

Oil Agglomeration Process에 의한 무연탄 슬러리의 탈수에 관한 연구(제1보)

권이동 · 신강호* · 조동성**

한국석유개발공사

*삼척산업대학교 자원공학과

**인하대학교 자원공학과

A study on the removal of the water from the anthracite slurry by Oil Agglomeration Prosess(part I)

Yi Dong Kwon . Kang Ho Shin* , Dong Sung Cho**

Korea Petroleum Development Coporation.

*Dept. of Mineral & Energy Resources Eng., Sam Chok National Univ.

** Dept. of Mineral & Energy Resources Eng., Inha Univ

요 약

어룡탄광에서 산출되는 저질인 무연탄 슬러리를 Oil agglomeration 처리법으로 탈수하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 저질 무연탄은 기름과 응집체(COM)를 형성하여 물과의 비중차이에 의해서 약 80%까지 분리되고 이때 COM을 만드는 각각 석유, 경유 또는 중유의 첨가량은 시료량의 10%정도이다. 무연탄에서 가연성분을 회수하고 회분을 제거할 수 있는 능력은 기름의 첨가율, 광액 농도, 광립의 입도, 교반시간, 교반강도에 크게 영향을 받는다. 최적조건인 상태에서, 가연물질의 회수율은 약 95%까지 증가되었고, 회분의 함유율은 30%에서 13.5%로 감소되었다.

ABSTRACT

This study was carried out to remove the water from low grade anthracite slurry produced at Eoryong coal mine by the oil agglomeration process. 80% of Anthracite as a coal oil mixture (COM) was separated from water by the difference of specific gravity. Then, the amount of kerosene, diesel oil, and heavy oil forming COM was 10% of the amount of sample, respectively. The recovery rate of combustibles and ash content of agglomerated anthracite were affected largely by the amount of added oil, pulp density, particle size, mixing time, and impeller speed. The recovery rate of combustibles was increased to 95% and ash content was decreased from 30% to 13.5% under the optimum conditions.

1. 서 론

채탄장이 심부화되면서 지열로 인한 갱내 기온의 상승은 강도 높은 갱내 채탄 노동을 거의 불가능하게 하여 채탄의 기계화가 절실히 요구되고 있는 현실이다. 그러나 우리나라의 탄층은 구조가 불규칙하고 협소하기 때문에 대형의 채탄 및 운반장비를 이용할 수 없다. 따라서 water jet로 채탄하고 펌프와 파이프로 운반하는 수력 채탄이 갱내 기온도 크게 낮게 하고 분진의 발생량을 억제할 수 있으므로 가장 바람직한 채탄 방법으로 지목되어

특히 어룡탄광에서는 적용이 검토된 바도 있었다 수력 채탄을 하게 되면 당연히 물을 많이 함유한 상태로 생산될 수 밖에 없으며 물이 함유된 무연탄은 분상이기 때문에 죽과 같은 상태(slurry)가 되어 탈수가 거의 불가능하므로 포기된 바 있다.

가루상태의 석탄과 물의 혼합체를 CWM(coal water mixture)이라고 하며 석탄을 유동성이 큰 연료로 이용하는 방법으로 연구되고는 있지만 물의 증발열과 운반에 소요되는 경비도 큰 부담이 되기 때문에 문제점이라고 할 수 있다.

석탄이 석유류와 COM(coal-oil mixture)¹⁻³⁾을 잘 형성하며 국내에서 산출되는 무연탄도 비슷한 성질을 갖고 있다는 것⁴⁻⁶⁾은 알려진 사실이지만 본 연구에서는 저질 무연탄의 COM화와 COM화에 의한 탈수 그리고 COM에 의한 회분의 제거방법 등을 중점적으로 검토하였다. 이것은 수력채탄의 산물뿐만 아니라 봉면 탄광 및 동원 탄광의 저질탄 의중액 선별에서도 물에 현탁되어 있는 미분탄의 처리가 역시 문제되고 있기 때문이다.

