レーキ型分級機越流方式の工夫について

(第21回例会討議に提出論文)

江 島 正 泰

On some devices for the rake-classifier's over-flow method

M. EJIMA

§ 1. 緒 言

磨鉱及び分級操作において、水の使い方の重要性は一般に認められている。即ち磨鉱及び分級機系においては水の使用量を自由に制御し得る如き設計によつて、始めて循環鉱量の統制を計り、磨鉱処理量、越流産物の粒度及び濃度をコントロールすることが可能である。また懸濁水の物理的性質をうまく利用する工夫によつて、分級効率を上昇せしめ、機械的負荷を軽減することが可能である。

分級機についてはドル・レーキ型とエーキンス型との得失が種々発表されているが、当所に於ては従来よりレーキ型分級機を2台採用している。その中1台は年数を経て既に老朽化しており、かつ型式も弱体である。

近来当所選鉱処理量の増大に伴なつて、これが性能を向上した機械的負荷の軽減を計る必要に迫られて来たので、種種手段を尽して考究中であつたが、ようやく目的を達することが出来た。約1年有半の実施テストによつて、分級機越流方式の改善による2、3の成果を得たので、発表して大方の批判を乞ふ次第である。

当所では常時48"×8'コニカルボールミル2台による磨鉱作業を行つている。

第1表 ミル及び分級機

機 種	T 機	O 機
摘 要		
ボ ー ル ・ ミ ル	48"×8'コニカル、200HP	48"×8'コニカル、200HP
ミ ル 給 鉱 粒 度	—10mm	—10mm
ミ ル 処 理 量	8.3 ^T /H	12.0 ^T /H
分 級 機	8'×23'ドル復式E型	8'×25'ドル復式OF型
分 級 機 傾 斜	13°	14°
分級機モーター	10HP, 8P	10HP, 8P
ス ト ロ ー ク	長さ500mm, 19spm	長さ500mm, 19spm

(註) 上表中T機分級機は機構的に弱点があり、O機に比し処理能力が非常に少ない。

日本亜鉛鉱業㈱中電鉱業所選鉱課長

各機械の概略は第1表の通りである。

両分級機の越流方式は、通例のレーキ型の如く前壁1カ所のみ方式によつていたが、昭和32年7月以来分級機能力増進を目的に、次の様な越流方式を採用し、種種研究を加えて来た。

- (1) 左右両壁と前壁の3カ所よりの越流。
- (2) 左右両壁のみからの越流。
- (3) ポンド内波動緩衝板取付位置の修正と深さの修正
- (4) 前壁越流ウェア高さの修正。

もち論両壁からの越流方式は、スパイラル型分級機に於ては実施されていることであるが、レーキ型分級機では例が少ないので、現在までの実地操業による研究結果を取りまとめて記載する。

此の方式は主として弱体なるT機の改善を主眼としたものであるが、比較のため一方のO機についても一部記述する。

§ 2. 越流方式試験経過と各種操業成績

昭和32年9月より33年8月までの操業成績を集約し、越流方式に比較検討を行なえば、次の如くである。

昭和32年9月から33年8月までの週平均分級機越流50%粒度と、週平均ミル給鉱量及び、亜鉛精鉱品位並びに越流方式を第2表に示す。

第2表の各要因の数値の下に、各要因の中央値より大きな値には+、小さな値には-、 $\varnothing$ 符号を併記した。

分級機越流粒度(50%粒度)は、3方越流乃至は、2方越流開始以降微細となつた。更にミル処理量に於ては、両機共上記改造後急激に増加した。

前壁と両側壁からの3方式と、両側壁のみの2方越流方式とを第2表の長期間の統計により比較すれば、越流粒度(50%粒度)は幾分後者の方が微細である。

従つてレーキ型分級機に於て適当な工夫を行なつた3方越流方式、もしくは2

方越流方式は、従来の前壁のみからの越流方式よりも或る条件下に於ては有利な操業を行い得るものとする。

昭和33年8月、即ち、越流方式改良後の両分級機の両側壁越流口の略図を第1図に示す。

第2表 越流方式変遷と各種成績統計 (T機)

(週毎平均)

