

## 자력선별법에 의한 석탄의 탈황

전 호 석 · 이 재 장

### COAL DESULFURIZATION BY MAGNETIC SEPARATION METHODS

Ho-Seok Jeon · Jae-Jang Lee

#### ABSTRACT

Under the new environmental regulations announced by the government, utilities will have to cut their sulfur dioxide emissions by 60% from 1991 levels by the year of 1999. Sulfur dioxide emissions can be reduced prior to combustion by physical, chemical or biological coal cleaning. The new technology of high gradient magnetic separation (HGMS) offers the potential of economic separations of a variety of fine, weakly magnetic minerals including inorganic sulfur and many ash-forming minerals from coals.

In the present paper, magnetic separation tests have been conducted on Korean anthracite and high-sulfur Chinese coal to investigate the feasibility of these techniques for reducing sulfur content from coals. In wet magnetic separation, the studied operating parameters include particle size, pH, matrix types, feed solids content, feed rate, number of cleaning stages and etc.. The results shows that for wet separation, 60~70% of total sulfur was removed from coals with over 80% combustible recovery, on the other hand, for dry separation, 47.6% of total sulfur was removed from coals with 75% recovery.

#### 1. 서 론

석탄중에는 점토광물이나 황철석 등의 여러 가지 불순물이 들어있어 양질의 정탄을 생산하기 위해서는 이들 불순물을 제거해야한다. 순수한 석탄은 약  $-0.5 \times 10^{-6}$  emu/gm의 값을 갖는 반자성체이지만 석탄

내의 불순물은 약자성을 띄므로 자력선별법에 의하여 분리가 가능하다. Trindade는 순수한 황철석을 예비처리과정을 거쳐 자 황철석으로 바꾸면 자선법에 의하여 효과적으로 제거할 수 있다고 보고하였다<sup>1)</sup>. Kester는 자선법에 의하여 황함량이 2.34%인 석탄으로부터 0.37%까지 제거하였다<sup>2)</sup>. Eurgun과 Bean은 원탄의 황함량이 6.24%인 것을 2.45%까지 제거하였음을 발표하였다<sup>3)</sup>.

본 연구에서는 고구배 습식 및 롤형 건

한국자원연구소 자원활용소재연구부

\* 강원대학교 자원공학과 교수

식자력선별기를 이용하여 석탄에 대한 연소전 탈황 가능성을 관찰하였다. 습식자력선별 실험에서는 입도의 크기, pH 변화, matrix 종류, 광액의 농도, 급광속도, 정선횟수 그리고 탄중등을 그리고 건식자력선별 실험에서는 입도의 크기에 대한 기초실험을 통하여, 최적조건을 확립하고 각 실험변수가 자력선별 실험에 영향을 미치는 원인을 규명하였다.

## 2. 시료 및 실험방법

### 2.1 시 료

본 실험에 사용된 석탄시료는 영동화력 발전소에 공급되는 강릉탄전 저품위 무연탄과 삼탄 및 중국 무연탄으로 이에대한

Table 1. Magnetic susceptibilities of some components of coal.

Compounds	Mass magnetic susceptibility 10 <sup>6</sup> CGS units (emu/gm)
Siderite (powdered), FeCO <sub>3</sub>	331.45
Limonite, 2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 7H <sub>2</sub> O	57.00
Ferrous sulfate, FeSO <sub>4</sub>	74.2
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	41.5
Ferric sulfate, Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	57.3
Shale	39~45
Sandstone	15.1~20.0
Clay	20.0
Limestone	3.8
Calcite, CaCO <sub>3</sub>	0.75
Calcium sulfate, CaSO <sub>4</sub>	-0.36
CaSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	-0.38
Aluminum sulfate, Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	-0.48
Magnesium sulfate, MaSO <sub>4</sub>	-0.45
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	-0.551
Pyrite (unaltered FeS <sub>2</sub> )	0.3
Pyrrhotite (FeS <sub>1.14</sub> )	2800
Pure Coal	-0.4~-0.8

공업분석 결과는 Table 2와 같다. 영동화력발전소 석탄시료는 습식자력선별 실험에서 최적 실험조건을 얻기위한 여러가지 조건변화 실험에 사용 하였으며, 삼탄 및 중국석탄 시료는 예비실험에서 얻어진 최적 실험조건에서 석탄 종류에 따른 습식자력선별에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 사용한 것이다. 그리고 건식 고구배자력선별 실험에는 삼탄 시료를 적용하여 탈황 및 탈회에 대한 기초실험을 하였다.

Table 2. Proximate analysis of coal samples used for magnetic separation tests.