2. 시료 및 실험방법

시료는 어룡 광업소에서 채탄된 분상 무연탄을 Rod mill에서 분쇄하여 입도별 실험외에는 모두 -325 mesh로 실험하였으며 시료를 사분분석한 결과는 Table 1과 같다. bridging liquid로 경질유를 사용할 경우에는 경질유의 특성인 퍼짐성은 좋으나 점성이 약하여 단단한 응집을 형성하지 못하고⁹⁾ 가격이 비싸므로 본 실험에서는 동유(kerosen), 경유(diesel oil), 중유(heavy oil)만을 사용하여 보았다. 이 때에 사용된 중유는 경유와 bunker C유를 중량비 50 : 50 으로 혼합한 후 15분간 교반하여 제조하였다.

시료 10 g을 칭량하여 비이커에서 수돗물로 요구되는 팽윤농도를 만든 다음 시료가 물에 충분히 젖은 상태가 되도록 약 5 분간 교반시키고 적당량의 bridging liquid를 첨가하여 일정한 시간동안 교반한 후 세척기에 쏟아 붓고 세척수를 도입하여 응집체(agglomerates)이외의 현탁물을 제거시켜 세척기 상부의 현탁액이 맑아졌을 때에

분리하여 회수하였다 세척기는 원뿔 부분의 높이가 약 50 mm인 깔대기에 직경이 약 76 mm이고 높이가 약 170 mm인 원통을 붙이고 원통의 중간 부분에 약 5 mm내径의 세척수 공급구를 접선으로 연결시켜 세척수가 cyclone분급기에서와 같이 움직이도록 아크릴로 제작하여 사용하였다. 응집체를 이루지 못한 현탁물과 기름은 물과 함께 세척기의 윗부분으로 넘치게 하여 받아지고 원뿔 부분의 spigot에서는 용액 분리기(solution separator)와 같은 방법으로 응집체를 분리시킬 수 있었다. 왜냐하면 무연탄 입자와 Bridging liquid가 형성한 COM은 교반이 끝나면 바로 응집되어 거의 한덩어리인 클보다 비중이 큰 응집체로 되기 때문에 세척기의 밑부분에 모이게 된다

회수된 무연탄은 진공펌프로 기름을 여과하여 dry oven에서 건조시키고 무게를 측정하여 회수율을 구하고, 완전 연소시켜 회분량을 산출하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

시료를 사분하여 분석한 결과인 table 1은 거의 가루 상태인 무연탄을 취하고 더욱 분쇄하여 사용된 것이지만 입도에 따른 성분의 차이가 없고 거의 균질하다고 할 수 있다. 그러므로 분탄이지만 325 mesh보다 더 작은 입자로 분쇄되어야만 단체 분리가 가능하며 건식에서는 분진의 발생과 연소로, 습식에서는 탈수의 어려움으로 일반적인 선별 방법은 적용이 어려울 것으로 판단된다.

Fig.1은 경유를 bridging liquid로 사용하였을 때 회

Table 1. Size analysis and chemical composition of the sample.

Size(mesh)	Weight(%)					
	Direct	Cumulative	Moisture	Volatile matter	Ash	Fixed carbon
-20~+30	1.31	1.31	3.2	4.9	29.6	62.7
-30~+50	7.95	9.26	3.1	5.0	29.0	62.9
-50~+70	8.76	18.02	3.4	4.7	28.4	63.5
-70~+100	6.74	24.76	3.9	4.8	30.0	61.3
-100~+140	15.56	40.32	3.9	4.2	26.1	65.8
-140~+200	15.45	55.77	3.6	4.8	27.8	63.8
-200~+230	7.30	63.07	3.5	4.3	30.6	61.6
-230~+270	7.25	70.32	3.5	4.8	31.3	60.4
-270~+325	9.76	80.08	3.6	4.7	30.8	60.9
-325	19.93	100.00	3.7	5.0	30.0	61.3

