

# 탄성반발 선별기를 이용한 국내 무연탄의 건식선별 기술 개발

전호석<sup>1)</sup>, 박철현<sup>1)</sup>, 양정일<sup>1)</sup>, 배광현<sup>1)</sup>, 조성백<sup>1)</sup>, 신희영<sup>1)</sup>

## 1. 서론

국내 무연탄은 우리 나라가 보유하고 있는 유일한 화석에너지로, 현재와 같은 고유가 시대에 에너지 수입을 일부라도 대체할 수 있는 에너지이다. 그러나 석탄 사용이 급격히 감소되면서 현재 800만 톤 정도의 국내 무연탄이 비축되어 있는 실정이다. 국내 무연탄의 비축은 국내 석탄산업의 기본적인 안정 유지를 위해 과거 정부 정책으로 이루어진 것이다. 그러나 국내무연탄의 급격한 소비감소와 용도개발의 미흡으로 소비가 이루어지지 않아 현재는 비축탄의 관리 및 유지를 위해 매년 800억원 정도의 국가 예산이 낭비되고 있는 실정이다. 따라서 정부에서는 국내 석탄생산의 일정한 유지와 비축된 무연탄의 관리 유지에 소비되는 국고 손실을 줄이기 위해, 비축된 국내 무연탄을 이용할 수 있는 용도 개발 기술을 지원하고 있으며, 본 연구는 이의 목적으로 현재 연구를 수행 중에 있다.

본 연구의 목적은 비축된 국내 무연탄을 대량으로 소비할 수 있는 기술을 개발하여 매년 100만 톤 이상의 비축 국내 무연탄을 이용하는 데 있다. 이를 위해 현재 쌍용양회 공업(주)와 공동으로 비축탄을 시멘트 산업에 이용할 수 있는 연구를 수행중에 있으며, 쌍용양회 공업(주)에서는 국내 무연탄을 시멘트 제조시 열에너지로 이용할 수 있는 연소기술 개발을, 그리고 한국지질자원연구원에서는 비축된 국내무연탄을 건식선별하여 Clean Coal은 열 에너지원으로, 그리고 회분함량이 높은 Reject 산물은 바로 시멘트 부 원료로 각각 이용할 수 있는 기술을 개발 중에 있다. 특히 시멘트 산업에 석탄을 이용할 경우 반듯이 건식 선별기술 개발이 필수적인데, 이를 위해 본 연구에서는 탄성을 가진 회전하는 롤에 시료를 급광하여 경도 및 비중의 차이를 이용한 탄성반발 선별기술을 개발하고자 한다.

탄성반발 선별기술은 석탄과 기타 맥석 구성 광물들과의 탄성반발력 차이를 이용한 것으로, 시료의 물성 차이뿐만 아니라 혼합된 시료에 반발력의 차이를 증가시키는 Drum Roll의 재질 선정도 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 시료의 급광량, Drum Speed, Splitter Position, 시료의 급광 위치 및 높이, 시료의 입자크기 이외에 Drum Roll의 탄성이 다른 재질을 선정하여 이들 각각에 대한 선별효율을 규명하였다. 본 기술의 경우 저렴한 처리비용과 대량처리가 가능하고 또한 장치제작이 저렴하여 기술 개발 즉시 상용화가 가능할 것으로 생각된다.

본 기술개발이 이루어질 경우 비축된 무연탄을 소비할 수 있어 연간 800억 원 정도의 관리비를 줄일 수 있고, 또한 국내 석탄산업의 안정적인 발전을 가져와 지역 경제의 활성화 및 일부 에너지 수입을 줄일 수 있어 무역수지 개선에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 시료 및 실험방법

### 2-1. 시료의 특성

본 연구에 사용된 국내 무연탄 시료는 강원도 태백시 소재 석탄공사 철암광업소 정부 비축탄 저장소로부터 채취한 것으로, 시료의 물리적 및 광물학적 특성 규명을 위해 입도분석과 공업분석 그리고 화학분석과 광물감정을 수행하였다.

