微粉脱水用連続遠心脱水機の操業成績について

正 会 員 林 喜 芳*

正 会 員 齋 藤 善 男**

Dewatering Flotation Froth of Fine Coal with Continuous Centrifuge

Kiyoshi HAYASHI and Yoshio SAITO

Several tests have been made with continuous centrifuges for the purpose of dewatering the flotation froth of fine coal at Sakito (Nagasaki) and Bibai (Hokkaido) collieries, Mitsubishi Coal Mining Co., Ltd.

The results of the tests and performances in actual operations are summarized as follows:

- 1) The continuous centrifuges tested were proved to be applicable for dewatering fine coal froth.
- 2) The effectiveness of dewatering and capacity of the machine are greatly affected by the percentage of minus 300-mesh particles in the feed.
- 3) The ash content of the dewatered coal is about 4 percent lower than that of the feed, owing to the desliming action of the machine.
- 4) Considering the lives of wearing parts, the speed of rotation and the difference between the speed of outer bowl and inner screw should be preferably low.
- 5) The dewatering cost is about 170 to 200 yen per ton of dewatered coal.

1. 結 言

微粉炭の機械的脱水については、早くから諸外国において幾多の研究がなされてきたが、わが国でも特に戦後になって浮遊選炭の普及発達と共に、これに関する技術の導入を見るに至った。一般に従来最も多く採用されているのは、シッケナとフィルタによる脱水法であるが、これには相当の建設費と床面積を要するので、当社では遠心脱水機の採用を試みることにした。

昭和25年12月わが国I社製バード型試験機により、当社微粉炭中最も微粒子の多く、脱水困難な崎戸の微粉炭を対象として基礎的試験を行つたところ、一応の成果を挙げ得たので、さらにI社に試験機を製作させ、昭和27年3月崎戸炭業所に設置して現場試験を行つた。昭和28年4月崎戸の浮選設備の完成により、連続操業に入ると共に、さらに、昭和29年9月改良型1基を増設し、引続き現在に至るまで操業中である。また美唄炭業所においても、昭和29年4月S社製遠心脱水機を設置し、浮選設備完成と同時に連続運転に入つた。両炭所共に現在一応の成果を挙げつつあるので、ここにその操業成績について報告する。

* 三菱鉱業株式会社生産部副長兼選炭課長

** 同 上 選炭課長代理

1) 林 喜芳, 大木武次: 選炭 No. 3 (1951) 1~5

2. 設備の概要

崎戸、美唄両炭業所における遠心脱水機は、それぞれ第1図および第2図に示すような浮選系統の中に入れて浮選精炭の脱水を行つている。

第1図 崎戸浮選系統 第2図 美唄浮選系統

3. 連続遠心脱水機の構造と仕様

(第3図および第1表参照)

第3図 遠心脱水機の構造図 (崎戸)

第1表 遠心脱水機仕様

設置場所	崎	戸	美
遠心脱水機	1号機	2号機	S社
水処理能力	3 t/h	3 t/h	4 t/h
回転数	1600 rpm	1600 rpm	1200 rpm
差動	1584 "	1584 "	1185 "
ボウル径	約 600	約 600	約 450
スクリーン	1重巻ピッチ 110mm	2重巻ピッチ 300mm	φ450×φ750×1960
ボウル厚	φ600×φ380×1620	φ600×φ380×1620	0.3mm
スクリーン	0.5mm	0.5mm	ステライト
スクリーン	HF # 12	ステライト	プラネトリギヤー
スクリーン	ヘリカルギヤー	プラネトリギヤー	50 HP
スクリーン	50 HP	395 mm	490 mm
スクリーン	380 mm		

4. 試験運転成績

崎戸鉱業所においては昭和28年3月以降浮選設備完成と共に第一次、第二次連続運転試験を実施した。その概要および試験成績は次の通りである。

4.1 第一次試験

第一次試験は第2表に示す如き仕様の脱水機で行ったが、次の点に欠陥があったため連続運転が不可能となった。

- ① 連続的に吐出固形物が出ないこと。
- ② 内胴スクリュー先端部の磨耗が甚だしく、耐用時間が150h程度であったこと。
- ③ 回転部分のバランスが不調であったこと。