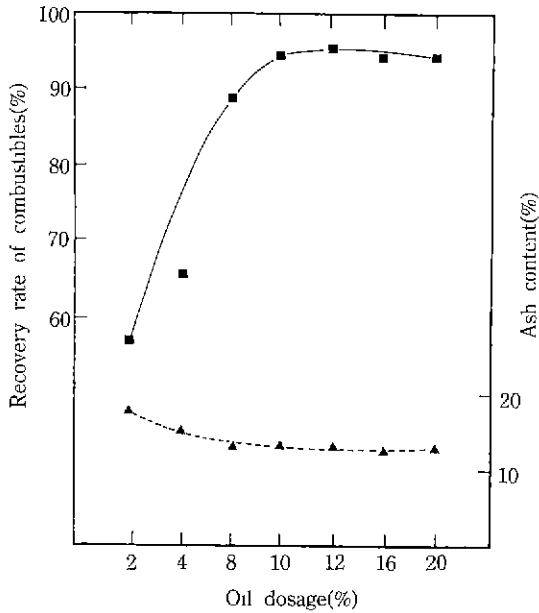


Fig. 1. Effect of diesel oil dosage rates on coal agglomerates.

Particle size : -325 mesh, Pulp density : 20%.
Mixingtime : 10 min, Impeller speed : 2500 rpm.

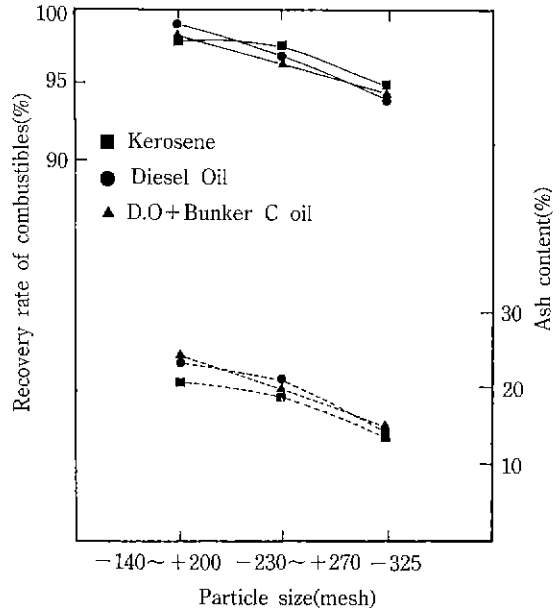


Fig. 2. Effect of various bridging liquids and particle size.

Oil dosage rates : 10%, Pulp density : 20%
Mixingtime : 10 min, Impeller speed : 2500 rpm.

수된 -325 mesh의 가연성 물질(무연탄)의 회수율과 회분 함량을 나타낸 것으로 경유의 첨가량이 증가함에 따라 회수율은 증가하여 시료의 약 10%일 때 약 95%의 회수율을 보이고 더 많은 기름량에 의해서는 오히려 회수율이 다소 낮은 결과를 보인다. 그리고 회수물의 회분함량은 기름의 양이 8%까지 증가함에 따라 상당한 감소를 보이나 8% 이상에서는 거의 일정하며 시료량의 80%가 COM(Coal Oil Mixture)으로 되어 분리될 수 있다고 하겠다.

본 실험에서 사용된 무연탄은 휘발 성분의 함량이 5% 미만으로 거의 토상흑연이라고 할 수 있으므로 물에 젖어 있어도 극성의 차이를 크게 나타내기 때문에 기름과 접촉만 이루어지면 쉽게 물을 치환하여 기름이 무연탄 입자 표면에 흡착됨은 당연하다고 하겠다. 따라서 emulsion상태의 기름이 무연탄 입자들을 둘러 싸고 이러한 입자들이 응집하면 점점 큰 공모양의 응집체를 만들게 된다. 그리고 무연탄을 함유한 응집체는 약간의 현탁물을 함유한 물보다 비중이 큰 상태가 될 수 밖에 없어 물속에서는 가라앉게 된다.

왜냐하면 diesel oil의 비중은 0.83⁷⁾이지만 graphite는 2.3⁸⁾이기 때문에 소량의 고체박에 함유하지 않은 물보

다는 비중이 크게 된다. 그러므로 약간의 무연탄만 함유하고 있는 기름은 가벼워서 물위에 뜨게 되어 흘러나가게 되지만 본 실험에서는 회수율에 큰 차이를 나타내지 않았다.

