

Microbubble Column에 의한 鱗狀黑鉛의 浮選에 관한 研究[†]

*韓五炯 · 姜現皓

朝鮮大學校 資源工學科

A study on Flotation of Crystalline Graphite by Microbubble Column[†]

*Oh Hyung Han and Hyun Ho Kang

Department of Resource Engineering, Chosun University

요 약

국내 흑연광의 총 매장량은 약 260만 톤 정도이지만, 국제경쟁력을 가지지 못해 현재는 일부 광산에서만 채광하고 있다. 그러나 최근 휴대용 전자제품의 수요가 증가함에 따라 2차 전지의 전극에 사용되는 고순도의 흑연을 전량 고가로 수입에 의존하고 있어, 고순도 흑연의 국산화를 위한 연구가 필요한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 고순도 흑연을 생산하기 위한 전처리 단계로서 29.50% F.C.의 원광($D_{50}=69.393 \mu\text{m}$)시료를 attrition mill에서 20분 마광($D_{50}=10.314 \mu\text{m}$)하여 microbubble column을 이용하여 실험한 결과 정선과정 없이도 95% F.C. 이상의 산물을 90%이상의 회수율로 얻을 수 있었다.

주제어 : 고순도 흑연, microbubble column, 부유선별, 마광시간

Abstract

The total amount of graphite reserves in Korea is about 260 thousand tons. Graphite lacks international competitiveness it is mined in only few mines, but recently the demand of portable electronic has increased. Therefore a research for manufacturing domestic high purity graphite is necessary because all of high purity graphite used in electrode of 2nd battery depends on expensive importation. A preprocessing level for producing high purity graphite, flotation was conducted using microbubble column machine. In this research $D_{50}=10.314 \mu\text{m}$ sample was used which was produced after grinding 29.50% F.C. primary crushing sample($D_{50}=69.393 \mu\text{m}$) for 20 minutes through attrition mill. As a result using this sample, product above 95% F.C. with recovery over 90% was obtained with only after first stage process through the microbubble column.

Key words : high purity graphite, microbubble column, flotation, grinding time

1. 서 론

국내 흑연광의 총 매장량은 약 260만 톤 정도로 생산 및 수출이 한때는 세계 1위를 점유하였던 적도 있었지만, 전 세계 생산량의 40%를 차지하고 있는 중국산 흑연이 국제시장을 주도함에 따라 국내 흑연광은 현재 일부 광산에서만 채광하고 있는 실정이다.

이러한 흑연은 내열성, 내산성 및 내알칼리성 등의 우수한 특성을 가지고 있어, 건전지, 내화용, 원자로, 로

켓 부품 등에 필수적으로 첨가되며, 그 용도가 매우 다양한 광종이다. 한편 최근에는 노트북, 휴대폰, 디지털 카메라 등 휴대용 전자제품의 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 2차전지인 Li-ion Battery의 국내 생산량도 2006년 2억 개에 이를 것으로 예상되어, 전극에 사용되는 고순도 흑연의 수요 역시 크게 증가할 것으로 예상된다.¹⁾ 그러나 우리나라의 경우 2차 전지 등에 쓰이는 고순도 흑연은 전량 고가로 수입에 의존하고 있어 고순도의 흑연 생산을 위한 연구가 더욱 절실한 실정이다.

일반적으로 흑연은 부유선별에서 표면성질이 무극성을 띠므로 유상포수제에 의하여 쉽게 분리되는 특성이 있어 선별이 용이한 것으로 알려져 있으나, 실제로는 비

[†] 2005년 9월 23일 접수, 2005년 12월 30일 수리

*E-mail: ohhan@chosun.ac.kr

교적 높은 품위의 인상흑연의 경우도 인편사이에 미세한 불순물이 들어있어 이들을 효과적으로 분리하기 위해서는 미분쇄가 필요하다.²⁾ 그러나 분쇄 과정에서 흑연의 물리적 성질인 윤활성 때문에 백석과의 단체분리를 위한 미분쇄가 어렵고, 더욱이 일반 부선에 의한 미립자의 낮은 선별도 때문에 미립의 흑연으로부터 고품위의 정광을 생산하는데 많은 어려움이 따른다. 이러한 이유 때문에 흑연 선광장에서는 흔히 마광과 일반부선을 한 조로 하는 공정을 도입하여 이 공정을 수차례 반복, 고품위 정광을 생산하고 있으나, 이것은 과도한 생산비를 요구할 뿐만 아니라 작업상의 어려움과 함께 생산량에도 많은 제한을 주게 된다.³⁾

따라서 본 연구에서는 이러한 공정상의 복잡성과 비효율성을 해결하고 고순도 흑연을 생산하기 위한 전 처리 공정으로 95% F.C. 이상의 고품위 흑연광을 생산하기 위해 미분쇄에 적합한 실험실용 attrition mill을 이용하여 마광^{4,5)}하고 미립자의 처리에 효과적인 microbubble column 부선기⁶⁻⁸⁾를 이용하여 일련의 실험을 실시, 단일 공정을 통해 비교적 높은 선별효과를 얻을 수 있는 최적조건을 찾는데 그 목적이 있다.