Samples	Ash (%)	V.M (%)	F.C(%)	S(%)
Youngdong	71.3	6.9	21.0	1.25
Samchuck	52.9	4.5	42.6	2.28
China	33.5	15.6	50.6	3.12

시료의 공업분석결과 영동화력 발전소용 국내무연탄 시료는 회분함량과 휘발분 함량이 각각 71.3%와 6.9%로 고정탄소는 21.0% 밖에 되지않아 저급 석탄임을 알 수 있다. 또한 황분 함량도 1.25%로 삼탄 및 중국석탄보다는 낮지만 국내에서 생산되는 일반 석탄보다는 비교적 높은것을 알 수 있다. 삼탄 및 중국석탄 시료는 회분함량이 각각 52.9%와 33.5% 그리고 휘발분 함량이 각각 4.5%와 15.6%로 고정탄소가 42.6% 및 50.6%로 영동화력 발전소용 석탄시료보다 품위가 높지만, 황분 함량은 삼탄 2.28%, 중국석탄 3.12%로 매우높아 원탄을 사전 처리하지 않고 발전용이나 산업용 등으로 사용하기에는 부적합한 것으로 사료된다.

### 2.2 실험방법

본 실험중 습식자력선별 실험에 사용된 실

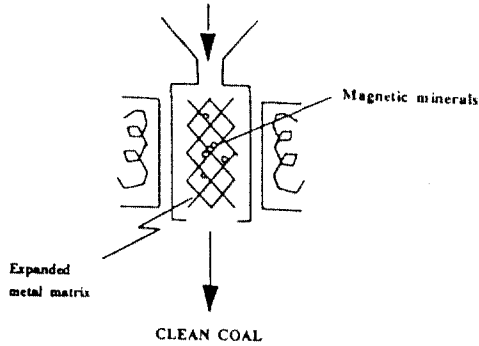


Fig. 1. Wet high intensity magnetic separator.

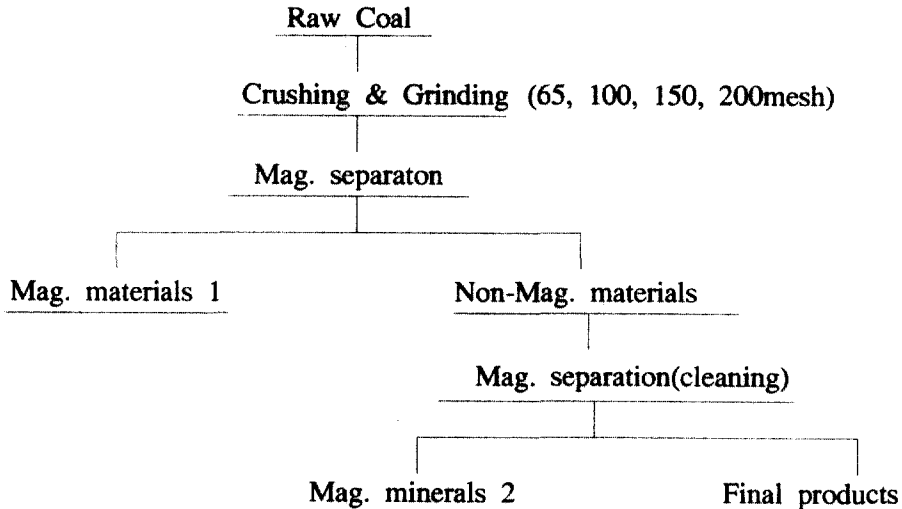


Fig. 2. Flowsheet of wet magnetic seperation

험기기는 미국 Eriez Magnetics Co.의 Model L-4로 Fig. 1과 같다. 그림에서와 같이 중심 matrix 양측에 자장을 걸어, matrix 상단에서 하단으로 통과되는 광물들중 자성 산물만을 제거하는 것으로, 본 자력선별기는 2.0 Tesla 까지 자장의 세기를 낼수있다. 이때 matrix는 실험에 사용되는 광물의 종류 및 입도크기에 따라 또는 자성의 강도에 따라 wool이나 ball 그리고 screen 으로 교체 사용할 수 있다. 본 실험에서는 matrix의 종류에 따른 변화실험 이외에는

ball을 사용하여 조건변화 실험을 수행하였다.

Fig. 2는 습식자력선별 실험에 대한 실험계통도를 나타낸 것으로서, 먼저 파분쇄를 거쳐 목적인 입도로 만든다음 일정한 광액의 농도가 되도록 하였다. 광액은 자력선별기의 상단에 위치한 광액탱크에 넣고 일정한 속도로 교반하여 광물들이 비중에의해 침전되는 것을 방지하였다. 교반후 자력선별기에 자장을 걸고 matrix의 하단에 위치한 밸브를 열어 일정한 양의

광액이 matrix를 통과하게 하였으며, 광액이 matrix를 모두 통과한 후 자장을 끊고 세척수를 이용하여 matrix에 부착된 자성 산물들을 회수하여 건조 및 무게를 달아 분석하였다.

Fig. 3은 건식자력선별 실험에 사용된 High-Force Magnetic Separator 이며, 본 기기는 International Process Systems (INPROSYS)사에서 제작된 것이다. 본 실험기기의 특징은 자성을 띄는 roll이

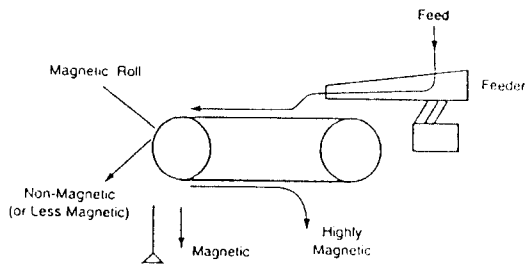


Fig. 3. Roll type magnetic separator used in dry magnetic separation.