④については原料中の-300 meshの微粉が50%~60%にも達したため、吐出固形物が粘着性強く、ボウルカバー内壁に固着する様になり、2~3hで連続運転が不

可能になる状況であった。ボウル径600mm, 2,000rpm, 遠心効果900 (g)の900倍)程度では、-300 meshが50%以上も原料中に含まれるものを処理することは無理の様に思われた。

⑤については内胴スクリュー先端部の間隙は1mmで、内外胴回転差は45rpmであったが、この回転差はやや多きに過ぎ、運転時間計150hにて間隙が6~7mmに磨耗し、外胴内壁に微粉が固着する様になり、漸くバランスを保っている程度であった。

⑥については内外胴のアンバランスによる周期的な騒音と振動(5/100mm以上)がかなりあり、検討の結果整備

の必要が痛感されたので、一部仕様の改変と共にバランスの調整をとる様にした。

第一次試験の結果、給液中に-300 meshの微粉を60%前後含むものは、処理能力(脱水精炭)0.5 t/h, 収率70%以下となり、精炭の

連続吐出が困難になることがわかったので、外胴吐出部に掻出羽根を取付けて、その促進を企図したが無理であった。-300 mesh 30~40%のものは、処理量(脱水精炭)約1.7 t/h, 収率85~92%となり、精炭吐出は連続的に行われた。この時の給液濃度は23%前後、精炭湿分は22~19%, 排水濃度3%, 品位は給炭灰分18~22%, 精炭灰分14~16%, 排水中の固体の灰分45~60%であった。

4.2 第二次試験

第一次試験の成績に鑑み検討を加えた結果、脱水機の仕様の内、回転差を20 rpm, 間隙を0.5 mm, 内胴スクリュー肉盛材質を神戸製鋼 HF # 12に変更し、I社において本機の整備を行った。同時に浮選機及びドル・シクナの操業にも再検討を加え、浮選前に30 mesh 固定スクリーンで比較的品位良好な粗粒分の直接回収を行い、これを浮選フロスに加えると共に、浮選尾水への粗粒分の逃炭防止を計る等、多少操業条件を工夫して昭和28年8月下旬試験運転を開始した。

4.2.1 液面半径270mm, プールの長さ170mmの場合
整備後当初は前記と同じ

第2表 遠心脱水機仕様

ボウル径	2,000 rpm	ボウル径	620 mm
スクリーン	1,955 "	スクリーン	1 mm
回転数	45 "	スクリーン	270 mm
差動	ヘリカルギヤー	スクリーン	170 mm
ボウル厚	50 HP	スクリーン	450 mm
スクリーン	600 mm	スクリーン	約 900
スクリーン	380 mm	スクリーン	

條件で運転を実施したが、ピーチの長さが長過ぎたために処理量は所期の目標に到達せず、消費電力も据付馬力35kWの75%を消費して、ピーク時を考慮すれば著しく安定性を欠く状態であった。またギャボックス、ボールベアリング部の温度が70°Cにもなったので検討の結果、脱水能力を多少犠牲にして、処理量の増加に主眼をおくことにし、液面半径を230mmに変更し、引続き運転を実施した。

4.2.2 液面半径230mm、プールの長さ395mmの場合

液面半径230mmにおける内胴スクレーの磨耗状態並びに故障程度を知る為に長期連続運転を実施したが、人員関係、機械的不馴れ等のため所期の成果を挙げ得なかった。その成績は次の通りであった。

④ 供給原料

給液濃度は25~30%が適当である。遠心効果900程度(外胴回転数2,000rpm)では、-300meshが30~40%程度ならば、脱水炭は連続的に排出されて取扱いが易くなる。