Table 1. 은 철암광업소에서 채취한 석탄시료의 입도분석 결과를 나타낸 것으로, 입도 크기별 중량비는 -8/+16mesh 입단이 15.08%로 가장 높고 미립으로 갈수록 적어짐을 알 수 있다. 각 입도크기별

회분함량은 +2mesh 입도가 63.61로 가장 높으며, -2/+4mesh와 -4/+8mesh 입도가 각각 54.75%와 42.72%로 평균 회분함량보다 각각 14.89%와 2.86% 정도 더 높게 분포되어 있다. 그러나 8mesh 보다 작은 입도의 회분함량은 모두 평균치보다 낮고 특히 -48/65mesh 입도의 경우는 회분 함량이 27.89%로 평균 회분함량보다 약12%나 크게 낮아 입도크기에 따라 회분 구성광물의 분포가 다르다는 것을 알 수 있다. Fig. 1은 원 시료 중에 존재하는 백석구성 광물들을 규명하기 위한 XRD 감정 결과를 나타낸 것으로, clinochlore, quartz, pyrophyllite, kaolinite, muscovite 그리고 microcline 등이 관찰되었다.

Table 1. Particle size distribution and proximate analysis of various size fraction for Cheol-am coal sample.

Size Range (mesh)	Weight (%)	Proximate Analysis (%)			Nominal Size (mesh)	Cumulative Oversize (%)	Cumulative Ash (%)
		V. M.	Ash	F. C.			
+ 2	14.88	5.78	63.61	30.61	2	14.88	63.61
-2/+4	9.55	5.24	54.75	40.01	4	24.42	60.15
-4/+8	13.27	4.41	42.72	52.87	8	37.70	54.01
-8/+16	15.08	4.37	35.50	60.13	16	52.78	48.72
-16/+28	14.57	4.05	30.01	65.94	28	67.35	44.67
-28/+48	10.85	4.11	28.09	67.80	48	78.20	42.37
-48/+65	3.22	4.21	27.89	67.90	65	81.42	41.80
-65/+100	4.62	4.24	28.73	67.03	100	86.04	41.10
-100/+150	4.62	4.46	31.22	64.32	150	90.66	40.60
-150/+200	4.52	4.31	31.67	64.02	200	95.18	40.17
-200	4.82	4.63	33.73	61.64			39.86
Total	100.00	4.59	39.86	55.55			

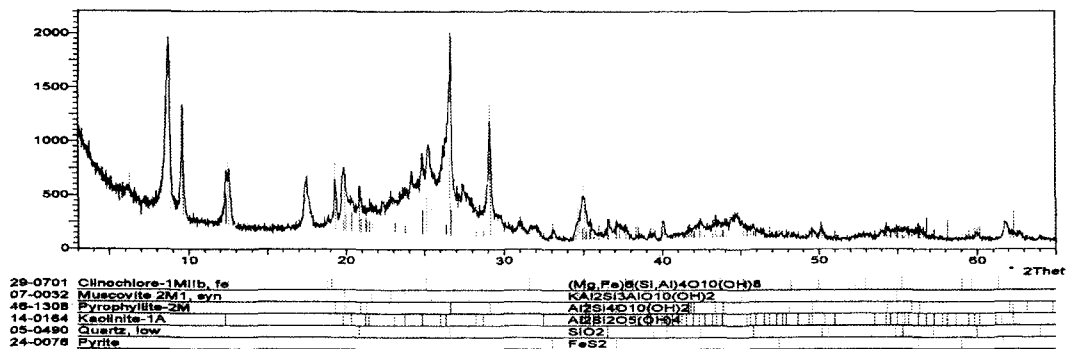


Fig. 1 XRD Diffraction on Raw Sample from the Chulam Coal Mine

## 2-2. 실험방법

Fig. 2는 탄성 반발실험 공정을 나타낸 것이다. 공정도에서 보는 바와 같이 먼저 원 시료를 48mesh와 65mesh로 체질하여 미립자는 바로 정탄으로 처리하고 굵은 입자만을 대상으로 여러 입단으로 분리하여 탄성반발 실험을 수행하였다. 원 시료를 48mesh와 65mesh로 체질한 이유는 미립자의 경우 탄성반발 실험에 나쁜 영향을 미치기 때문이다. 또한 입도분석에서 알 수 있듯이 미립자는 원광보다 회분함량이 낮기 때문에 바로 정탄으로 처리가 가능하기 때문이다.