2. 시료 및 실험방법

2.1. 시료

본 실험에서는 (주)태삼진 인상흑연광업소에서 채취한 원광 중 1차분(22.05% F.C.)은 비교실험에 사용하였으며 나머지 일련의 실험에는 2차분(29.50% F.C.) 원광을 시료로 사용하였다. 모든 시료는 jaw crusher와

disc mill을 사용하여 파분쇄한 다음 25mesh 체를 사용하여 25 mesh 이하로 입도를 조절한 후 실험에 사용하기 위해 500 g씩 sample bag에 넣어 보관하였다. 그리고 입도크기에 따른 선별특성을 관찰하기 위하여 원광을 5~30분까지 마광하였으며, 이들에 대한 입도 분석한 결과는 Table 1과 같다.

또한, 마광한 산물의 입도 분포를 확인하기 위해 500 mesh를 기준으로 하여 습식 사분하고 입도분포와 고정탄소의 품위를 Table 2에 나타내었다.

2.2. 시약

본 실험에서는 기포제(Pine oil), 포수제(Kerosene), 분산제(Sodium Metaphosphate(SMP))를 각각 사용하여 예비실험을 실시한 결과, 포수제와 분산제의 첨가량에 따른 효과는 큰 차이가 없었으나 흑연의 자연부유도가 비교적 높아 기포제만으로도 높은 선별효과를 얻을 수 있었다. 따라서 공정의 단순화를 고려하여 기포제만을 사용하여 일련의 실험을 실시하였다.

2.3. 실험방법

마광은 attrition mill을 사용하여 광액농도 25%, 마광속도 770 r.p.m으로 5~30분 범위에서 습식 마광하여 실험을 실시하였다. 이때 사용한 media는 직경 3.2 mm의 zirconia ball을 7.2 kg 사용하여 마광하였고, 마광된 시료는 광액농도 5%로 조절한 다음 5분정도 교반한 후 microbubble column 부선기를 이용하여 실험을 실시하였으며, 별도로 Denver sub-A형 일반부선기를 사용하여 비교실험을 실시하였다.

Table 1. Results of size analysis (by MASTERSIZER 2000).

Grinding time(min.) Size(mesh)	0	5	10	15	20	30
size (D ₅₀ μm)	65.393	13.603	11.647	11.057	10.314	10.014
size (D ₉₀ μm)	473.098	43.566	40.173	38.183	32.741	30.238

Table 2. Results of a wet screen (by 500mesh sieve).

Grinding time(min.) Size(mesh)	0	5	10	15	20	30	
+500	wt.(%)	75.43	29.80	18.37	17.13	6.56	5.69
	F.C. (%)	30.18	59.64	72.57	75.68	83.57	85.38
-500	wt.(%)	24.57	70.20	81.63	87.87	93.44	94.31
	F.C. (%)	28.35	15.78	17.81	19.97	24.96	25.52

또한, 1) 마광시간(단체분리도) 2) 시약(기포제)의 첨가량 3) 급광비 4) 세척수량 5) 공기공급량 6) bubble diameter 등 여러 인자들이 부선에 미치는 영향을 조사하였으며, 회수된 정광과 광미는 LECO사의 TGA 601을 이용하여 고정탄소 및 회분함유량을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 마광시간에 따른 영향

시료의 단체분리를 위한 최적 마광시간을 관찰하기 위하여 마광시간을 5분에서 30분까지 조절하면서 실험을 수행하여, Fig. 1과 같은 결과를 얻었다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 마광시간이 증가할수록 그 회수율과 품위가 크게 향상되는데, 이와 같은 이유는 마광시간이 증가되면서 맥석의 단체분리도가 향상되고, 또한 흑연층 사이에 존재하던 맥석들이 탈리되어 정광의 품위를 향상시켰기 때문으로 사료된다.

그러나 30분 마광한 경우 정광의 품위와 회수율이 20분과 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있는데, 이는 Table 1과 Table 2에서 확인할 수 있듯이 D₅₀과 +50 mesh의 wt.%가 거의 비슷하므로 20분 마광에서 이미 선별에 효과적인 단체분리가 이루어졌기 때문으로 볼 수 있다.

