わり、水溶銅への変化がある程度阻害されることになる。現状に於ては入口燃焼瓦斯温度 650°C、装入量、13t/hr で 50% 以上

の脱銅率を得て居り、更に効果を上げるためには攪拌装置を改造することが必要となつている。

(4) 銅回収作業: 各装置部に於ける循環液中の成分



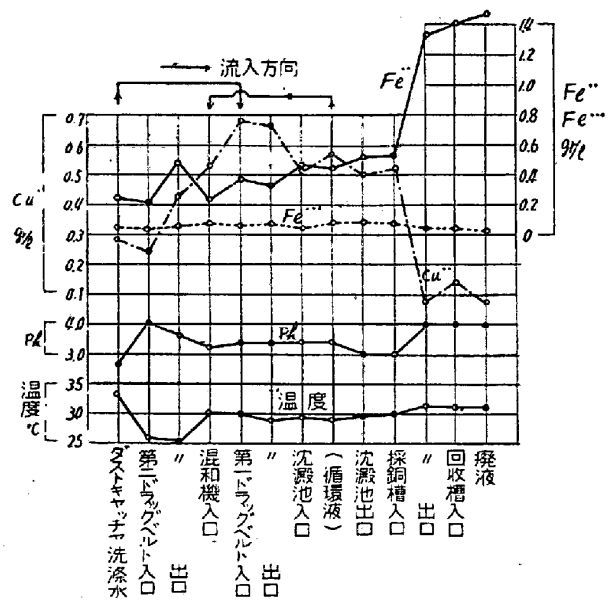
第7圖 キルンに依る焙焼効果



第8圖 浸出液中の Fe と銅回収率

の変化の1例を第8図に示す。銅の回収率は焙焼鉄を混合しない時は80%以上であるが、焙焼鉄を混和した場合は液中にFeが増し回収率に影響を与えている。しかし実際作業では攪拌の良否、鉄屑の表面状況等によって回収率は著しく変化し第9図に示す如く採銅槽の改造によってFeの影響は減じ回収率は復元している。銅の沈澱作用は最初は早く次第に遅くなっている。回収銅の品位は液中の微粉混入度によって異り採取箇所により30~70%範囲内にある。

(5) 綜合成績

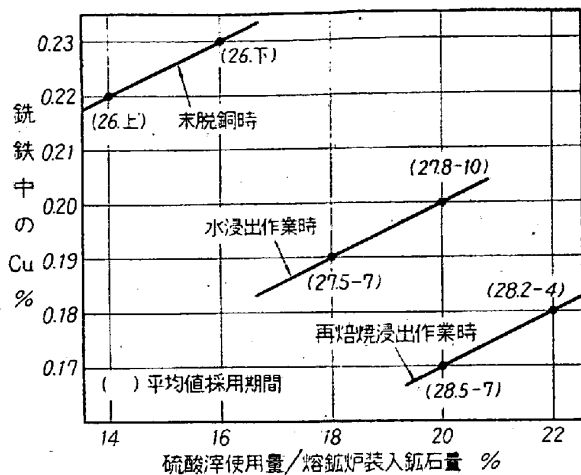


第9圖 浸出循環液成分変化の一例

第6表 月別脱銅成績表

年月	硫酸滓 Cu%	水浸出のみ 脱銅率	焙焼鐵 脱銅率	備考	
27. 5	44	30		未焙焼	
6	48	26			
7	54	26			
8	50	20			
9	45	29			
10	40	31			
11	37	27			
12	40	30			
28. 1	37	32			キルン改造 混和機修理 混和機改造
2	36	28	30		
3	39	25	35		
4	40	32	44		
5	42	27	45		
6	38	23	47		
7	39	28	48		
8	37	25	50		

本設備による試験は尙研究過程にあり、且つ實際生産作業と並行し、処理硫酸滓は種類多く且つ常に変動し、処理量も一定化し得ず、設備の逐次の改造、作業の休止等複雑な条件の下に行われ、個々の各装置の試験調査も多岐にわたっているので月平均の諸資料致値また種々変化を余議なくされているけれど、水浸出のみの時の脱銅率は25~30%で基礎試験結果とよく一致して居り、再焙焼したものは50%以上脱銅している。現在の通常作業では焙焼粉40%前後を非焙焼粉と混合して浸出して量産をはかり非脱銅硫酸滓と共に焼結原料として使用している。脱銅設備稼働後の硫酸滓の使用率と鉄屑中の銅との関係を見ると第10図の如く脱銅硫酸滓の使用増加もよく鉄屑中の銅分を低下し得て水浸出の場合、更に焙焼実施の場合、その効果を向上せしめている。脱銅鉄の



第 10 圖 硫酸滓使用率

使用価値はまた焼結鉄延いては銑鉄中銅分の均一化に寄与している。

IV. 結 論

広畑製鉄所の硫酸滓脱銅に関する研究は昭和 25 年に着手し、国内資源活用の目的を以て早急に工業化試験をすることとし、昭和 27 年本邦最初の工業的多量処理設

備を設置し、試験研究と生産作業と相並行して今日に至ったもので、工業試験結果資料は、設備の能力検討と共に稼働し且つ複雑な実際作業条件の下に行われたものであるだけに興味深いものがある。本設備は今後改造、能力強化によつてその効果は一層向上すべく、硫酸滓脱銅工業化方策の一つとしてよく国内資源活用の重要施設となっている。本試験に当つては、終始関係官庁当局の御支援を仰ぎ、基本試験には京都大学西原清廉教授、工業化設備設置には日本機械貿易、日立造船の各会社の御協力を得たことを記しこゝに感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 資源局鑛山局調査資料 2, 19, 1951
- 2) 森棟隆弘: 鐵と銅, 第 26 年 9 號, 第 27 年 10 號, 第 28 年 1 號, 第 28 年 6 號, 第 28 年 9 號, 第 29 年 7 號
- 3) 廣島通産局硫酸滓活用技術打合會資料 1, 19, 1951
- 4) 日本鐵鋼協會製銑部會 2, 23, 1951
- 5) 日本金屬學會秋季大會 10, 9, 1951