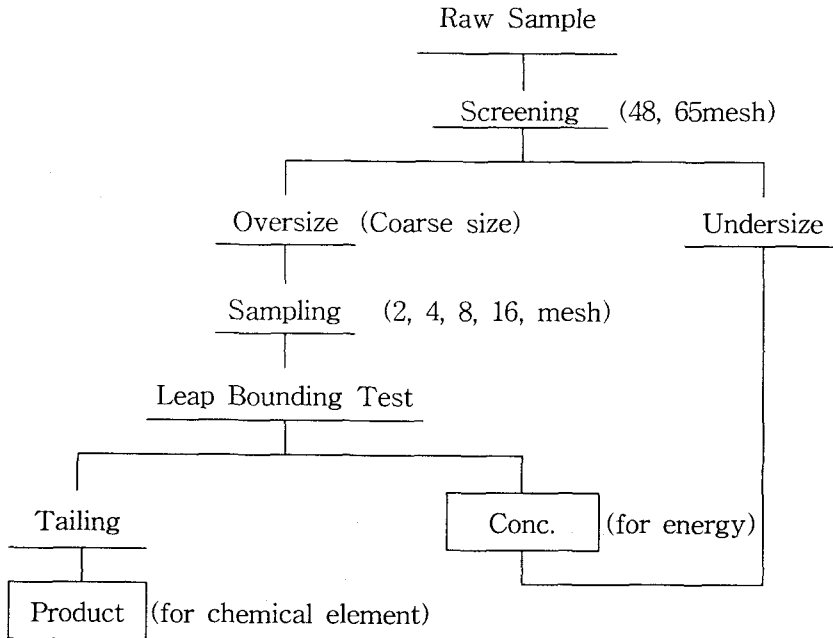


Fig. 2 Flowsheet of combination process using leap bouncer

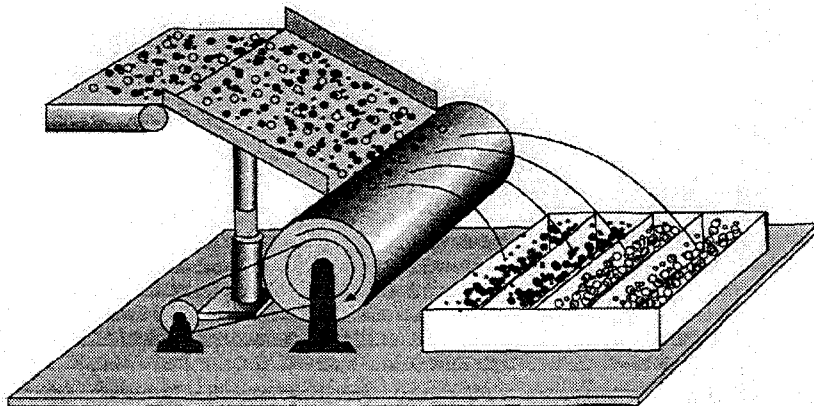


Fig. 3 Separation principles of lab. scale Leap Bouncer.

Fig. 3은 본 연구기간에 설계 제작된 탄성반발 선별기인 Leap Bouncer의 선별 개략도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 시료가 진동 급광기에 의해 회전하는 탄성물체로 이동되면 광물의 경도, 비중, 형상, 입자의 표면물성 차이에 의해 선별이 이루어지게 되는 것이다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Table 2는 조건변화 실험에서 +2mesh 입도를 대상으로하여 Drum의 최적 회전속도를 규명하기 위한 실험결과를 나타낸 것으로, 이때 정광으로 회수된 시료의 낙하지점은 Drum으로부터 40cm로 하였다. 실험결과 Drum의 회전수가 빨라질수록 정광의 산출율과 회분함량이 각각 감소하게 되는 것을 알 수 있다. 즉, Drum의 회전수 50rpm과 70rpm에서 산출율이 각각 59.23%와 45.57%로 가장 높지만 이보다 회전 속도가 빠른 90rpm에서는 43.01%를 그리고 가장 빠른 110rpm에서는 35.62%로 Drum의 회전속도 50rpm보다 산출율이 크게 감소한 것을 알 수 있다. 이때 정탄으로 회수된 산물중의 회분함량은 50rpm에서 51.21%로 가장 높고 이보다 Drum의 회전속도가 빨라지면 점차 감소하여 110rpm에서는 회분함량이 26.47%로 50rpm보다 15% 까지 감소한 것을 알 수 있다. Drum의 회전속도 변화실험을 종합분석해보면 석탄회수율이 가장 높고 회분함량이 비교적 낮은 회전속도 70rpm이 가장 좋은 조건임을 알 수 있다.