Fig. 2는 bridging liquid로 등유와 경유 그리고 중유를 각각 사용하였을 때 무연탄의 입도에 따른 선별 효과를 보인 것으로 회수율은 기름의 종류에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 입도에 따라 회분함량은 약간의 영향이 있음을 알 수 있다. 따라서 기름은 값이 싼 것을 이용하면 무방하리라 생각되고 입도를 가늘게 하면 회수율은 다소 낮아지나 회분의 함량은 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 3은 bridging liquid로 경유를 사용하였을 때 광액농도에 따른 영향을 보인 것으로 그림에서 보는 바와 같이 회수율과 회분 함량의 차이는 별로 크지 않으므로 광액의 농도는 약 30%가 적당하다고 할 수 있겠다.

Fig. 4는 impeller의 교반 속도(rpm)에 따른 영향을 보인 것으로 교반속도가 낮으면 회수율 및 선별효과가 극히 불량하고, 2500 rpm의 교반속도에서 최대의 효과를 보이며 2500 rpm 이상의 속도에서는 오히려 회수율이 감소되고 있다. 광액내의 무연탄 입자는 물분자들이 흡

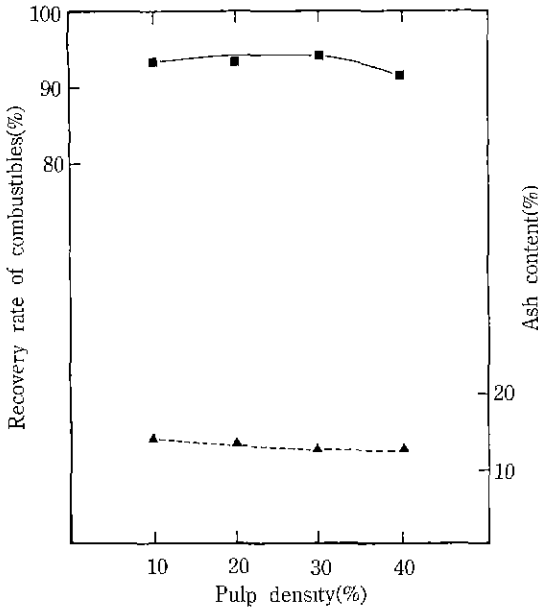


Fig. 3. Effect of Pulp density.
Bridging liquid : Diesel oil(10% added),
Mixing time : 10 min, Impeller speed : 2500 rpm.

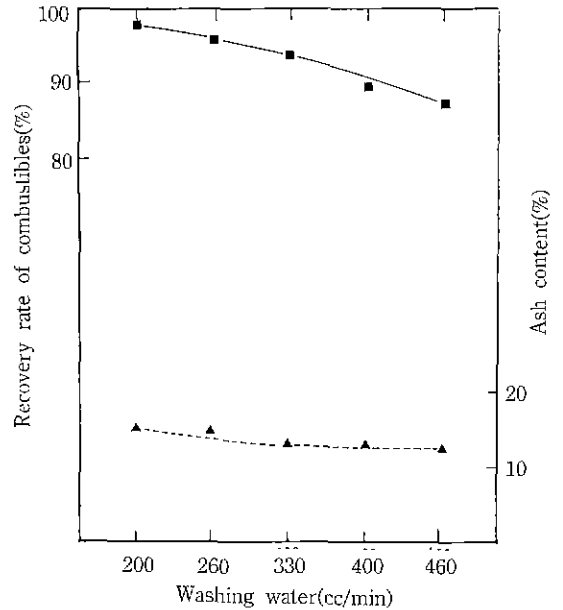


Fig. 5. Effect of the amount of washing water.
Bridging liquid : Diesel oil(10% added),
Pulp density : 30%, Mixing time : 10 min,
Impeller speed : 2500 rpm.

