

## 廢 카본슬러지의 再活用을 위한 不純物 분리 제거

李成五 · 鞠南杓\* · 吳治正 · 金善太 · 申芳燮\*\* · \*金明俊

全南大學校 資源工學科, \*漢麗大學校 土木環境工學科, \*\*光州女子大學校

## Removal of Impurities from Waste Carbon Sludge for the Recycling

Sung-Oh Lee, Nam-Pyo Kook\*, Chi-Jung Oh, Sun-Tae Kim,  
Bang-Sup Shin\*\* and \*Myong-Jun Kim

Dept. of Mineral and Energy Resources Eng. Chonnam Nat'l Univ., Gwangju, Korea

\*Dept. of Civil & Environmental Eng., Hanlyo Univ., Gwangyang, Korea

\*\*Gwangju Women's University

### 요 약

본 연구는 폐 카본 슬러지로부터 불순물을 제거하여 고품위 수성 카본을 제조하고자 수행되었다. 수성 카본 슬러지는  $NH_3$ 를 제조하기 위해서 물의 불꽃 반응에 의해 수소가스를 생산하는 동안 부산물로서 다량 발생된다. 발생된 카본 슬러지는 황, 철, 애쉬 등의 다량의 불순물을 함유하고 있어 탈수 후 일부 저품위 카본 원료로 사용되고, 나머지는 소각되어지고 있다. 고품위 수성 카본은 기능성 카본 블랙으로써 제조가 어려울 뿐만 아니라 제조시 환경오염문제와도 밀접한 관련이 있기 때문에 오일블랙에 비해 3~5배의 가격이 비싸다. 고품위 수성 카본은 일반적으로 배터리, 플라스틱 착색제, 전선피복, 고무 첨가제 등에 사용되어지고 있다. 수성 카본 슬러지를 전도체로써 사용하기 위해서는 99%이상의 탄소와 매우 낮은 불순물을 함유하고 있어야한다. 따라서 제품에 막대한 영향을 미치게되는 불순물의 제거가 필수적으로 이루어져야 한다. 본 연구는 폐카본슬러지로부터 불순물을 제거하기 위해서 분쇄, 자력선별, 부유선별, 초음파처리 등을 포함한 불순물 정제실험을 수행하였다. 실험결과 전도체로써 사용하기 위한 조건을 만족하는 애쉬 0.01%, 철 0.01%, 황 0.3%이하로 대부분의 불순물을 제거하였고, 비표면적은  $930 \text{ m}^2/\text{g}$ 을 나타냈다.

**주제어:** 폐카본 슬러지, 수성카본블랙, 자력선별, 포말부유선별, 초음파처리

### ABSTRACT

Impurities removal from waste carbon black was carried out to produce high-grade carbon black. A large amount of hydrophilic carbon black is produced as a byproduct of the hydrogen production process by flame decomposition of water. Due to its impurities content such as sulphur, iron, ash, etc., it can only be used as low-grade carbon or burnt out. High-grade hydrophilic carbon black is 3~5 times more expensive than oil-based carbon black because of high production cost associated with process complexly and pollutant treatment. Hydrophilic carbon is normally used for conductive materials for batteries, pigment for plastics, electric wire covering, additives for rubber, etc.. In these applications, impurity content must be blow 1%. In this study, magnetic separation, froth flotation and ultrasonic treatment were employed to remove impurities from the low-grade hydrophilic carbon black. Results showed that the ash, iron and sulphur content of product decreased to less than 0.01wt.%, 0.01wt.% and 0.3 wt% respectively and the surface area of product was about  $930 \text{ m}^2/\text{g}$  for conductive materials.

**Key words:** Waste carbon sludge, Hydrophilic carbon black, Magnetic separation, Ultra sonic treatment, Froth flotation

\* 2000년 12월 11일 접수, 2001년 5월 25일 수리

\* E-mail: junkim@chonnam.chonnam.ac.kr

## 1. 서론

산업의 발달에 따라 특수기능소재 개발의 급속한 발달과 더불어 도전성 고무의 기능 향상과 활용이 매우 다양해지면서 수요가 급증하고 있다. 도전성 고무는 정전기 방지, 스위치, 전자파 차폐제, 의료용 고무제품, 벨트, 호스, 센서 등 많은 하이테크산업에 사용되고 있다.<sup>1-3)</sup> 도전성 첨가재료로는 일반적으로 카본블랙, 흑연분말, 금속분말, 탄소, 금속섬유 등이 많이 사용되고 있지만 이들 대부분 완제품으로 수입에 의존하고 있다. 특히, 수성 카본블랙의 공급은 제조 공정이 복잡하고 또한 물성조건이 까다롭기 때문에 국내에서의 제조보다는 전량 수입에 의존하여 사용하고 있다.<sup>4)</sup>