Nd-Fe-B의 희토류 합금으로 제조된 영구 자석으로 이루어져 있으며, 22,000 gauss의 자장 세기를 갖고있다. 자성을 띄는 roll과 자성을 띄지않는 roll(idler roll)의 직경과 폭은 각각 100mm와 200mm로 이루어져 있고 roll과 roll 사이는 내구성을 향상시킨 graphite-impregnated로 제조된 belt로 연

선별처리 효율을 높였다.

Fig. 4는 건식자력선별 실험 계통도를 나타낸 것이다. 먼저 시료를 파분쇄하여 4×12mesh와 -12mesh로 만든다음 각 입도 별로 자선분리 실험을 하였다.

계통도 에서처럼 4×12mesh 입도는 자력선별기를 이용하여 자성산물 1과 비자성산물 1로 분리하여 자성산물 1은 테일링으로 처리하고 비자성산물 1은 2차 자력선별 실험을 실시하여 자성산물 2와 비자성산물 2로 회수 하였다. 이때 얻어진 비자성산물 2를 분석하여 4×12mesh 입도에 대한 자력선별실험 특성을 조사하였다. 그리고 -12mesh 입도도 4×12mesh 입도와 같은 방법으로 실험하여 자성산물 3과 비자성산물 3을 분리한후, 비자성산물 3은 2차 자력선별 실험을 거쳐 자성산물 4와 비자성산물 4를 회

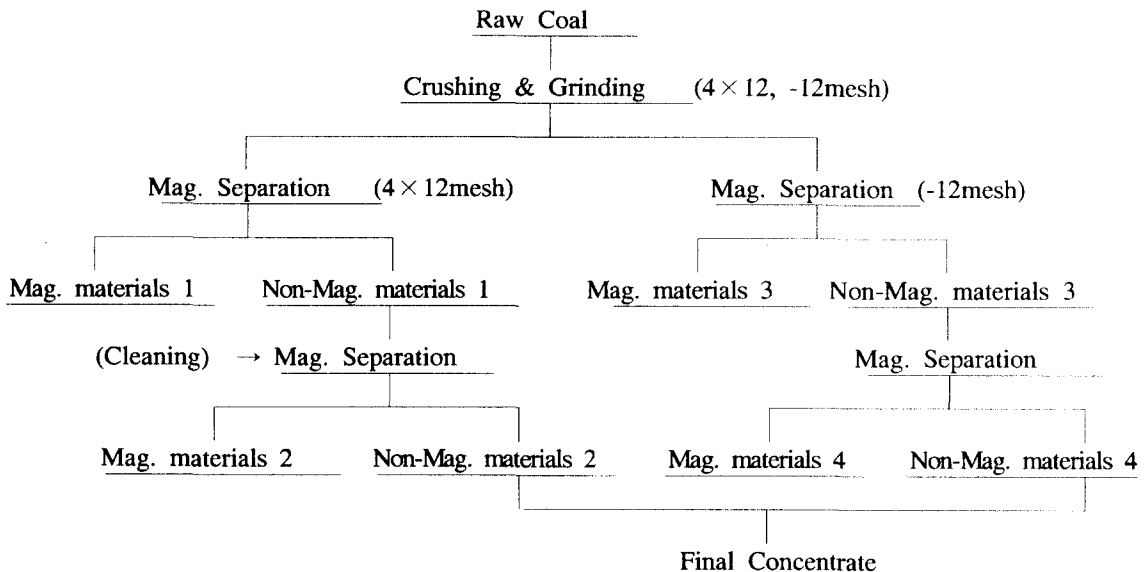


Fig. 4. Flowsheet of dry Magnetic separation

결되어 있다.

본 자력선별기의 또다른 장점은 급광되는 지점에 Ionizer system이 설치되어 미립자들간의 응집을 방지하므로서 미립자의

수 하였다. 시료 전체에 대한 최종결과는 4×12mesh 입도와 -12mesh 입도의 자력선별 실험에서 얻은 비자성산물 2와 4를 합하여 최종산물로 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 습식자력선별

Fig. 5는 matrix로 ball을 사용한 습식자력 선별 실험에서 입도변화에 따른 석탄회수율과 황분 제거율의 관계를 나타낸 것이다. 실험결과 황분 제거율은 65mesh 이하의 입도가 54.4%로 가장 높으며, 이보다 입도가

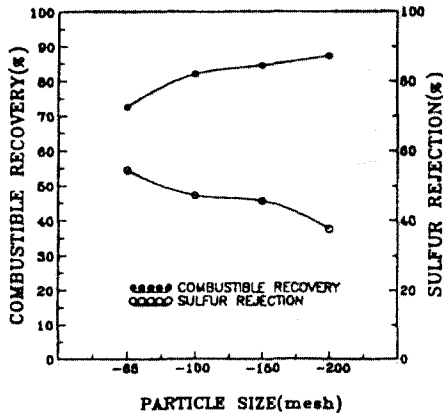


Fig. 5. The effect of particle size on combustible recovery and sulfur rejection in the wet magnetic separation.