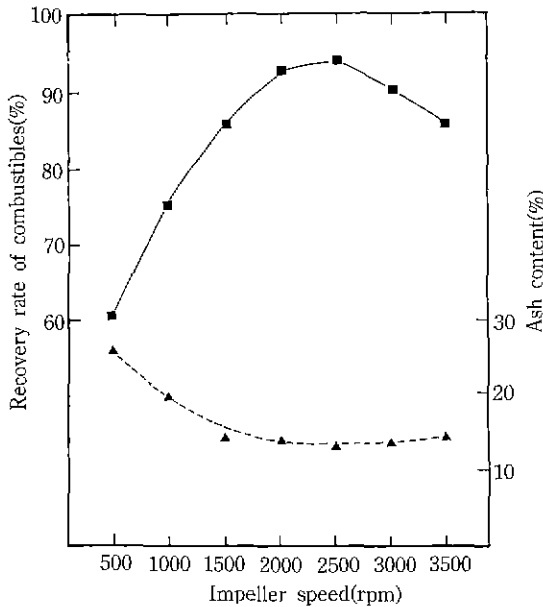


Fig. 4. Effect of impeller speed.
Bridging liquid : Diesel oil(10% added),
Pulp density : 30%, Mixing time : 10 min.

착되어 있는 상태이므로 무연탄 입자와 기름이 충분히 충돌되어야 oil agglomeration이 잘 이루어지겠으나 500

rpm 정도의 교반 속도로는 기름이 충분한 emulsion 상태가 되지 못하여 무연탄 입자가 기름과 접촉할 충분한 기회를 갖지 못한 결과로 약간의 무연탄을 함유한 기름과 응집되지 못한 무연탄이 유실되어 회수율이 낮고, 상대적으로 많은 회분을 함유한 무거운 입자들은 용기의 바닥에 가라앉았기 때문에 회분의 함유량이 높게 나타난 것으로 생각된다.

그러나 impeller의 속도가 증가되면 회수율과 회분 제거율이 높아져 2500 rpm에서 가장 좋은 효율을 나타내는데 이것은 기름이 emulsion 상태로 충분히 분산되기 때문으로 생각된다. 그러나 2500 rpm 이상의 교반속도에서 회수율이 다소 낮아진 것은 고속 교반으로 무연탄 입자가 더욱 분쇄되어 무연탄 입자의 비표면적이 증가된 결과로 흡착되는 기름량이 상대적으로 감소된 효과에 의한 것으로 보인다.

Fig. 5는 세척수량의 변화에 따른 회수율과 회분함유량을 알아본 것으로, 급수량의 증가에 따라 회분의 함유량도 다소 저하되지만 회수율이 낮아지고 있다. 이것은 급수량에 따라 물의 유속이 변화되므로 빠른 유속에서 응집체 표면의 입자가 분리되어 물과의 비중차이가 크지 않으므로 유실된 영향으로 생각된다. 그러므로 빠른 유

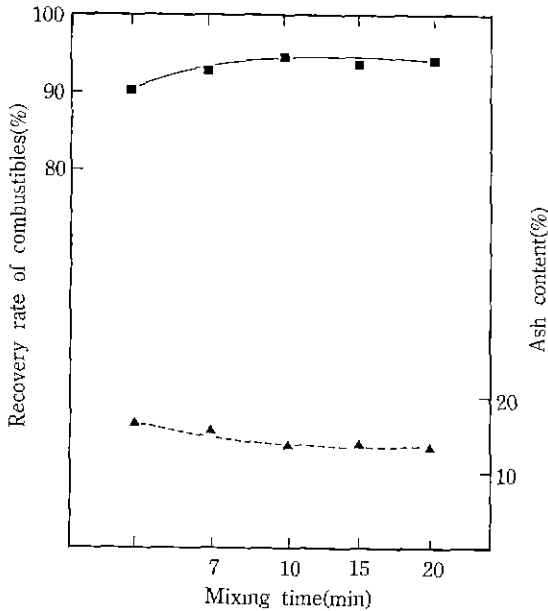


Fig. 6. Effect of mixing time.
Bridging liquid : Diesel oil(10% added),
Pulp density : 30%, Impeller speed : 2500 rpm.