폐수성카본슬러지는 불꽃반응을 이용하여 물로부터 수소가스를 만들 때 고온고압하의 노 내에서 부산물로 다량 발생하게 된다. 발생된 폐카본슬러지는 고온고압 조건하에서 만들어지기 때문에 활성화도가 높은 다공성 미립의 카본이 생성된다.<sup>5)</sup> 하지만 제조과정에서 발생하는 노 내벽의 이물질과 사용되는 공업용수 등의 원인으로 인해 다량의 불순물인 애쉬와 철분 및 황을 함유하므로 고순도를 요구하는 도전성 재료로 사용되지 못하고, 탈수 후 건조공정을 거쳐 소각하고 있으며, 그중 일부만이 재생플라스틱 및 고무 충전제, 기와 등의 채색제로 사용되고 있는 실정이다.<sup>6,7)</sup>

따라서 본 연구에서는 폐카본슬러지로부터 고품위 기능성 수성카본블랙을 회수하고자 탈수케의 카본슬러지의 수용액에서 분리분산특성과 부유선별<sup>8,9)</sup> 및 자력선별특성<sup>10)</sup>을 조사하였으며, 이를 바탕으로 애쉬와 불순물을 효율적으로 제거하는 처리공정을 개발하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실험재료

본 실험에 사용된 폐수성카본슬러지의 일반적인 배출 상태 및 물성은 Table 1 과 같다. 폐카본슬러지는 80% 전후의 함수율을 가진 케익 상태로 배출된다. 카본슬러지에 함유될 수 있는 불순물은 주로 공정에 사용되는 물과 연료에 따라 달라질 수 있으나, 기초실험결과 대

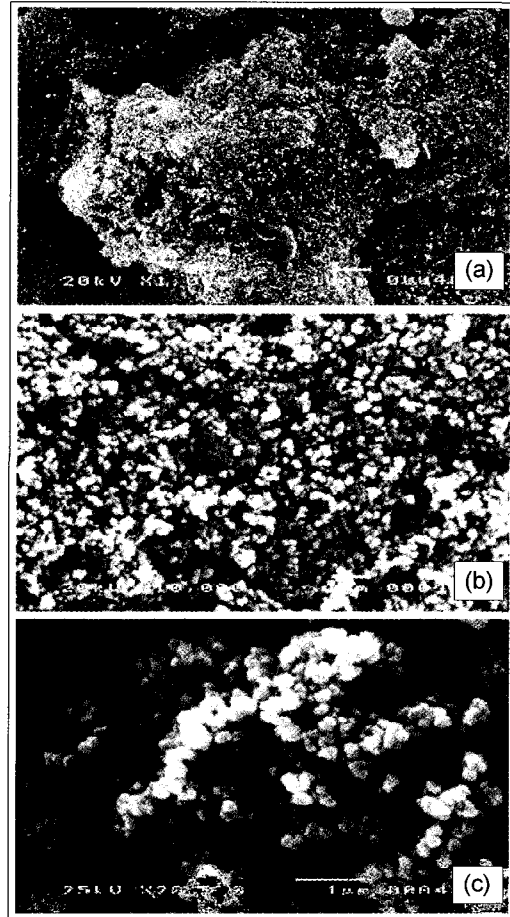


Fig. 1. Scanning electron micrographs of the sample. (a) 1000x (b) 10,000x (c) 20,000x

체로 0.5~1.0%의 애쉬(철분 : 0.3~0.6%)와 0.1~0.5%의 황 성분을 포함하고 있음을 볼 수 있다. 슬러지 표면의 pH는 대략 4.30~5.50로 약산성을 나타내고 있다. Fig. 1 은 시료 표면을 분석한 전자현미경 사진을 나타냈다. Fig. 1(a) 는 1000배의 배율로 이미지 분석한 것으로 미립자 카본중에 조대 입자의 불순물이 함유되어 있음을 볼 수 있다. (b)와 (c)에서는 카본슬러지가 균일한 미립자로 이루어져 있으며, 입자들이 서로 응집되어 있는 특징을 볼 수 있다.

Table 1. Properties of waste carbon sludge

Property of sludge	Ave. particle size	Water content	Main impurities			
			Ash	Ferrous	Sulfur	pH
Dehydrated cake	1~5 μm	80%	0.5~1.0%	0.3~0.6%	0.1~0.5%	4.30~5.50