작아지면 점차 감소되어 200mesh에서는 37.6%로 65mesh 입도에 비해 16.8%나 낮다. 그러나 이와반대로 석탄회수율은 65mesh 입도에서 72.54%로 가장 낮으며, 입도가 작아질수록 증가되어 200mesh 입도에서는 87.32%로 가장 높아 65mesh 입도보다 14.78%나 높다.

이와같이 시료의 입도가 석탄회수율과 황분제거율에 영향을 미치는 이유는, 시료의 입도크기에 따른 단체분리도와 matrix에 의해 그리고 입도크기에 따라 입자가 자장부위에서 작용하는 자력의 세기가 다르기 때문이다. 즉, 입도가 크면 단체분리가 잘 이루어지지 않아 단체분리가 안된 석탄이 자성산물과 함께 matrix에 걸리게되며, 또한

큰 입자일수록 비선택적으로 matrix에 걸릴 수 있는 확율이 크기 때문에 석탄회수율은 낮은 것이다. 그러나 입도가 작을수록 단체분리가 잘 이루어져 matrix 부위에 석탄의 비선택적인 걸림이 적어지나 입자가 작아지므로 자성산물이 자장부위에서 작용하는 자력의 강도가 감소되어 황분제거율은 감소되는 것이다. 실험결과 황분제거만을 목적으로 하면 -65mesh 입도가 효과적이나, 본 실험에서는 석탄회수율도 고려하여 -100mesh 입도를 최적 조건으로 하였다.

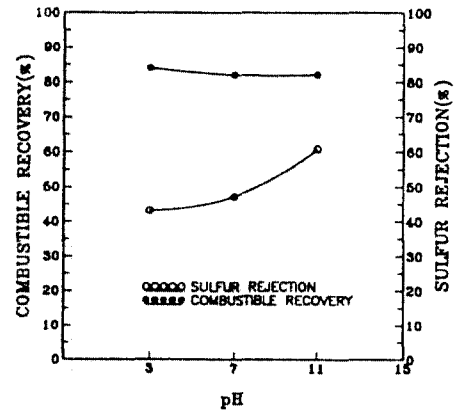


Fig. 6. The effect of pH on combustible recovery and sulfur rejection in the wet magnetic separation.

Fig. 6은 광액의 pH 변화가 습식자력선별 실험결과에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 pH를 3에서 11까지 변화할 때 이들의 변화가 석탄회수율 및 황분 제거에 미치는 결과를 나타낸 것으로, 본 실험에 적용된 시료의 입도는 입도변화 실험에서 최적조건으로 확인된 -100mesh로 하였다.

실험결과 pH 변화에 따른 석탄회수율은 강산성 역인 pH 3에서 84.10%로 가장 높고 pH가 증가할수록 미미한 감소를보여, 강알칼리성 영역인 pH 11에서는 82.11%를 갖지만 뚜렷한 변화는 나타내지 않는다. 반면 황분 제거율은 pH 3에서 43.2% 이던것이

pH가 증가함에 따라 크게 증가되어 pH 11 에서는 60.8%로 pH 3일때보다 약 17.6% 정도 향상 되었다.

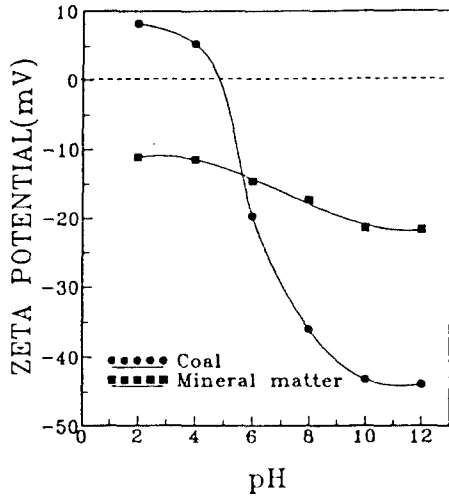


Fig. 7. Zeta potential of domestic coal and mineral matters as a function of pH obtained from the Korea anthracite.

이와같이 광액의 pH가 석탄시료중 황분 제거율 및 기타 맥석물의 제거에 영향을 미치는 이유는, 석탄과 기타 맥석물들간의 전기적 영향에 따른 분산 및 응집특성 때문으로 생각된다. 즉, Fig. 7 에서처럼 일반적으로 국내 무연탄은 등전점 pH 4-5를 기점으로 이보다 낮은 pH 영역에서는 양(+)으로 그리고 이보다 높은 pH 영역에서는 음(-)으로 하전되지만, 맥석물(mineral matters)은 전 pH 영역에서 음으로 하전되어, 등전점 이하의 산성영역에서는 석탄과 맥석물간의 전기적 응집현상이 나타나고 이보다 높은 알카리 영역에서는 분산이 증가되어 미립 석탄입자의 습식자력선별에 영향을 미쳤기 때문이다. 그리고 pH 7보다 pH 11이 자력선별에 효과적인 이유는 pH 11이 석탄과 맥석물들간의 표면전위 값의 차이가 크기 때문에 보다 효과적인 분산이 이루어졌기 때문이다.

pH 변화에 따른 실험결과 알카리 영역인 pH 11에서 뚜렷한 석탄회수율의 감소없이

황분 제거율이 가장높지만, 강알카리 영역에서의 선별처리시 야기될 수 있는 환경문제와 pH 조절제의 사용에 따른 처리비용을 감안하여, 본 연구에서는 중성영역인 pH 7 에서 대부분의 실험을 수행 하였다.