年 日 月	S 32.8月 平均	9 23~ 28	10 30~ 5	7~ 12	14~ 19	21~ 26	11 28~ 2	4~ 9	11~ 16	18~ 23	25~ 30	12 6~ 11	13~ 18	20~ 25	27~ 30
ミル給鉱量 t/H	7.8 —	8.06 —	7.53 —	8.14 —	8.06 —	8.23 —	7.68 —	8.29 —	8.17 —	8.02 —	8.19 —	7.54 —	8.24 —	8.45 +	8.02 —
分級機越流 50%粒度 μ	74 +	55 —	70 +	62 +	88 +	100 +	92 +	93 +	70 +	78 +	60 —	63 +	70 +	70 +	76 +
分級機越流 濃度%	44.5 —	44.9 —	44.8 —	46.3 +	45.8 —	45.6 —	46.7 +	46.9 +	45.9 +	47.1 +	46.1 +	45.9 +	46.1 +	46.6 +	46.6 +
亜鉛品位%	52.3 —	52.5 —	52.8 —	52.5 —	52.8 —	52.1 —	52.3 —	52.2 —	52.1 —	52.4 —	52.2 —	52.8 —	52.8 —	52.9 —	51.7 —
越流方式	◎前方越流	◎3方越流開始。			〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

年 日 月	S 33.1月 4~11	13~ 18	20~ 25	2 27~ 1	3~ 8	10~ 15	17~ 22	3 24~ 1	3~ 8	10~ 15	17~ 22	24~ 29	5 5~ 10	12~ 17	19~ 24
ミル給鉱量 t/H	8.15 —	8.47 +	8.03 —	8.06 —	8.29 +	8.32 +	8.31 +	8.16 —	8.22 —	8.17 —	8.12 —	8.40 +	8.60 +	8.76 +	8.64 +
分級機越流 50%粒度 μ	62 +	48 —	56 —	57 —	89 +	86 +	91 +	80 +	77 +	76 +	74 +	69 +	55 —	52 —	45 —
分級機越流 濃度%	45.7 —	46.6 +	46.7 +	47.2 +	46.6 +	46.5 +	47.0 +	46.1 +	46.8 +	45.9 —	45.1 —	46.4 +	43.9 —	43.9 —	44.9 —
亜鉛品位%	52.9 +	53.2 +	52.8 —	53.1 +	52.9 +	53.5 +	53.4 +	53.2 +	53.0 +	53.0 +	52.8 —	52.4 —	52.7 —	53.1 +	52.9 +
越流方式	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	◎両側越流口中縮少		

年 日 月	26~ 31	6 2~ 7	9~ 14	16~ 21	23~ 28	7 30~ 5	7~ 12	14~ 19	21~ 26	8 28~ 2	4~ 9	11~ 16	中央値
ミル給鉱量 t/H	8.87 +	8.72 +	8.84 +	8.66 +	8.48 +	8.46 +	8.30 +	8.50 +	8.32 +	8.56 +	8.59 +	8.43 +	8.29
分級機越流 50%粒度 μ	48 —	53 —	53 —	39 —	40 —	46 —	46 —	46 —	49 —	42 —	45 —	40 —	62
分級機越流 濃度%	45.3 —	45.2 —	44.9 —	44.3 —	45.1 —	44.2 —	44.7 —	45.3 —	45.9 —	44.7 —	44.1 —	44.7 —	45.9
亜鉛品位%	52.9 +	52.5 —	53.2 +	53.1 +	52.7 —	52.9 +	52.7 —	52.9 +	53.5 +	53.2 +	52.9 +	52.9 +	52.9
越流方式	〃	〃	〃	◎2方越流とす 同上越流口中更に縮少				〃	〃	〃	〃	〃	

(註) 第2表に於て、33年4月の成績については篩分を行っていないので、記載出来なかつた。

尚ミル給鉱粒度、ボール挿入割合等の期間中の変動は一応考慮外とした。

第 2 表 越流方式変遷と各種成績統計 (O 機)

(毎週平均)