3.2. 기포제 첨가에 따른 영향

기포제 첨가량에 따른 분리효율을 확인하기 위해 일

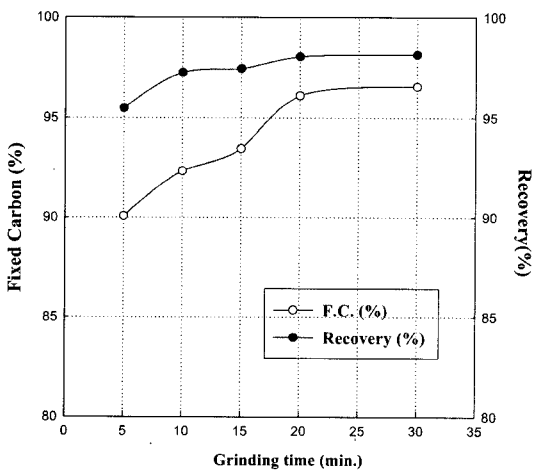


Fig. 1. Effect of grinding time on microbubble column flotation. (feed rate: 4 g/min., frother: 4.5 kg/ton, wash water: 800 ml/min., air flow rate: 960 ml/min.)

련의 실험을 실시하여 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다. 이 실험에서는 마광시간이 가장 짧은 5분과 최적 조건으로 확인된 20분 마광한 시료를 대상으로 급광량 4 g/min., 세척수량 800 ml/min. 그리고 air flow rate 960 ml/min.인 조건에서 기포제 첨가량을 1.8~27 kg/ton 변화시키면서 실시하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 마광시간 5분의 경우는 기포제 첨가량이 13.5 kg/ton 이상부터 90% F.C. 이상의 정광을 얻을 수 있었으나, 마광시간 20분의 경우는 기포제 첨가량이 1.8 kg/ton에서 94.77% F.C.을 그리고 4.5 kg/ton 첨가에서는 96.87% F.C.을 92.86%의 높은 회수율로 얻을 수 있었다. 이와 같은 이유는 마광시간이 짧은 5분의 경우 흑연의 입자가 커 이를 부유시키기 위해 많은 양의 기포제가 필요하게 되어 기포제의 첨가량이 증가할수록 회수율과 품위가 함께 증가하기 때문이다. 그러나 20분 마광한 시료는 흑연입자의 크기가 작아져 소량의 기포제만으로도 분리가 용이하게 일어나며 기포제의 첨가량이 증가할 경우 회수율은 증가하나 F.C.(%)의 품위가 떨어지는 현상을 보이는데, 이는 발생된 기포의 수가 많아지므로 기포층의 두께가 두꺼워져 많은 양의 기포에 일부 맥석광이 동반 부유하기 때문이다.

3.3. 급광비에 따른 영향

예비실험을 통해 최적조건으로 확인된 20분간 마광한 시료를 사용하여 급광비에 따른 영향을 조사한 결과 Fig.

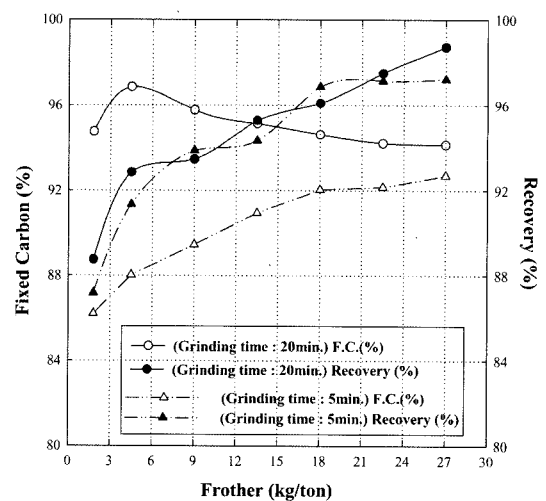


Fig. 2. Effect of frother on microbubble column flotation. (grinding time: 5 & 20 min., feed rate: 4 g/min., wash water: 800 ml/min., air flow rate: 960 ml/min.)

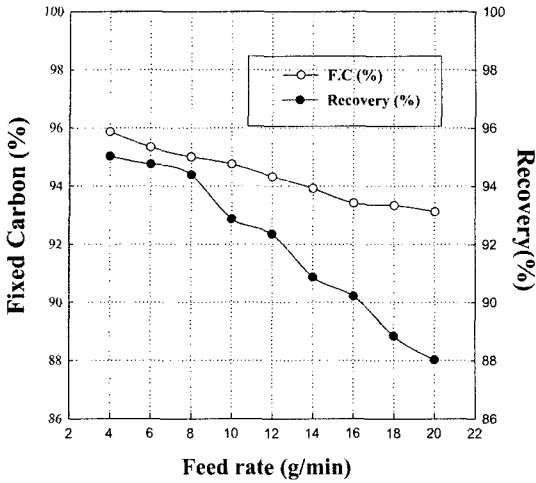


Fig. 3. Effect of feed rate on microbubble column flotation. (grinding time: 20 min., frother: 4.5 kg/ton, wash water: 800 ml/min., air flow rate: 960 ml/min.)