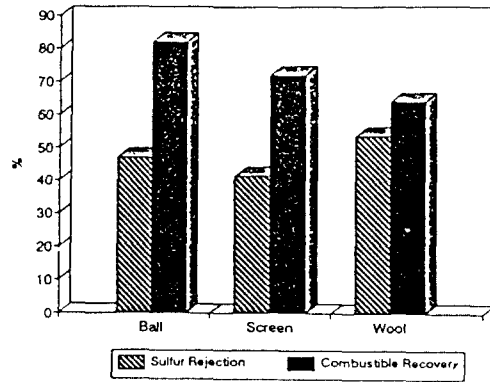


Fig. 8. The effect of Matrix types on combustible recovery and sulfur rejection in the wet magnetic separation.

Fig. 8은 matrix 종류에 따른 석탄회수율과 황분제거율의 관계를 나타낸 것이다. 실험결과 matrix로 ball을 사용한 경우 석탄회수율과 황분 제거율은 각각 82.06%와 47.20%를, screen은 72.01%와 41.60%를 그리고 wool은 각각 64.15%와 53.60%를 나타내어, 석탄회수율은 ball을 사용한 경우가 가장높고 황분 제거율은 wool을 사용한 경우가 가장높은것을 알 수 있다. Ball과 screen을 사용한 실험결과를 비교해보면 ball의 경우가 석탄회수율과 황분제거율 모두에 있어서 각각 10.05%와 5.6% 가량 더 높아 ball이 screen보다 matrix의 media로서 효과적임을 알 수 있다. 또한 ball과 wool의 비교에서는 황분제거율은 wool이 6.4% 가량 높지만 석탄회수율은 이와반대로 16.91%나 낮아 전반적인 선별효율을 고려하때 ball이 wool보다 효과적임을 알 수 있다. 그리고 wool을 matrix의 media로 사용할 경우 실험도중 잦은 matrix의 packing 현상과 자장을 끊은 상태에서도 자성산물의

제거가 효과적이지 못하였다.

Screen을 matrix로 사용할 경우 석탄회수율이 낮은 이유는 미미한 자성을 띄는 pyrite 등이 광액의 유속에너지 때문에 screen에 부착되지 못하고 matrix를 통과하기 때문이며, 낮은 석탄회수율은 screen 안쪽하단에 비선택적으로 석탄이 packing되기 때문이다. 그리고 wool의 경우 자장산물들이 wool에 부착되기는 용이하나 단체분리가 않된 입자나 또는 wool에 부착된 자성산물들에 의해 석탄입자들이 wool에 쉽게 걸리기 때문이다.

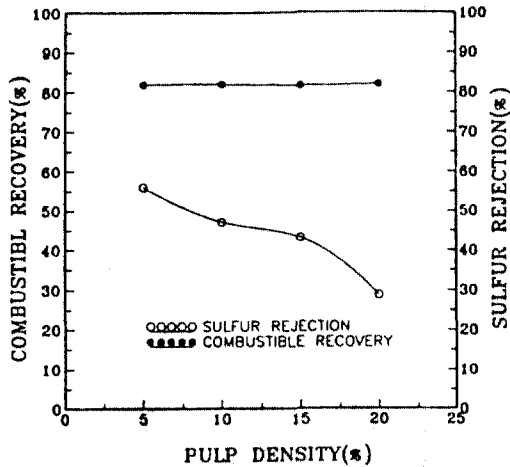


Fig. 9. The effect of pulp density on combustible recovery and sulfur rejection in the wet magnetic separation

Fig. 9는 습식자력선별 실험에서 광액의 농도변화가 석탄회수율과 황분 제거율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여, 광액의 농도를 5% solids 까지 변화하면서 실험한 결과이다. 실험결과 광액의농도 5%에서 20%까지에서는 석탄회수율이 81.91%에서 82.01%로 큰 변화가 없으나, 황분제거율은 56.0%에서 28.01%로 27.2%의 큰 감소율을 갖는다. 특히, 5%에서 10%까지 그리고 15%에서 20% 영역에서 황분제거율의 감소폭이 크며, 10%에서 15%에서는 각각 47.2%와 43.2%로 황분제거율의 감소폭이 약 4%로

다소 낮은 특성을 보인다.

이와같이 광액농도가 증가함에 따라 황분제거율의 감소가 큰 이유는, 높은 고체농도에 의해 무기황분의 주를 이루고있는 pyrite와 자장이 걸려있는 matrix ball과의 충돌 가능성이 입자들의 간섭에 의해 크게 줄어들었기 때문이다. 또한 높은 광액의 농도는 matrix ball 주위에서 자성산물들의 효과적인 이동에 방해줄을 주기 때문에 자성산물들이 자장에 부착되지 못하고 석탄입자들과 함께 통과되기 때문이다.