⑤ 脱水炭

原料の粒度に左右されるが水分22%程度で取扱容易であった。掻出量は2~3t/h、回収率は85~90%で、灰分は15~17%、すなわち、3~4%の灰分低下を見た。

⑥ 尾 水

濃度は5%前後で、固形物の灰分は44~51%、粒度は-300meshが100%である。

⑦ 機械管理, その他

・電力消費量……掻出精炭2~3t/hにて14~21kW程度。大体固形物処理量ならびにピーチの長さに比例する。

・振動……振動が5/100mm以上は調整を要す。

・スクレーの磨耗……材質HF#12、回転差20rpmで約1,500hに3mm程度磨耗するので、定期的に肉盛り及びバランス調整を必要とする。

・液面調整……液面半径230mmが最適のようである。

5. 操 業 成 績

浮選精炭の脱水に一応の成果を収めることが出来たので、崎戸鉱業所においては昭和29年8月、処理量の増大を図るべく2号機(改良型)を増設し、試運転しながら機械的な耐用度、故障の程度、所要経費等を見究めつつ12月より、また美唄鉱業所は7月より前記機械的條件(第1表)のもとに本格的操業に入った。その成績は次の通りである。

操業においては、ボール回転数を崎戸では2,000rpmを1,600rpmに、美唄では1,600rpmを1,200rpmにそれぞれ変更した。その理由は、崎戸では回転数を落と

第4図 運転時間と処理量(崎戸)

第5図 運転時間と処理量(美唄)

しても脱水程度・処理量ともに変化が認められなかつたので、消費電力を節約し耐用寿命の向上をはかるため、また美唄では正規の回転速度では振動が増し、連続運転に堪えられない見通しであつたためである。

5.1 運転時間と処理量

正常運転に入ってから運転時間と処理量の関係を図示すると第4図および第5図のごとくなる。

崎戸では水選機の運転時間とドルシクナにおける微粉の沈降の間に時間的ズレがあり、一方脱水機は連続運転を行つているため、処理量は平均すると1基当たり1.6t/h(脱水精炭)になる。しかし正常な運転状態では1.8~2.3t/h(脱水精炭)、給液中に粗粒分の多い場合は最高約4t/h(脱水精炭)以上も処理することがある。美唄の場合の平均処理量は約3.4t/h(脱水精炭)である。

第3表 月別故障時間及び個所

月別	崎 戸				美 唄	
	1号機	2号機(改良型)	故障箇所	休転時間	故障箇所	休転時間
30年						
1	給液パイプ詰り、ギヤ油不足による油入替	給液パイプ詰り、駆動ギヤ減速調節		3.30	差動装置・ボールベアリング4ヶ破損取替・ピニオン1ヶ破損取替・プーリ側ボールベアリング取替	7.40
2	なし	ケーキ吐出口羽根磨損部切除		3.10	差動装置・ボールベアリング4ヶ破損取替	公休作業
3	なし	なし		—	差動装置・ボールベアリング4ヶ破損取替・ピニオン2ヶ取替・注油板・磨耗修理・精炭落口掻出爪磨耗9枚取替	32.50
4	ケーキ吐出口詰り掃除	ケーキ吐出口羽根磨損部切除・給液バルブ破損取替・ピース内異物詰り掃除		1.10	差動装置・ボールベアリング7ヶ破損取替・ピニオン2ヶ取替・注油板・磨耗修理・ドラム内スクレーン回転部ボールベアリング及びラストベアリング破損取替	59.40

第6図 スクリューの磨耗と運転時間（崎戸）

第7図 スクリューの磨耗と運転時間（美唄）

5.2 故障の発生状況とその対策

月別故障時間と個所を第3表に示す。

遠心脱水機の故障の原因は大部分差動装置関係とスクリーンの磨耗である。差動装置関係では歯車の精度および材質によるものと、振動または給油方式の欠陥によるベアリングの損耗が多い。崎戸の改良型ではそれ等が改善されたが、美唄は初期の製品であるため、第3表に示す如く、故障が多い。一方スクリーンの磨耗がひどいと間隙が大となり、回転体のバランスが崩れ、振動を起すことになるので、スクリーン予備品を持つか、あるいはスクリーン先端の硬化材溶接技術に習熟することが肝要である。またベアリングはその温度、油の状態等に常に注意すべきである。