年 日 月	S 32. 9 23~28	10 30~5	7~12	14~19	21~26	11 28~2	4~9	11~16	18~23	25~30	12 6~11	13~18	20~25	27~30
ミル給鉱量 t/H	10.87 —	10.29 —	11.07 —	10.98 —	10.59 —	10.50 —	11.08 —	11.01 —	11.04 —	11.15 —	10.00 —	10.97 —	10.91 —	10.64 —
分級機越流 50%粒度 μ	60 +	50 —	48 —	60 +	90 +	100 +	118 +	87 +	70 +	74 +	70 +	66 +	67 +	71 +
分級機越流 濃度%	44.3 +	43.3 —	43.4 —	43.7 —	43.3 —	46.2 +	44.5 +	44.2 +	44.6 +	42.0 —	43.0 —	44.0 +	44.0 +	43.7 —
亜鉛精鉱 亜鉛品位%	52.5 —	52.8 —	52.5 —	52.8 —	52.1 —	52.3 —	52.2 —	52.1 —	52.4 —	52.2 —	52.8 —	52.5 —	52.9 —	51.7 —
越流方式	◎前方	越流	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

年 日 月	S 33. 1 4~11	13~18	20~25	2 27~1	3~8	10~15	17~22	3 24~1	3~8	10~15	17~22	24~29	5 5~10	12~17
ミル給鉱量 t/H	10.87 —	11.21 —	11.03 —	11.01 —	11.25 +	11.37 +	11.37 +	11.25 +	11.05 —	11.31 +	11.30 +	11.50 +	12.13 +	12.16 +
分級機越流 50%粒度 μ	60 +	56 —	59 +	68 +	74 +	84 +	96 +	92 +	71 +	52 —	54 —	53 —	46 —	43 —
分級機越流 濃度%	43.5 —	43.6 —	43.9 +	44.6 +	43.7 —	43.5 —	43.1 —	43.3 —	41.9 —	41.2 —	43.6 —	42.9 —	43.7 —	42.7 —
亜鉛精鉱 亜鉛品位%	52.9 +	53.2 +	52.8 —	53.1 +	52.9 +	53.5 +	53.4 +	53.1 +	53.0 +	53.0 +	52.8 —	52.4 —	52.7 —	53.1 +
越流方式	"	"	"	"	"	"	"	"	◎3方越流とす	"	"	"	"	"

年 日 月	19~24	26~31	6 2~7	9~14	16~21	23~28	7 30~5	7~12	14~19	21~26	8 28~2	4~9	11~16	中央値
ミル給鉱量 t/H	11.82 +	12.11 +	12.08 +	11.93 +	11.41 +	11.16 +	11.29 +	11.14 —	11.73 +	11.81 +	11.91 +	11.96 +	11.80 +	11.21
分級機越流 50%粒度 μ	44 —	45 —	50 —	54 —	47 —	46 —	42 —	45 —	46 —	45 —	47 —	49 —	41 —	56
分級機越流 濃度%	43.8 +	43.9 +	44.4 +	43.6 +	43.1 —	44.5 +	43.3 —	44.4 +	45.1 +	46.4 +	45.2 +	45.4 +	44.1 +	43.8
亜鉛精鉱 亜鉛品位%	52.9 +	52.9 +	52.5 —	53.2 +	53.1 +	52.7 —	52.9 +	52.7 "	52.9 +	53.5 +	53.2 +	52.9 +	52.9 +	52.9
越流方式	"	"	"	◎2方越流とす	"	"	"	"	◎2方越流 越流口巾縮少	"	"	"	"	

§ 3. 両壁越流口の位置と粒度

2図の通りである。

O機の両壁越流口並びにサンプル採取個所の略図は第

上図中、1、2、3、4、の個所より同時に試料を採取し粒度調査を行った結果は第3表の如し。

第 1 図

○機側壁越流口略図 (単位Cm)

左右壁面

丁機側壁越流口略図 (単位Cm)