2.2. 실험방법

기초물성실험으로, 성분분석은 ICPA(Inductively Coupled Plasma Analyzer)를 사용하였으며, 특성조사를 위하여, 열중량분석기(TG/DTA), 비표면적, SEM/EDX 분석 및 입도분석 등을 통한 카본슬러지의 기초물성을 조사함으로써 불순물의 거동과 효율적인 제거방안을 검토하였다. 기초실험은 실험실규모로 하였으며, 이를 바탕으로 미니 파일릿 공정을 설계 제작하여 단일 및 연속공정실험을 수행하였다. 응집입자 분리분쇄기구별 기초실험은 실험실에서 자체 제작한 교반기(Φ40×1050h, 1-800 rpm, 자체제작)에 단순 교반(stirrer)에 의한 방법(PA), 초음파처리(US) 및 교반과 초음파처리를 병행하는 방법(US+PA), 알루미나 볼을 분쇄매체로 한 볼밀(BM)(Φ30×50h, 자밀(ceramic mill), 국제이화학기기) 및 어트리션밀(AM)(Attrition Mill, KMD-1B, 고려소재개발(주))에 의한 방법을 적용하였으며, 이때 광액농도 1~6%이내에서 반응시간을 변화하면서 수행하였다. 부선에 의한 불순물제거는 분쇄공정에서 제조된 3%의 광액을 이용하여 부선시약의 양 및 공기주입량(5~15 l/min)을 변화하였다. 자력선별에 의한 불순물제거는 고구배자력선별기(영국 Boxmag Co.)에 볼 매트릭스(φ5 mm)를 이용하여 광액농도(1~5%) 및 자력세기의 세기(3,000~18,000 gauss)를 변화하여 실험하였다. 초음파처리특성은 제작한 실린더(Φ40×1050h)에 초음파발생장치(ultrasonic generator-1000(40 kHz), 신화기술)를 부착하여 초음파의 세기(0~1,200 W)를 변화하면서 카본과 불순물의 분리특성을 조사하였다. 슬러지의 점도는 점도측정장치(Rion co.)를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 슬러지의 분석 및 특성조사

Fig. 2 는 카본슬러지의 열분해특성을 조사한 것이다. 일반적으로 카본의 열분해는 350~450°C에서 대부분 발열반응을 나타내나 본 카본 슬러지의 경우 보다 낮은 온도인 182°C에서 급격한 발열반응을 나타냈으며, 반응 온도 300°C에서 반응이 종료됨을 볼 수 있다. 이와 같은 특징은 본 카본슬러지의 생성조건이 고온 고압하에서 활성화도가 높은 다공성 카본으로 만들어져 있기 때문으로 사료되며, 또한 천연카본에 비해 점토광물 같은 불순물이 적게 함유되어 있어 착화온도가 낮음을 추측할 수 있다.

Table 2 는 시료의 입도분석 결과에 따른 불순물의 분

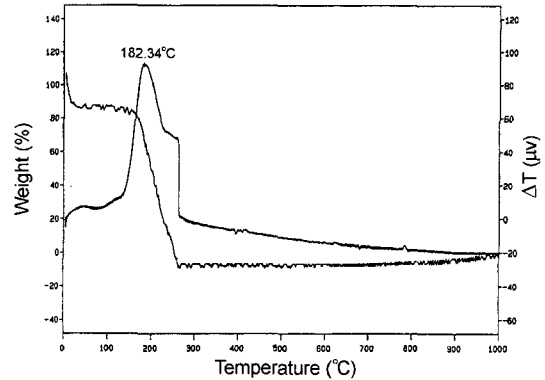


Fig. 2. TG/DTA analysis of the sample.

Table 2. Particle size distribution of ash fraction and distribution of ash in sample

Particle size (mesh)	Dry sample (100°C, 24hr)		Slurry sample	
	Distribution (wt.%)	Ash distribution (wt.%)	Distribution (wt.%)	Ash distribution (wt.%)
+4	28.16	27.45	-	-
-4/+8	19.30	20.22	-	-
-8/+20	29.8	31.35	-	-
-20/+50	19.25	17.24	-	-
-50/+100	3.03	1.88	-	-
-100/+200	0.29	1.85	-	-
-200/+400	0.073	0.01	0.78	58.50
-400	-	-	99.22	41.50
Total	99.90	100	100	100

포특성을 나타내 것이다. 100°C에서 24 hr 건조된 시료인 경우 미립자 카본자체가 가지는 입자간 인력과 또한 입자 내부에 함유된 수분 등의 영향과 공정상에서 동시에 발생하는 오일성분의 존재로 인해 쉽게 입자가 응집되는 경향을 나타냈다. 하지만 이를 수용액에 2시간이상 교반 해리시켰을 때에는 모두 미립자로 분리되어 99%가 -400메쉬 이하의 입자로 존재함을 볼 수 있다. 건식시료의 경우 불순물의 분포는 특정한 입도에 많이 분포하기 보다는 입도분포량에 따라 같이 거동하는 특성을 나타내 입도 분리에 의한 불순물의 제거 등은 고려할 수 없었다. 또한 슬러지 카본의 경우 99%가 -400메쉬 입자입에도 불구하고 애쉬의 양이 41.50%인



Fig. 3. Optical micrograph of the sample.