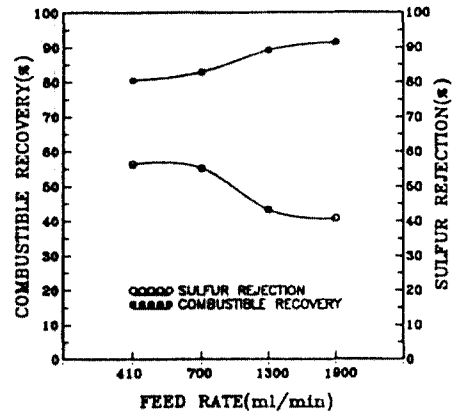


Fig. 10. The effect of feed rate on combustible recovery and sulfur rejection in the wet magnetic separation.

Fig. 10은 광액의 급광량이 석탄회수율과 황분제거율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 광액의 농도를 410ml/min. 에서 1900ml/min. 까지 변화하며 실험한 결과이다. 이때 실험조건은 시료입도; -100mesh, 광액의 pH; 7, matrix 종류; ball 그리고 광액의 농도는 전 실험에서 최적조건으로 확인된 5% solids로 하였다. 그림에서 보는바와같이, 광액의 급광량에 따른 석탄회수율은 410ml/min. 에서 80.57% 이던것이 광액의 급광량이 증가함에 따라 점차 증가하여 1900ml/min. 에서는 91.48%로 410ml/min. 일때보다 약 10.91%나 증가되었다. 그러나 황분제거율은 이와반대로 700ml/min.까지는

뚜렷한 변화를 보이지 않으나 이보다 급광량이 증가하면 크게 감소되어 1900ml/min.에서는 40.8%로 700ml/min. 일때의 55.2%보다 약 10.4%나 감소함을 알 수 있다.

이와같이 700ml/min. 이상의 급광량에서 석탄회수율은 증가하나 황분제거율이 크게 감소하는 이유는, 급광량이 증가되면서 자장이 걸려있는 matrix 속으로 광액의 통과하는 속도가 빨라졌기 때문이다. 즉, matrix 내에서 광액의 통과속도가 빨라지게 되면 pyrite와 같은 약자성체 광물들은 큰 광액의 유속에 의해 matrix media(ball)에 부착되기 어려워지며 또한 부착된다 할지라도 쉽게 탈리되어 자장밖으로 석탄시료와 함께 배출되기 때문이다. 이로인하여 단체분리가 되지않은 입자는 대부분 비자성산물로 회수되어 석탄회수율도 증가하게 되는 것이다. 실험결과를 종합해보면 급광량 변화에 따른 실험결과 최적조건은 황분제거율의 감소가 크지않으면서 비교적 석탄회수율이 높은 700ml/min.이 가장효과적임을 알 수 있다.

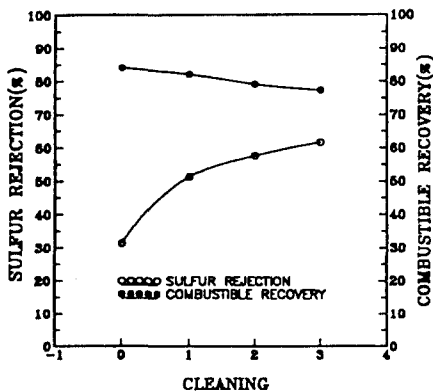


Fig. 11. The effect of cleaning on combustible recovery and sulfur rejection in the wet magnetic separation.

Fig. 11은 습식자력선별법을 이용하여 석탄으로부터 황분제거를 위해 정선히수에 따른 실험결과를 나타낸 것이다. 실험결과

과 앞에서 설명된 바와같이 정선을 하지않은 경우 석탄회수율은 84.10%로 가장높지만 정선히수가 증가함에 따라 점차 감소되어 정선히수가 3회 에서는 77.33% 까지 감소하게 된다. 이와같이 정선히수가 증가될수록 석탄회수율이 감소하는 것은 단체분리가 않된 산물들이 자성산물로 제거된 이유도 있지만 matrix에 석탄 입자들이 packing 되어 자성산물과 함께 처리되었기 때문이다. 정선히수의 증가에 따른 황분제거율은 매우 변화가 큰것을 알 수 있다. 즉, 정선을 하지않았을 경우 황분제거율은 31.2%로 비교적 낮지만 정선히수가 증가할수록 점차 증가하여 정선히수 3회 에서는 61.6%로 정선을 하지않았을때 보다 무려 30.4%나 증가를 갖는다.

이때 가장큰 황분 제거율의 변화를 갖는 정선히수는 1회로 정선을 하지않았을때 30.2%에서 51.2%로 1회 정선히수로 약 19.0%의 황분제거율을 갖는다.

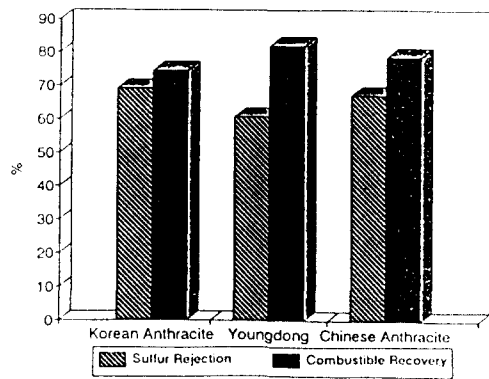


Fig. 12. Results from wet magnetic separation tests using three different coal sample.