3과 같이 급광량이 가장 적은 4 g/min.인 경우 95.87% F.C.의 산물을 95.03%의 회수율과 함께 얻을 수 있었으며, 급광량을 최대 20 g/min.까지 증가시켜도 고정탄소 함량은 약 2.5%정도 떨어질 뿐 거의 비슷하였다. 그러나, 회수율은 10 g/min.부터 급격히 감소하는 현상을 나타냈다. 이와 같은 이유는 8 g/min.까지는 미분쇄된 흑연 입자의 무게가 가벼워 기포층의 두께에 큰 영향을 미치지 않아 비교적 두꺼운 기포층(40~45cm)이 유지되면서 충분한 분리가 일어나지만, 그 이상으로 급광비가 증가하게 되면 부유에 필요한 충분한 기포층이 형성되지 못하여 상당량의 흑연이 광미와 함께 배출되기 때문이다.

3.4. 세척수량에 따른 영향

Column 부선에서는 세척수 첨가량에 따라 정광의 품위를 조절할 수 있으므로, 이에 따른 선별효율을 확인하기 위해 세척수량을 600~1,500 ml/min.까지 변화시키면서 실험한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 급광량에 관계없이 모두 세척수량이 증가함에 따라 맥석에 대한 세척효과가 뛰어나 고정탄소의 품위는 증가하였으나 회수율은 떨어지는 현상을 나타냈다. 한편, 급광량이 적은 4 g/min.의 경우 세척수 첨가량에 따른 영향을 많이 받아 1,500 ml/min.일 때 96.87% F.C.의 산물을 얻을 수 있으나 회수율은 약 60% 정도로 떨어지고, 급광량이 12 g/min.일 때는 71.74%의 보다 높은 회수율을 유지하면서 96.48% F.C.의 산물을 얻을 수 있어 세척수량의 영향이 급광비와도 상관관계

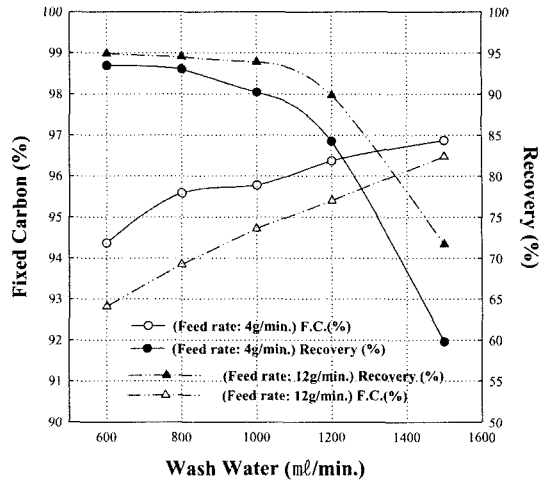


Fig. 4. Effect of wash water on microbubble column flotation. (grinding time: 20 min., frother: 4.5 kg/ton, feed rate: 4 g/min., air flow rate: 960 ml/min.)

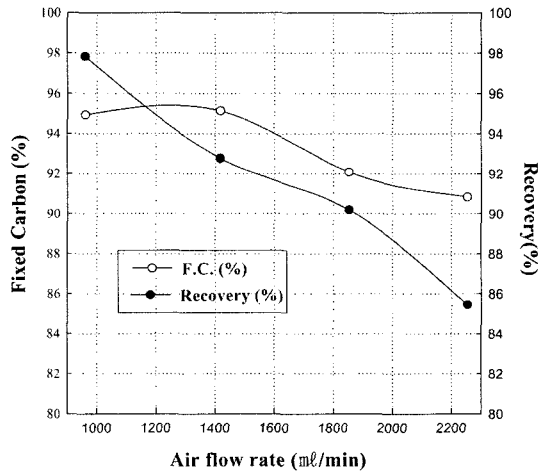


Fig. 5. Effect of air flow rate on microbubble column flotation. (grinding time: 20 min., feed rate: 4 g/min., frother: 4.5 kg/ton, wash water: 800 ml/min.)