5.3 スクリューの磨耗

運転時間とスクリーンの磨耗の関係を示すと第6図および第7図となる。

本機の使用上最も重視すべきことは内胴スクリーン先端部の磨耗であつて、これによつて内外胴のバランスも崩れ易く、その程度如何により直接修繕費に影響し、その耐用程度が本機の死命を制するとも考えられる。崎戸における第一次試験ではスクリーンに軟鋼を使用し、また回転差が45 rpmで多過ぎたため磨耗が著しかった。第二次試験では神戸製鋼 HF #12 を用い、スクリーン回転差を20 rpmとしたので、2,500 h 連続運転が可能であつた。2号機にはステライトを用いているが、1,400 h 連続運転に対して HF #12 の約1/2程度の磨耗である。

スクリーン磨耗により間隙が大となると、

①振動の発生。②処理量の低下。③脱水性能の低下。等の原因となるので、使用材質の吟味は特に重要である。間隙は最大6mm位まで運転可能と思われる。

スクリーンの磨耗は主に給液フィード口附近及び掻上げのピーチの部分に起り、プールの部分は余り磨耗しない。また磨耗および運転上最も問題になっているのは、

ケーキ吐出口に附着する微粉で、この搔落しのためにケーキ出口の外胴に搔羽根（ステライト盛り）をつけて見たが、損耗が甚しく、かつ附着がひどくなると排出口にケーキが停滞し、摩擦抵抗がひどくなることがある。この点吐出口で全量が直ちに落下する様改善を図らなければならない。

5.4 脱水成績

崎戸、美唄両試験所の代表的成績ならびに粒度分析結果は第4,5,6表の通りである。

給液中に含まれる微粉量（-200 mesh）は美唄が崎戸に比して約30%程度少ないにもかかわらず、ケーキ湿分が26%もあるのは遠心力の不足のためであると思われる。

第4表 脱水成績（崎戸）

試験 番号	給液量 m ³ /h	処理量 精炭t/h	収率 %	フィード		ケーキ		テール	
				濃度	灰分	湿分	灰分	濃度	灰分
1	7.7	2.0	96	27.2	15.50	19	13.83	2.4	55.35
2	12.3	3.0	84	29.0	19.74	21	15.08	6.6	44.43
3	8.5	2.0	87	27.2	21.73	23	17.25	3.2	50.71
4	8.5	2.0	86	27.2	20.59	20	15.65	3.4	49.00

第5表 粒度分析成績（崎戸）

試験 番号		+30 mesh		30~60		60~100		100~200		200~300		-300		計
		w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	
1	フィード	11.0	4.02	15.4	4.09	17.9	4.43	20.2	6.71	11.9	15.69	23.6	44.12	100.0
	ケーキ	11.5	16.0	18.6	21.0	12.4	20.5	100.0						
	ケーキ	4.00	4.00	4.39	6.63	15.65	41.86	100.0						
	テール	—	—	—	—	—	55.35	55.35						
2	フィード	8.9	4.19	9.7	4.31	13.9	3.99	20.5	5.71	12.7	13.73	34.3	45.13	100.0
	ケーキ	10.5	11.5	16.5	24.4	15.1	22.0	100.0						
	ケーキ	4.24	4.21	3.93	5.64	13.69	45.74	100.0						
	テール	—	—	—	—	—	44.43	44.43						
3	フィード	1.6	4.20	4.2	4.37	12.3	4.52	21.4	5.69	15.8	11.72	44.7	39.95	100.0
	ケーキ	1.8	4.6	13.5	23.5	17.4	39.2	100.0						
	ケーキ	4.18	4.34	4.53	5.64	11.47	33.28	100.0						
	テール	—	—	—	—	—	50.71	50.71						
4	フィード	2.1	3.42	13.1	3.91	15.7	4.81	20.0	6.53	14.0	14.17	35.1	45.49	100.0
	ケーキ	2.4	15.2	18.3	23.2	16.3	24.6	100.0						
	ケーキ	3.34	3.87	4.79	6.44	14.22	41.86	100.0						
	テール	—	—	—	—	—	49.00	49.00						