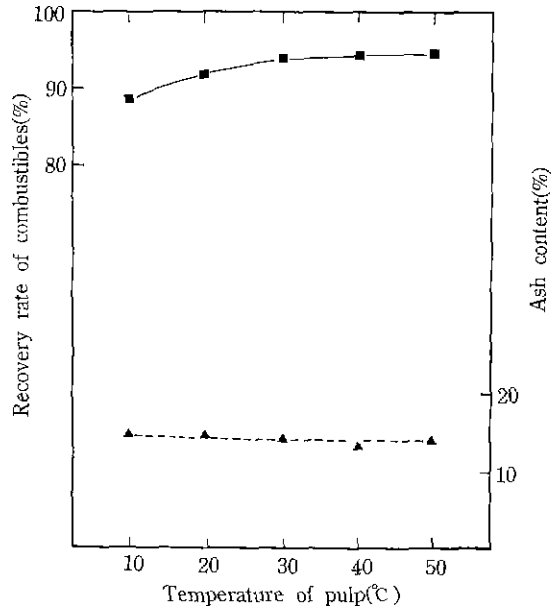


Fig. 7. Effect of the temperature of pulp.
Bridging liquid : Diesel oil(10% added),
Pulp density : 30%, Mixing time : 10 min,
Impeller speed : 2500 rpm.

속에 의한 세척은 바람직하지 않다고 하겠다.

Fig. 6,7은 각각 교반 시간과 온도의 영향에 따른 무연탄의 회수율과 회분 함량을 각각 알아본 것으로 교반시간은 impeller의 크기와 모양 등에 따라 차이가 있겠으나 본 실험에서 사용한 impeller로는 교반 시간은 약 10분 정도, 온도는 약 30°C 정도로 다소 높은 온도가 회수율을 높이며 측정값을 나타내지는 않았지만 용액의 pH값은 회수율 및 회분함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

4. 결 론

어룡탄광산 저질 무연탄 slurry를 Oil agglomeration process의해 탈수하는 실험으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 어룡 탄광산 분상 무연탄은 -325 mesh입도가 되어야 단체분리가 가능하다.
2. -325 mesh인 시료는 약 30%까지의 광액농도에서 시료량의 약 10%로 석유, 경유, 또는 중유와 회수율이 가장 높은 무연탄과 석유의 응집체(COM)를 형성한다.

3. 시료량의 약 80%를 COM으로 회수할 수 있으며 이때 형성된 COM은 물과의 비중차이로 분리되므로 탈수가 가능하다.
4. 충분한 교반이 요구되지만 너무 강한 교반은 기름의 소요량을 증가시킨다.
5. 가연성분의 회수율이 약 95%인 COM의 회분함량은 약 13.5%였다.

참 고 문 헌

1. T.C Rao, M. vanagamudi, and K Hanumantha, Rao : "Studies on the treatment of coal fines by oil agglomeration process", Transactions **272**, AIME, 1966-1970 (1982)
2. F.W. Meadus, G. Paillard, A.F. Sirianni and I.E. Puddington : "Fractionation of coking coals by spherical agglomeration methods", C.I.M. Bulletin, **61**, 736-738 (1968).
3. C.E. Capes and J.P. Sutherland : "Formation of spheres from finely divided solids in liquid suspension", I & EC Process design and development", **6**, 146-154

- (1967)
4. 黃基輝, 李東輝: “微粉炭의 脫水에 關한 研究”, 대한광산학회지, **11**(3), 167-177 (1974).
 5. 安在休, 金周煥: “低質無煙炭의 燃焼에 關한 研究(제1보)”, 대한광산학회지, **15**(1), 26-32 (1978).
 6. 최병우, 강성규, 김동찬: “구상응집법을 이용한 석탄의 회분제거”, 에너지 연구(여름), 45-58 (1982).
 7. 韓國石油開發公社: “石油專典”, **498** (1980).
 8. 玉齒文-, 富山小太郎: “岩波理化學辭典 第三版”, 岩波書店, 東京, **537** (1971)