가 있음을 알 수 있다. 따라서 급광비가 4 g/min.의 경우, 세척수량이 800 ml/min.일 때 최적조건인 93.03%의 높은 회수율을 유지하면서 95.59% F.C.의 산물을 얻을 수 있으며, 그 이상의 세척수량에서는 고정탄소의 품위는 큰 변화가 없이 회수율이 급격히 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

3.5. Air flow rate에 따른 영향

Fig. 5는 air flow rate의 변화에 따른 영향을 나타낸

것으로 air flow rate가 증가함에 따라 회수율은 점점 감소하는 반면, F.C.의 품위는 1,417 ml/min.에서 95.13% 까지 약간 상승하다가 그 이상에서는 다시 떨어지는 현상을 나타내었다. 이와 같이 회수율과 흑연광의 F.C.의 품위가 함께 떨어진 이유는, 기포 발생에 필요한 air flow rate가 지나치게 커지면 공기 압력에 의해 column 내의 기포층 위치가 높아지면서 짧은 길이의 기포층이 형성되어 세척수의 영향을 적게 받음과 동시에 충분한 선별이 일어나지 못한 상태로 일부 맥석이 흑연과 함께 동반 부유하고 일부 흑연은 부유하지 못한 상태로 맥석과 함께 배출되기 때문으로 사료된다.

3.6. Bubble diameter에 따른 영향

Fig. 6은 bubble diameter에 따른 회수율과 품위 대한 영향을 나타낸 것으로서, 기포의 크기가 작아짐에 따라 고정탄소의 품위와 회수율이 함께 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 bubble의 크기가 작아짐에 따라 흑연광을 부유시킬 수 있는 bubble의 수와 비표면적이 증가하며 기포층의 두께가 길어지고 기포층 내에서 머무르는 retention time이 길어져 세척수의 영향을 많이 받게 됨과 동시에 미립자 흑연이 효과적으로 부착될 수 있어 흑연의 품위가 증가하고 많은 양의 기포가 부유하므로 회수율도 함께 증가하는 column부선의 선별 특성⁹⁾을 확인할 수 있다.

한편, Yoon⁹⁾등에 의하면 기포의 크기가 250 μm 이

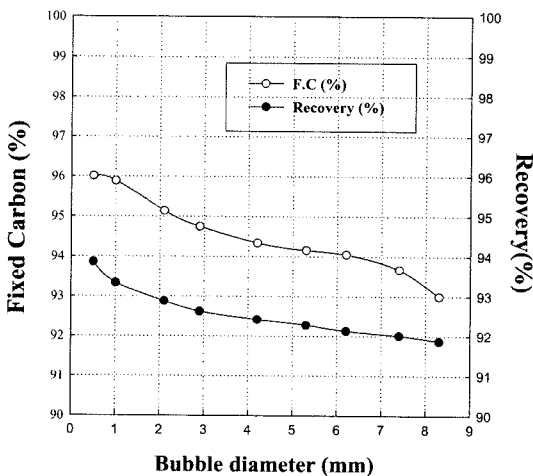


Fig. 6. Effect of bubble diameter on microbubble column flotation.(grinding time : 20 min., feed rate : 12 g/min., air flow rate : 960 ml/min., wash water : 800/min., frother : 4.5~20 kg/ton)

하의 경우 미립의 맥석이 entrainment 되기 때문에 회수율은 증가하고 고정탄소의 품위는 감소한다고 하였으나, 본 실험에서는 0.5 mm(500 μm) 이상에서도 좋은 선별효과를 나타내기 때문에 그 이하의 기포크기에 대한 실험은 실시하지 않았다.

Bubble size는 column의 cleaning zone 부근에 mm scale의 자를 부착, digital camera로 촬영하여 발생하는 bubble의 size를 평균치로 산출하였다.

3.7. 비교 실험

Fig. 7은 microbubble column과 비교실험을 하기 위해 일반부선기(Sub-A형 부선기)를 이용하여 처리 횟수에 따른 F.C.(%)과 회수율을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 5분 분쇄한 산물을 급광하여 몇 차례의 예비시험을 통해 얻은 최적조건의 기포제와 포수제를 첨가하여 실험한 결과 1회 처리하여 57.90% F.C.의 산물을 53.30%의 회수율로 얻을 수 있었고, 4회 이상 정선과정을 거쳐 90% F.C.이상의 산물을 얻을 수 있었다. 그러나 회수율은 처리 횟수가 증가함에 따라 급격히 감소하여 4회 처리의 경우 누적회수율이 35.23%로 떨어지는데 이는 부선과정에서 상당량의 흑연광이 미립으로 분쇄된 맥석광물 때문에 기포에 흡착하지 못하고 맥석과 함께 움직이기 때문으로 사료된다.