第6表 粒度分析成績（美唄）

	濃度%	+28 mesh		28~60		60~100		100~200		-200		計
		w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	w/o	a/o	
フィード	38.0	3.1	5.21	32.0	7.90	10.3	8.33	30.6	10.24	24.0	16.23	100.0
ケーキ	(湿分) 26.0	2.8	5.80	27.7	7.75	11.7	8.25	39.0	9.34	18.8	14.94	100.0
テール	0.37	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	27.24	100.0

6. 脱水成績に対する考察

6.1 脱水効果

今迄の試験結果と操業中における成績を総括して考えると、脱水成績に影響するファクタとしては、機械的條件を一定とした場合、フィードの粒度、量、濃度が主であると云うことが出来る。その中フィードの粒度による影

響が一番大きく、脱水炭湿分との関係をプロットすると第8図の如くなる。この場合、普通の操業状態で崎戸はフィード量 2~2.5 t/h (固形物)、濃度 25~30%、美唄はフィード量 3.5~4.0 t/h (固形物)、濃度 35~40%の範囲のものをつた。美唄の場合脱水炭湿分が高いのは、前述したごとく回転数をおとしているので、遠心効果が

第8図 フィード粒度 (-300mesh) と脱水炭湿分

第9図 フィードの量 (固形物) と脱水炭湿分

第10図 フィード濃度と脱水炭湿分

少ないためと思われる。

またフィード量 (固形物) と脱水炭湿分の関係は第9図の如くなる。この場合崎戸ではフィード濃度25~30%、粒度 -300mesh 30~40%、美唄ではフィード濃度35~40%、粒度 -200mesh 25~30%の範囲のものをつた。濃度がほぼ一定ならば、フィード量はその機械の処理能力の範囲内ではあまり脱水炭湿分に影響を与えないようである。

フィードの濃度と脱水炭湿分の関係は第10図に示す。この場合崎戸はフィード量 2.0~2.5 t/h (固形物)、粒度 -300 mesh 30~40%、美唄はフィード量 3~4 t/h (固形物)、粒度 -200 mesh 25~30% の範囲のものをつた。フィード濃度の脱水炭湿分に及ぼす影響は、濃度が約25%以上ではほとんどないが、25%以下になると濃度が薄くなる程脱水炭湿分は低下して来る。

6.2 脱水炭の回収率

崎戸におけるフィード粒度と脱水炭回収率との関係をみると、第11図に示す如く、フィード中の -300 mesh の割合に大きく影響される。普通操業 (-300 mesh 30~40%程度) では回収率は85~90%位は期待出来る。な

第11図 フィード粒度 (-300mesh) と脱水炭回収率

第12図 フィード粒度 (-300mesh) と処理能力 (脱水精炭)

おこれに対しては、脱水機廃水をさらに浮選機に繰返し処理すれば、全体としての回収率はもつと向上出来る見込みである。

6.3 処理能力

崎戸におけるフィード粒度と処理能力 (脱水炭湿分20~25%範囲内において) との関係を示すと第12図の如くなる。フィード中の -300 mesh の割合が増すにしたがい、著しく処理能力が減ずる。

6.4 脱水炭の品位向上

脱水炭の灰分はフィード灰分より3~5%低くなる。又排水中の固形物は灰分の多い -300 mesh から成り、廃石として除去されている。フィード中の -300 mesh は約3%はケーキとして回収され、残りの3%はこの廃石となる様である。

6.5 処理量と電力消費量の関係

崎戸における脱水機のプールの長さの変化による処理量 (脱水精炭) と電力消費量との関係は第13図の如くである。この脱水機は無負荷運転では6~7 kW の消費であるが、当初の液面半径 270mm、プールの長さ 170mm では極めて多くの電力を消費した。そこでプールの長さを 395mmにした場合には電力消費量はかなり減少した。すなわち電力消費量はビーチの長さで処理固形物量に比例して増加するようである。結局据付馬力 35 kW

第13図 処理量と電力消費量

(50 HP) で処理量は精炭で2~2.5 t/hの操業が適当であるので、電力は15~18 kWの消費で足り、据付馬力の50%前後である。操業実績は脱水炭量 1t 当り 10 kWh 程度の消費であるが、近時運転も順調となり、処理量も増加しつつあるので、7~8 kWh/t 程度になる見込である。