左右壁面

第 3 表 越流個所による粒度差

時間 個所 粒 度 μ	8 時 30 分 サンプルング				10 時 30 分 サンプルング			
	1	2	3	4	1'	2'	3'	4'
+ 208	3.3%	2.9 "	1.6 "	2.3 "	2.4 "	2.1 "	2.4 "	1.7 "
- 208 ~ + 147	12.9%	13.1 "	8.3 "	8.8 "	12.9 "	11.5 "	11.5 "	9.1 "
- 147 ~ + 104	17.7%	16.1 "	13.1 "	3.4 "	18.3 "	16.8 "	14.4 "	3.8 "
- 104 ~ + 74	13.1%	10.9 "	12.7 "	3.0 "	13.8 "	14.2 "	13.0 "	11.3 "
- 74 ~ + 43	11.6%	11.9 "	12.5 "	12.8 "	11.9 "	11.7 "	12.0 "	13.5 "
- 43	41.4%	45.1 "	51.8 "	49.7 "	40.4 "	43.7 "	46.7 "	50.6 "
計	100.0%	100.0 "	100.0 "	100.0 "	100.0 "	100.0 "	100.0 "	100.0 "
濃 度 (%)	47.2	45.54	43.16	42.69	47.06	47.00	45.43	42.27
パ ル プ 越 流 量 (m ³ /H)	2,719	2,465	2,179	1,893	3,107	2,974	2,565	2,705
パ ル プ 中 鉍 量 (t/H)	1,937	1,666	1,360	1,163	2,246	2,105	1,724	1,638

(註) 昭和33年6月14日左壁越流部のみ測定した。

上表中から +208 μ 及び -43 μ の重量と流量及び濃度 との相関関係を求めた結果は、第 4 表の通りである。

第 4 表

		試料数	自由度 (ϕ)	計算から求めた 相 関 係 数 (γ)	数 値 表 から 求め た γ	
					P (0.10 ϕ 6)	P (0.05 ϕ 6)
(a)	流量と + 208 μ	8	6	0.267	0.6217	0.7408
(b)	流量と - 43 μ	8	6	-0.737	0.6217	0.7408
(c)	濃度と + 208 μ	8	6	0.703	0.6217	0.7408
(d)	濃度と - 43 μ	8	6	-0.947**	0.6217	0.7408

第2図 両壁越流サンプリング箇所 (O 機) (昭和33.6.14)

第5表 濃度と粒度との関係

$\hat{y} = 134.426 - 1.959x$ 回帰直線
 $\bullet - 44\mu (125\text{Mesh})$
 位置
 1. 2. 3. 4. 1回目
 1. 2. 3. 4. 2回目

第 6 表

越流箇所	3 方 越 流				2 方 越 流				前 方 越 流			
	濃 度 %	鉱 量 t/H	対 新給鉱 %	対 排 鉱 %	濃 度 %	鉱 量 t/H	対 新給鉱 %	対 排 鉱 %	濃 度 %	鉱 量 t/H	対 新給鉱 %	対 排 鉱 %
新 給 鉱		8.4	100.0			8.4	100.0			8.4	100.0	
排 鉱	65	21.93	261.1	100.0	65	25.14	299.3	100.0	66	26.45	314.9	100.0
越 流	46.8	8.4	100.0	38.3	46.6	8.4	100.0	33.8	47.6	8.4	100.0	31.7
搔 上	78.1	13.53	161.1	61.7	77.8	16.74	199.3	66.6	78.2	18.05	214.9	68.3
分 級 効 率	分級粒度	208 μ	52.12%					37.88%				47.47%
	"	74 μ	43.77%					37.32%				35.97%

(註) 分級効率算式は、Hand book of mineral Dressing の式に依った。

$$\text{Eff} = \frac{10,000(C-F)(F-T)}{F(100-F)(C-T)}$$
 Eff 分級効率(%)
 C 分級機越流累積重量(%)
 F ミル排鉱網下累積重量(%)
 T 分級機搔上げ累積重量(%)

特に強い相関関係を示した濃度と、-43 μ 部重量とを
図示すれば第5表の如くなる。

第4表と第5表とから越流縁と、機底との距離が短へ
なるにつれて、越流濃度の上昇及び越流中の粗粒の増加
と、微細粒の減少が明確に認められる。

§ 4. 各越流方式の鉱量配分割合

T機の前壁並びに両壁越流口の略図は第3図の通りで
ある。

第3図の如き条件下で試料採取を行い、各越流方式に
よる各産物鉱量配分割合を調査した結果は第6表の通り
である。

第3図 両壁越流口の略図 (T 機) (昭和33.3月)