한편, 습식 마광을 한 후 column 부선을 위한 준비과정에서 마광된 시료가 매우 빠른 속도로 침강하면서 육안으로 확인이 가능한 분리층이 형성됨을 확인할 수 있어 침강실험을 실시하여 Fig. 8과 같은 현상을 확인

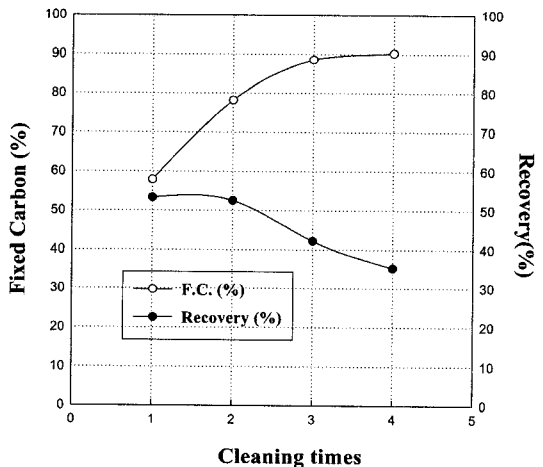


Fig. 7. Effect of cleaning times on batch flotation.(grinding time : 5 min., frother : 1 kg/ton, collector : 1 kg/ton)

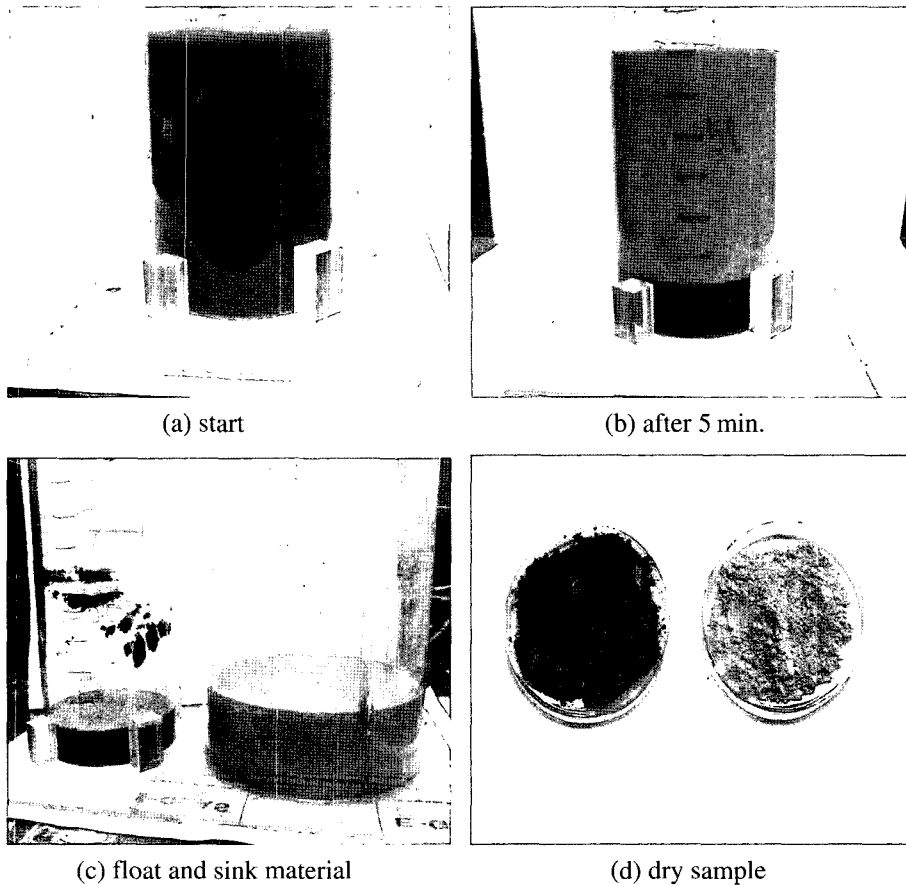


Fig. 8. Results of sedimentation of grinding sample for 5 min.

할 수 있었다.

침강에 의한 분리효과를 확인하기 위해 습식으로 5분 분쇄한 시료를 5분 동안 침강시킨 후 각 산물의 고정탄소 함유율과 무게비를 측정된 결과, sink 산물(45.69% F.C., 49.90 wt.)의 F.C. 품위는 원광(22.01% F.C.)에 비해 약 2배 정도 증가하였으며, float 산물은 1.37% F.C.을 50.10 wt.% 차지하고 있어 부선 전 짧은 시간동안 침강공정을 거쳐 맥석을 사전에 제거하면 무게비를 50%까지 줄일 수 있으므로 실제 생산 공정에 적용할 경우 처리 비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

3.8. SEM 사진 분석

마광시간에 따른 단체분리를 확인하기 위해 각각 5분과 20분 마광한 산물의 금광, 정광 및 광미를 전자현미경 분석한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 5분 마광한 산물의 정광 및 광미에서도 흑연

광과 맥석광물의 단체분리가 거의 이루어졌음을 확인할 수 있었으며, 20분 마광 산물은 더욱 미분쇄 되어 충분한 단체분리가 이루어짐과 동시에 전체적으로 흑연광의 입도가 현저히 작아져 적은 량의 기포제 첨가에도 부유가 가능한 조건임을 알 수 있었다.