6.6 脱水経費

6.6.1 実 績

第7表 脱水経費 (月平均実績)

費 目	崎 戸	美 唄
動力費	5円×10 kWh/t×680 t/月 = 34,000円	5円×10.5 kWh/t×840 t/月 = 44,100円
人件費	450円×1人×2方×25日 = 22,500円	350円×0.5人×2方×25日 = 8,750円 (請負)
修理費 (含物品費)	11,500円	21,000円
減価償却費	設備費 6,000,000円 年利 1割 8年償却 87,500円	設備費 3,000,000円 年利 1割 8年償却 43,750円
計	155,500円	117,600円
精炭 t 当り	155,500円÷680 t ≒ 228円	117,600円÷840 t ≒ 140円

脱水経費は1ヵ月平均の実績を第7表に示す。崎戸の経費は今後電力消費量の減少と処理量(精炭量)の増加により精炭 1t 当り 170~200 円になる見込みである。

6.6.2 遠心脱水機とフィルタの比較

フィルタの脱水においてはシクナ、ポンプ等の附属設備を要し、かつ建家面積が広がるので設備費が高くなる。例えば今 6 t/h の脱水設備費はフィルタの場合、約 1,500 万円、遠心脱水機の場合は約 1,000 万円位と考えられる。なお脱水経費は今迄の実績より推定すれば、フィルタの場合は約 200~250 円/t (含償却)、遠心脱水機の場合は前記の如く 170~200 円/t 位となるので、本機による微粉脱水は有利と思われる。

7. 結 言

連続遠心脱水機を微粉炭の脱水に利用したが、その現場操業成績を経括的に検討すれば、

- (1) 本機は微粉炭の脱水に効果的に使用可能である。
- (2) 脱水効果については、フィード中の微粒子の占

める割合に最も影響される。-300 mesh 30~40%迄は湿分20%程度に迄脱水可能である。余り微粒子の多いものに対しては、粗粒分を或る程度混入してやるのが、脱水効果と処理能力の点からみて必要である。

(3) 処理能力もフィード中の微粒子の割合に大きく影響される。微粒子が多くなると或る程度の脱水炭湿分を期待するためには著しく処理量を減ししなければならない。

(4) 脱水炭は本機によりデスライミングされるため、原炭に比して灰分が約 4%低下し、またさらさらして取扱易い。

(5) 故障箇所は初期には、差動装置のベヤワングおよび歯車の損傷、スクローの磨耗が主なものであつた。差動装置はその後材質と機構の点が改善され、今の所問題はないと思われる。スクローの磨耗に対してはステライトの場合 2,500~3,500 h の実績を示しているの

で、予備品を持つか又は硬化材の肉盛をなすかの方法で解決出来る見通しである。

(6) 耐用命数の点を考慮して脱水可能な限り回転数及び回転差はなるべく少なくすることが望ましい。フィード中の -300 mesh, 30~40%以下では脱水炭湿分を20%前後にすると、液面における遠心効果は600位で充分と思われる。

(7) ピーチの長さは脱水炭湿分の許す範囲内で短い方が運転が容易で、動力も少なくてすむ。

(8) 脱水経費は約 170~200 円/t の見込で、フィルタに比し遜色なく、かつシクナを要せず建家面積が少なくてすむ。設備費はフィルターに比し約 70% 程度である。

(9) 今後において改良検討を要する点は、

- ① 処理量の増大を計ること。
- ② 精炭吐出口における附着微粉を円滑に搔落するような機構に改造すること。
- ③ スクロー先端の硬化材肉盛りを炭底現場で実施し得るようにし、かつ容易にバランスのとれる様に習熟すること等である。

附 記

本稿は当社崎戸鉱業所及び美唄鉱業所より提出願つた操業成績資料に基き取纏めたものである。両鉱業所関係各位の御尽力に対し、また資料の整理に当られた当社生産部宮本技師に対し感謝の意を表する。