右壁図

左壁図

この時の各産物平均粒度は第7表の如くである。

O機の場合に於ては、T機と同様3方越流方式が掻上げ量の減少をもたらし、2方越流で+208 μ の粗粒は少いが、-43 μ の微細粒も少い事を明確に示している。

第7表

条 件		粒度 μ	+208	+147	+104	+74	-74	計
3 方 越 流	ミル排鉦		23.8%	21.5 "	15.7 "	4.7 "	34.3 "	100.0 "
	越 流		4.2%	12.5 "	16.7 "	6.8 "	59.8 "	100.0 "
	掻 上		35.9%	27.1 "	15.1 "	3.4 "	18.5 "	100.0 "
2 方 越 流	ミル排鉦		23.4%	22.6 "	16.0 "	7.7 "	30.3 "	100.0 "
	越 流		3.9%	12.9 "	18.8 "	10.5 "	53.9 "	100.0 "
	掻 上		33.2%	27.4 "	14.0 "	6.3 "	18.5 "	100.0 "
前 方 越 流	ミル排鉦		28.3%	22.9 "	14.1 "	6.0 "	28.9 "	100.0 "
	越 流		3.8%	11.6 "	18.3 "	13.9 "	52.4 "	100.0 "
	掻 上		39.7%	28.1 "	12.2 "	2.3 "	17.7 "	100.0 "

第6表と第7表とから、3方越流方式が掻上げ量の減少をもたらし、且つ越流中の微細粒部が急激に増加する事が明瞭に認められる。

O機に於ける各産物鉦量配分割合を第8表に、越流条件と各産物粒度との関係を第9表に示す。

め越流開孔口が後方になるに従い浅くなっている。越流濃度は上昇し、微細粒は順次減少する。従つて左右両壁越流口の開孔位置は粒度選定上重要な問題である。

(2) 左右両壁越流口も適当な位置に設け、(1) 前壁の

第8表

越 流 個 所	3 方 越 流				2 方 越 流				前 方 越 流			
	濃 度 %	鉦 量 t/H	対 新給鉦 %	対 排 鉦 %	濃 度 %	鉦 量 t/H	対 新給鉦 %	対 排 鉦 %	濃 度 %	鉦 量 t/H	対 新給鉦 %	対 排 鉦 %
新 給 鉦		12.4	100.0			11.7	100.0			11.7	100.0	
排 鉦	64.8	36.9	297.6	100.0	69.8	41.1	351.3	100.0	71.3	45.7	390.6	100.0
越 流	40.4	12.4	100.0	33.6	44.9	11.7	100.0	28.5	45.5	11.7	100.0	25.6
掻 上	85.4	24.5	197.6	66.4	78.6	29.4	251.3	71.5	74.6	34.0	290.6	74.4

第9表

条 件		粒度 μ	+208	+147	+104	+74	-74	計
3 方 越 流	ミル排鉦		38.3%	12.0 "	13.7 "	5.6 "	30.4 "	100.0 "
	越 流		6.6%	7.9 "	12.4 "	7.7 "	65.4 "	100.0 "
	掻 上		5.20%	14.7 "	12.4 "	4.5 "	16.4 "	100.0 "
2 方 越 流	ミル排鉦		48.3%	17.0 "	10.0 "	3.5 "	21.2 "	100.0 "
	越 流		3.3%	10.2 "	17.3 "	9.1 "	60.1 "	100.0 "
	掻 上		48.8%	17.6 "	11.3 "	4.0 "	18.3 "	100.0 "
前 方 越 流	ミル排鉦		42.5%	16.6 "	11.5 "	6.2 "	23.2 "	100.0 "
	越 流		5.2%	6.8 "	13.2 "	8.4 "	66.4 "	100.0 "
	掻 上		48.5%	18.8 "	11.6 "	4.5 "	16.6 "	100.0 "

みの越流 (ロ) 前壁と両壁からの越流 (ハ) 両壁のみの越流と、3方式を比較した結果、3方越流方式は掻上量の減少をもたらし、従つてミル処理量を一定とした場合は、ミル排鉦は微細化され、それに伴い越流中の微細粒部は急激に増加する傾向を示す。又掻上量の減少は機械的の故障発生並びに電力消費を減少させる。

即ち、T機について同一処理量の場合の一例では前方越流の場合は 28Amp であったのが、3方越流では約 24Amp 程度に低下を示した。

2方越流では、(イ) 前方越流に比べパルプ深さが相当浅くなっている事、並に越流堰巾縮少、其の他の要因により越流粒度分布は中粒が多くなっているが、粗粒部の混入は非常に少ない。