4. 결 론

1. 마광시간에 따른 단체분리를 확인한 결과 20분 이상 마광한 산물은 충분한 입도로 파분쇄 되어 95% F.C 이상의 산물을 높은 회수율과 함께 얻을 수 있었으나, 5분 마광한 산물은 단체분리는 이루어졌지만 흑연광의 입도가 커 기포에 흡착된 흑연광의 무게 때문에 선별효율이 낮은 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

2. 기포제 첨가에 따른 영향은 20분 마광 산물의 경우, 1.8/ton의 첨가량에서 94.77% F.C.의 정광을 얻을

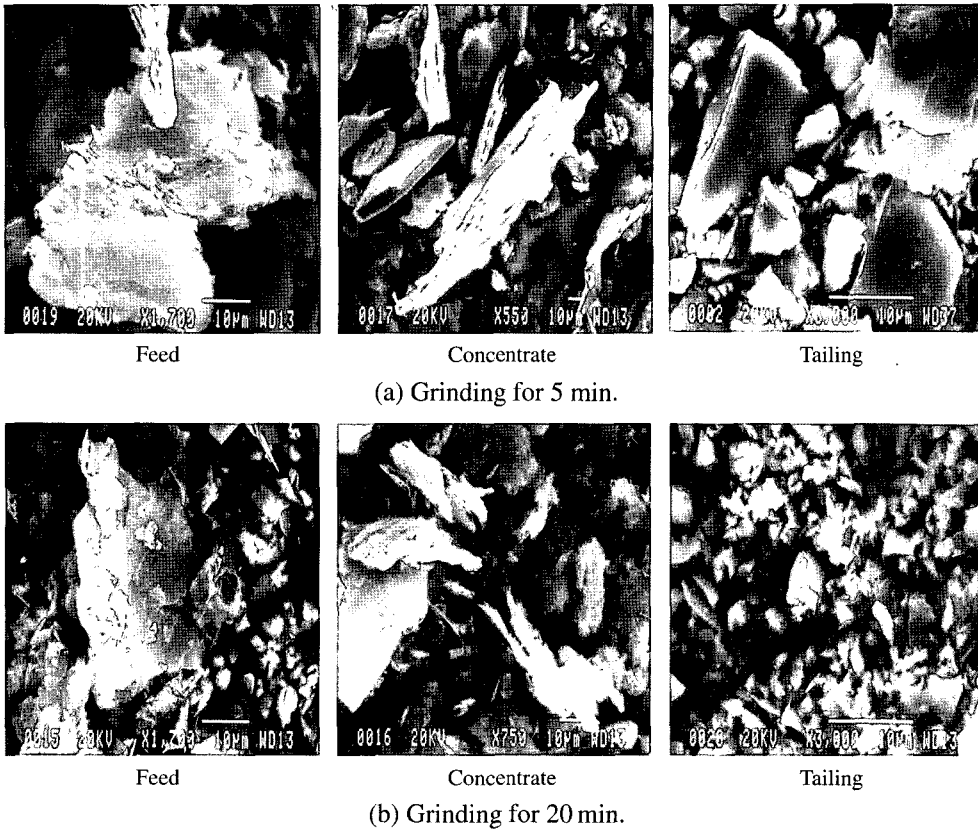


Fig. 9. SEM micrograph of grinding sample for 5 & 20 min.

수 있었으나, 5분 마광 산물은 흑연이 비교적 큰 입자로 구성되어 있어 부유가 어려워 13.5/ton 이상을 첨가하여야만 90% F.C.이상의 산물을 얻을 수 있었다.

3. 급광비에 따른 영향은 20분 마광 산물의 경우 4 g/min.로 급광하였을 때 95.87% F.C.의 산물을 95.03%의 회수율과 함께 얻을 수 있었으며 8 g/min.까지는 고정탄소의 품위 및 회수율이 거의 비슷하였다. 또한, 20 g/min.까지 증가할 경우 고정탄소의 품위는 약 2.5% 정도 낮아졌으나 회수율은 약 88%로 급격히 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

4. 세척수의 첨가량에 따라 일부 흑연광과 함께 부유한 맥석광의 세척효과가 높아져 산물의 품위가 증가하였으며 800 ml/min.에서 95.59% F.C.의 산물을 93.03%의 회수율로 얻을 수 있어 최대의 효과를 나타냈으나, 그이상의 첨가량에서는 회수율이 급격히 떨어지는 현상을 확인할 수 있었다.