정선히수 2회나 혹은 3회가 좋은 선별효율을 갖으나 정선히수가 증가하면 처리용량의 감소와 처리비용의 증가등 부수적인 단점이 있으므로, 본 실험에서는 석탄회수율과 황분제거율 값에 있어서 큰 차이를



갖지않는 정선횟수 2회를 최적조건으로 하였다. Fig. 12는 앞의 조건변화 실험에서 최적조건으로 확인된 광액의 농도: 5% solids, feed rate; 700ml/min., 입도; -100mesh, 정선횟수; 2 그리고 ball을 matrix의 media로 사용한 실험조건에서 삼척탄좌, 영동화력 그리고 중국산 고풍분 석탄시료에 대한 습식자력선별 실험결과를 나타낸 것이다. 앞서 언급하였듯이 본 실험에 사용된 시료의 공업 및 화학분석 결과는 Table 2에 나타나 있다.

실험결과 Fig. 12에서 처럼 삼탄시료는 황분제거율 69.3% 석탄회수율 74.61%를 얻었으며, 영동화력발전소용 시료는 황분제거율 60.8% 석탄회수율 82.06%를 그리고 중국시료는 황분제거율 67.3% 석탄회수율 78.73%를 나타내어 산지별 조성차이에 따라 습식자력선별 실험결과가 크게 다른것을 알 수 있다. 산지에 따른 최고의 황분제거율은 삼척탄좌 시료가 그리고 최저는 영동화력발전소용 시료이지만, 이와반대로 석탄회수율은 영동화력발전소가 가장높고 삼탄시료가 가장낮아 황분제거율의 많고적음이 석탄회수율에 영향을 미치게 됨을 알 수 있다. 이와같이 산지별 석탄시료가 황분제거율이나 석탄회수율에 영향을 미치는 이유는, 황분을 이루고있는 pyrite의 광물학적 특성차이 즉, 자성강도에 미치는 영향과 각 시료들의 단체분리도의 차이 때문으로 사료된다.

### 3.2 건식자력선별

본 실험에 사용된 석탄시료는 삼척탄좌 정암광업소에서 채취된 것으로 실험방법은 앞에서 설명된 바와같이 4×12mesh 입도와 -12mesh 입도를 각각 분리하여 건식자력선별 실험을 한다음 이들 각각에 대한 실험결과를 산출하고, 두 결과를 합하여 실험 평균값을 구하였다.

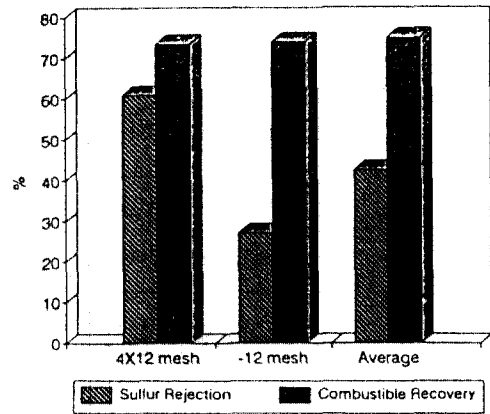


Fig. 13. Results from dry magnetic separation tests using different size fractions of Samchuck coal sample.

Fig. 13은 건식자력선별 실험결과를 나타낸 것이며 Table 3은 4×12mesh 와 -12mesh

Table 3. Result on dry magnetic separation tests using different size fractions (4×12mesh, -12mesh) of Samchuck coal sample.

Size (mesh)	Products	wt. %	Concentrate Products of Magnetic Separator (%)				Combustible Recovery (%)
			Ash	S	Sulfur Σ (%)	Sulfur Rejection (%)	
4 × 12	Mags1	17.61	72.91	7.96	2.84	0	100
	Mags2	11.31	71.30	4.68	1.74	38.73	87.01
	Mags3	5.31	68.29	3.23	1.27	55.28	78.17
	N-Mags	65.78	58.99	1.11	1.11	60.92	73.57
	Total	100.00	63.33	2.84			
-12	Mags1	16.67	56.60	3.19	1.99	0	100
	Mags2	6.81	54.54	3.66	1.75	12.06	86.42
	Mags3	5.69	52.30	3.22	1.58	20.60	80.63
	N-Mags	70.83	43.15	1.45	1.45	27.14	75.53
	Total	100.00	46.69	1.99			

#### 4. 결 론

Table 4. Result on total average value of size fraction in dry magnetic separation tests of Samchuck coal sample.

Results Products	wt.(%)	Analysis of products				Combustible Recover (%)
		Ash(%)	Sulfur (%)	Sulfur $\Sigma$ (%)	Sulfur Rejection (%)	
Mags1	17.02	62.91	5.05	2.30	0	100
Mags2	8.49	62.88	4.19	1.74	24.35	86.57
Mags3	5.55	58.00	3.22	1.46	36.52	79.88
N-Mags	68.94	48.80	1.32	1.32	42.61	74.94
Total	100.00	52.90	2.30			

입단에 대한 각 산물별 분석결과를 나타낸 표이다. 그리고 Table 4는 Table 3에서 얻은 입단별 실험결과를 각 산물별로 평균하여 전체에 대한 평균값을 나타낸 것이다.