Table 3은 탄성반발 실험의 최적 처리입도를 규명하기 위하여 시료를 +2mesh와 -2/+4mesh 그리고 -4/+8mesh와 -8/+16mesh 입도로 제조한 다음 이들 각각에 대한 탄성반발 실험결과를 나타낸 것이다. 각 입도에 따라 원광중의 회분함량이 동일하지 않아 정확한 비교분석은 어렵지만, 석탄회수율과 회분제거율을 계산하여 최적 입도를 규명할 수 가 있다. 실험조건은 Drum의 회전속도를 70rpm으로 하고 반발되어 낙하되는 시료 중 40cm 이내에서 회수된 시료를 정탄으로 하였다. 실험결과 +2mesh 시료의 경우 원탄 중의 회분함량 56.92%로부터 30.22%인 정제석탄을 석탄회수율 73.82%로 회수할 수 있었으며, 이때 회분제거율은 46.91%로 실험된 입도 중 가장 높다.

Table 2. Results of drum speed on combustible recovery and ash contents in a leap bounding tests.(Cheol-Am, +2mesh)

Drum Speed (rpm)	Yield (wt.%)	Ash(%)		Ash Reject (%)	Combustible Recovery (%)
		Raw Coal	Clean Coal		
50	59.23	56.03	51.21	45.87	65.72
70	45.57	56.92	30.22	46.91	73.82
90	43.01	57.66	29.89	48.16	71.22
110	35.62	56.87	26.47	53.46	60.72

Table 3. Results of particle size on combustible recovery and ash contents in a leap bounding tests.(drum speed : 70rpm)

Particle Size (mesh)	Yield (wt.%)	Ash(%)		Ash Reduction (%)	Combustible Recovery (%)
		Raw Coal	Clean Coal		
+2	45.57	56.92	30.22	46.91	73.82
-2/+4	47.03	49.27	31.27	36.53	63.72
-4/+8	57.91	41.40	30.71	25.82	68.47
-8/+16	65.01	33.16	27.47	17.16	70.54

-2/+4mesh와 -4/+8mesh 입도는 원탄 중의 회분함량 49.27%와 41.40%에서 각각 37.11%와 36.22%인 정제석탄을 얻었지만, 석탄회수율이 63.72%와 68.47%로 +2mesh 입도보다 낮아 +2mesh 입도가 선별효율이 더 높음을 알 수 있다. 그리고 -8/+16mesh 입도는 원탄 중 회분함량 33.16%로부터 회분함량이 27.47%인 정제석탄을 얻어 거의 선별이 이루어지지 않음을 알 수 있어, 탄성반발 실험의 경우 입자가 너무 작으면 효과적이지 못함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

철암 시료에 대한 입도분석 결과 16mesh보다 굵은 입도에 많은 양의 회분이 분포되어 있어, 이들만 제거하여도 20~25% 정도의 회분을 제거할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 16mesh를 통과한 미립자는 바로 정탄으로 처리하고 16mesh 이상 입도만을 대상으로 건식 공정인 탄성반발 실험을 수행하는 공정 개발이 가능함을 알 수 있다.

석탄의 품위향상을 위한 탄성반발 실험결과 최적실험 조건은 particle size : +2mesh, 정제석탄 회수대 : 40cm, feed rate : 2kg/min., feed point : center on drum 그리고 drum speed : 70rpm으로, 실험결과 +2mesh 시료의 경우 원탄 중의 회분함량 56.92%로부터 30.22%인 정제석탄을 석탄회수율 73.82%로 회수할 수 있었으며, 이때 회분제거율은 46.91%로 사용된 입도 중 가장 높다. 그리고 석탄회수율을 높이기 위하여 particle size를 +4mesh로 하고 정제석탄회의 회수범위를 60cm 까지 확장하였을 경우 원탄의 회분함량 49%로부터 회분함량이 33.21%인 정제석탄회를 석탄회수율 83.16%로 얻을 수 있었다.

---

주요어 : 탄성반발 선별기, 비축탄

1) 한국지질자원연구원 자원활용연구부