即ち、前方越流ではレーキ運動に起因する渦流のためか、粗粒部の混入が比較的多い事が考えられる。亦2方越流の場合、両側越流口の中を縮少すれば、機械的負荷は心持ち上昇し、アンペアは少々増加の傾向があり、28Amp 程度を示す。

但し越流口の中を縮少することによつて、2方越流は粒度分布縮少化の特性を遺憾なく発揮し得ることが経験的に認められる。上記の如く各越流方式ともそれぞれ固有の越流粒度分布を示している事が判明した。

b 最後に機械的及び物理的な面より越流方式検討にあたり特に着意した項目並びに其の作用を列記すると次の如くである。

- (1) 当初は越流縁巾の拡大による越流粒度の微細化を計るのが目的であつたが、次第にテストの結果考え方に次の如き変遷を生じた。
- (2) 分級機内パルプ深さの増加（越流堰高さの調節）
- (3) 波動防止板の設置方式、設置の相対的位置即ち、深さ、広さ、越流縁との間隔。

機内に設置する波動防止板は、上記諸条件により越流濃度とその粒度並びに機内滞留パルプ粒度とその濃度に著しい影響を及ぼすことが判明した。波動防止板の内部に在つては、越流に比しパルプ濃度は著しく小であり、粒度も細かい。

従つて波動防止板は、分級効率を上昇せしめるに役立つている。

- (4) 波動防止板の適切な設計により越流パルプ濃度を上昇せしめ、逆に機内パルプ濃度を減少せしめるので、同一越流濃度に於て分級効率の増加が可能である。
- (5) 越流縁におけるパルプ厚みの検討、即ち、越流縁の中巾の縮少によるパルプ厚みの増加（2方越流の特徴）により、越流サイズを揃えるに役立つ。即ち越流の粒度分布範囲を縮少し得て過大粒子を減少せしめると共に、一方過粉碎の防止も可能の如くである。
- (6) 越流口の開孔位置の選定。
- (7) 両側越流口の高さと前方越流縁との高低差の調整。即ち、両側越流パルプの粒度と濃度及び前方越

流パルプの粒度と濃度の調整。若し両側越流縁が前方越流縁と同一レベルにあつたならば、後者は著しく越流濃度が大きく、粒度も粗大である。

- (8) 3方越流越流縁の寸法を長大化する事（3方越流の特徴）は越流粒度を細かくするに有効であるが、一面越流濃度も低下の傾向があるので、両者のコントロールには細心の注意を必要とする。これは機械の負荷の減少には有益であるが、反面機内濃度が変動を生じ易い。

従つて循環量変動し、一時的なオーバロードを来す場合があるので、レーキの磨耗や、レーク回転数の（人為的な）減少は避ける必要がある。

前記(5)項越流縁巾の縮少は、これとまさに反対の操作であつて、越流量を制限し、機内抵抗をふやすので機械的負荷は少々増大するが機械が強力であれば此の方式は実操業に於ては、機内のパルプ濃度は安定し、従つて操作管理は容易である。又2方越流は越流濃度を比較的高く維持するには有効であり、此の場合に於ても越流サイズは比較的良好である。

実操業に在つては、長期間の操業を安定に保つためには、(5)項が最も良いと思われる。

§ 6. 結 言

以上レーク型分級機に対する2、3、の改善について当所で採用せる越流方式の概要を主として、経験的に記述したが、この方式は現場修繕に於ても容易に実施し得る方法である。当所に於てはレーキ型分級機の越流口の改善、並に波動防止板の適切な設置によつて分級機効率の改善に資し、亦分級機負荷の軽減にも成功した。

既に老朽化してレーキ搔上能力不足し、故障頻度多発しつつあつた分級機を、3方越流方式に改善した事によつて、搔上サンド量も少なくなり、分級機の正常運転を可能とならしめ、ミル能力を増加せしめ得た。此の事は、日を追うて漸増する選鉱処理量の増大に対応して、遺憾なからしめ得た一因である。

此の改善は、操業試験をして違算なからしめた、ミルマン及び工程係員、並びにデーターの正確な把握に尽力した研究係員の協力に依つたもので茲に謝意を表する。

以 上