실험결과 4×12mesh 입도에서는 황분제거율 60.9% 석탄회수율 73.6%로 비교적 좋은 결과를 얻었으나, -12mesh 입단에서는 황분제거율 27.2% 그리고 석탄회수율 75.8%의 결과를 얻어 입도의 크기가 본 자력선별실험에 매우 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 그리고 4×12mesh 입단과 -12mesh 입단 시료에 대한 전체 평균값은 황분제거율 42.6% 그리고 석탄회수율 74.94%를 얻었다. 실험결과를 분석해 보면 입도의 크기가 건식자력선별 실험에 큰 영향을 미치게 됨으로 가능한한 파분쇄 과정에서 미립화가 이루어지지 않도록 하고, 최적입도 범위의 산물이 많이 생성되도록 분쇄과정을 조절하는것이 매우 중요하다.

습식 및 건식 자력선별을 이용한 석탄의 탈황실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 영동화력발전용 석탄시료에 대한 습식 자력선별 실험에서 시료의 최적 입도는 -100mesh로 이보다 입자가 커지면 황분제거율은 증가하나 석탄회수율이 감소하며, 이보다 입자가 작아지면 석탄회수율은 증가하나 황분제거율이 크게 감소한다. 그리고 광액의 pH는 알카리 영역으로 갈수록 황분제거율이 증가하는데, 이는 석탄과 맥석물들간의 전기적 성질의 차이에 따른 분산정도가 증가되었기 때문이다.

2. Matrix로 ball, screen 그리고 wool을 사용한 실험결과 ball이 matrix의 media로 가장 효과적이며, wool의 경우는 황분제거율이 ball 보다 다소 높으나 석탄회수율이 크게 떨어져 바람직하지 못한것을 알수있다. 또한 본 실험 조건에서 광액의 농도는 5%solids가 가장효과적으로 이보다 농도가 증가하면 석탄회수율에는 큰 영향을 미치지 않으나 황분제거율이 크게 감소한다.

3. 광액의 급광량 속도(flow rate) 변화실험에서 최적조건은 700ml/min.으로, 이보다 급광량이 증가하면 광액이 자장부위를 통과하는 속도가 빨라져 석탄회수율은 증가하나 황분제거율은 감소하며, 이보다 급광량이 적으면 석탄회수율과 황분제거율 모두에 거의 영향은 미치지 않으나 시간당 처리량이 감소되어 효과적이지 못하다. 그리고 최적 정선횟수는 2회로 이때 석탄회수율 및 황분제거율은 각각 82.06%와 60.80%를 나타내었다.

4. 최적실험 조건에서 탄종에 따른 실험결과 황분제거율은 삼탄시료가 69.3%로 가장높고 다음 중국시료가 67.3% 그리고 영동시료가 60.8%이며, 석탄회수율은 이와반대로 영동화력 시료가 82.06%, 중국시료가 78.73% 그리고 삼탄시료가 74.61% 순으로 석탄회수율과 황분제거율은 서로 반대의

결과를 갖는다.

5. 삼탄시료에 대한 건식고구배 자력선별 실험결과 석탄회수율 및 황분제거율은  $4 \times 12\text{mesh}$  입도가 73.57%와 60.92%, 그리고  $-12\text{mesh}$  입도가 75.53%와 27.14%로  $4 \times 12\text{mesh}$  입도가  $-12\text{mesh}$  입도보다 황분제거에 있어서 매우효과적임을 알수있어, 입도가 건식고구배자력선별 실험에 매우 중요한 영향을 미치는것을 알 수 있다. 그리고  $4 \times 12\text{mesh}$ 와  $-12\text{mesh}$  시료 전체에 대한 석탄회수율과 황분제거율은 74.94% 및 42.61%의 결과를 갖는다.

Korea-U.S.A. Joint Workshop on Coal Utilization Technology, San Francisco, U.S.A., October 19-24, 1992.

### 참 고 문 헌

- [1] S. Trindadede, "*Studies of the Magnetic Demineralization of Coal*", Ph. D. Thesis, M. I. T., 1973.
- [2] S. Ergun and E. H. Bean, "*Magnetic Separation of Pyrite from Coals*", RIP #7181 U. S. Bureau of Mines, Pittsburgh, September 1968.
- [3] 3. W. M. Kester, J. W. Leonard and E. B. Wilson, "*Reduction of Sulfur from Steam Coals by Magnetic Methods*", Min. Congress J., 54, July 1967.
- [4] 4. D. A. Butcher and N. A. Rowson, "*Desulfurization of Coal in Intensified Magnetic, Electrostatic and Gravitational Fields*", Proceedings of the 12th International Coal Preparation Congress, May 23-27, 1994.
- [5] 5. W. Z. Choi, J. I. Yang, H. S. Chung and S. B. Kim, "*Recent Advances in Fine Coal Cleaning*", Proceedings of Ninth