5. Air flow rate가 증가함에 따라 기포층의 형성이 용

이하여 1,417 ml/min.에서 95.13% F.C.의 산물을 92.78%의 회수율로 얻을 수 있었으나, 그 이상을 초과할 경우 공기압에 의해 기포층의 위치가 상승함에 따라 전체 기포층의 길이가 짧아져 오히려 분리효율이 떨어짐을 알 수 있었다.

6. Bubble diameter가 작아짐에 따라 bubble의 수와 비표면적이 증가하면서 흑연광의 부유가 용이하게 되어 회수율과 품위가 함께 증가하였으며, 가장 작은 입도인 0.5 mm에서는 96.01% F.C.의 산물을 93.86%의 비교적 높은 회수율로 얻을 수 있었다.

7. 본 실험 조건에서 Column에 의한 흑연광의 선별 효과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 마광시간에 따른 입자의 크기와 bubble diameter이며, 그 밖에 기포제 첨가량과 공기량에 따른 기포층의 두께, 세척수 첨가량이 품위에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

사 사

본 논문은 2004년도 조선대학교 학술연구비 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Roskill Information Services, Ltd. 2002: The Economics of Natural Graphite.
2. Fogg, C. T and Boyle, Jr., E. H. 1987: Flake and High Crystalline Graphite Availability - Market Economy Countries: A Minerals Availability Appraisal, USBM Inf. Circ. 9122, 40.
3. 한오형, 정재현, 윤여환 1991: 鱗狀黑鉛의 品位向上을 위한 Microbubble column 浮選技術의 適用, 한국자원공학 회지, 28(2), pp. 141-147.
4. 정인복, 양재열, 이수영, 1979: 미분상 흑연광 부선에 있어서 조선정광에 대한 재 미광효율에 관하여, 대한광산학 회지, 16(4), pp. 272-279.

5. Mankosa, M. J., Adel, G. T. and Yoon, R. H. 1989: Effect of Operating Parameters in Stirred Ball Mill Grinding of Coal, Power Technology, 59.
6. Yoon, R. H, Luttrell, G. H., Adel, G. T. and Trigg, R. D., 1984: Cleaning of Ultrafine Coal by Microbubble Flotation, Proceedings, First Annual pittsburgh Coal Conference, pittsburgh, september 17-21.
7. Yoon, R. H, Adel, G. T, Luttrell, G. H. and Weber, A. T. 1987: Proceedings, Fourth Korea / USA Joint Workshop on Coal Utilization Technology, Seoul, October 19-21.
8. G. H. Luttrell, A. T. Weber, G. T. Adel and R. H. Yoon. 1988: Column Flotation, Society of Mining Engineers, Inc., Littleton, Colorado, Chapter 21, 205-211.
9. R. H. Yoon, G. T. Adel, G. H. Luttrell, M. J. Mankosa and A.T. Weber 1988: Microbubble Flotation of Fine Particles, Interfacial Phenomena in Biotechnology and Materials Processing. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 363-374.

韓 五 炯

· 현재 조선대학교 자원공학과 교수
· 본 학회지 제 12권 2호 참조

姜 現 皓

· 현재 조선대학교 대학원 자원공학과 박사과정
· 본 학회지 제 12권 2호 참조

학회지 광고게재 안내

격월로 연간 6회 발간되는 한국자원리사이클링 학회지에 광고를 게재하고 있습니다. 알찬 내용의 학회지가 될 수 있도록 특별회원사 및 관련기관에서는 많은 관심을 가지고 협조하여 주시기 바랍니다. 광고게재 비용은 아래와 같으며, 기타 자세한 내용 및 광고게재에 관해서는 학회로 문의하시기 바랍니다.

	칼라인쇄 (1회)	흑백인쇄 (1회)	1년 6회 게재 기준			
			칼라 인쇄		흑백 인쇄	
			일 반	특별회원사	일 반	특별회원사
앞표지 안 쪽	80 만원	60 만원	300 만원	200 만원	200 만원	100 만원
뒷표지 안 쪽	80 만원	60 만원	300 만원	200 만원	200 만원	100 만원
뒷표지 바깥쪽	100 만원	80 만원	350 만원	250 만원	250 만원	150 만원
학회지 안(내지)	50 만원	30 만원	200 만원	150 만원	150 만원	80 만원

※Film을 주시는것을 기준으로 책정된 금액입니다.