반면, 1%미만의 +400입자가 58.50%의 불순물의 함량을 나타냈다. 조립자에 함유된 불순물의 특징을 현미경으로 관찰한 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 조립자 불순물은 노 내벽으로 떨어져 나온 내화물이 대부분이었으며, 미립자에 함유된 불순물은 Fe, V, Ca, Na, Mg, Si 등으로 이는 사용된 공업용수나 오일로부터 기인한 것임을 예측할 수 있다.<sup>6)</sup>

3.2. 분리분쇄기구별 응집입자분리실험

입자화된 카본 슬러지를 수용액에서 분산시키고자 할 때 입자간 응집력과 오일성분으로 인해 미립자상태로 분산시키기가 매우 어려울 뿐만 아니라 많은 시간이 요구되었다. 따라서 교반 또는 분쇄기를 이용한 응집입자 분리 실험을 실시하였다. 실험조건은 실험실 온도에서 처리시간을 5분에서 30분까지 변화시키면서 처리된 카

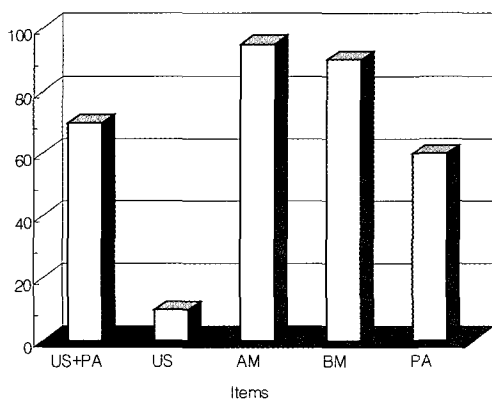


Fig. 4. The dispersion rate of particle by various media types (PA: Stirrer, US: Ultrasonic, AM: Attrition Mill, BM: Ball Mill)

본 슬러지를 275 mesh 체를 통과시킴으로서 분리효율을 구하였으며, 그 결과를 Fig. 4에 나타냈다. 처리된 슬러지의 분산특성은 모두 같은 조건으로 일정시간이 지난 후 슬러지를 275매쉬체로 통과하는 방식으로 수회 반복하여 체에 남겨진 잔류물을 건조 정량한 후 평균값을 사용하였다. 불밀(BM)과 어트리션밀(AM)을 사용하였을 때에는 처리시간 15분이내에서 90%이상 미립자로 분리되어 분리효율이 매우 높았다. 그러나 불순물로써 조립자인 애쉬가 과분쇄되어 침강분리시 애쉬가 카본과 같이 침강되는 결과를 나타냈다. 반면에 분쇄없이 교반에 의한 방법으로 처리하였을 때에는 약 60%미만의 미립자를 회수할 수 있었으며, 이때 초음파세기를 600W로 하여 동시에 사용하였을 때에는 분리효율이 70%이상으로 향상됨을 볼 수 있었다. 하지만 초음파만을 단독으로 사용하였을 때에는 분리효율이 10%로 미립자 회수가 어려웠다. 따라서 미립자의 분리효율 및 애쉬의 제거효율을 고려한 적절한 방법은 교반과 초음파 처리를 동시에 적용하는 것이 분리효율이 높은 미립자 슬러지를 얻는데 효율적이었다.

3.3. 슬러지의 분산 및 침강특성

Fig. 5은 수용액에서 카본의 농도에 따른 침강 및 분산특성을 나타냈다. 카본슬러지의 농도는 카본슬러지에 함유된 불순물의 침강에 의한 제거에 영향을 미칠 뿐만 아니라 최종처리 카본의 회수를 위한 농축공정에도 중요하다. 21 매스플라스크에 슬러지 농도를 변화에 따른 미립자의 침강특성을 조사한 결과 카본의 농도 4%이하

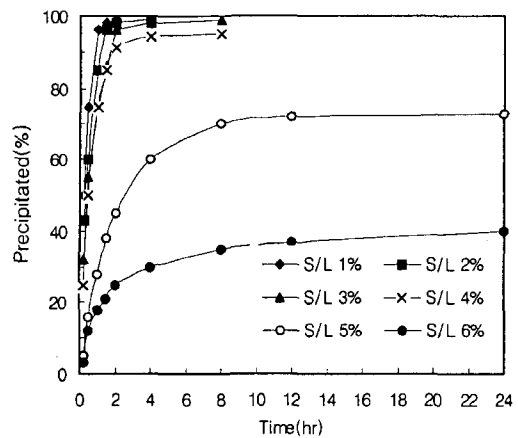


Fig. 5. The sedimentation efficiency of carbon as a function of various S/L ratios at pH 6.5.

**Table 3.** The viscosity of carbon sludge.

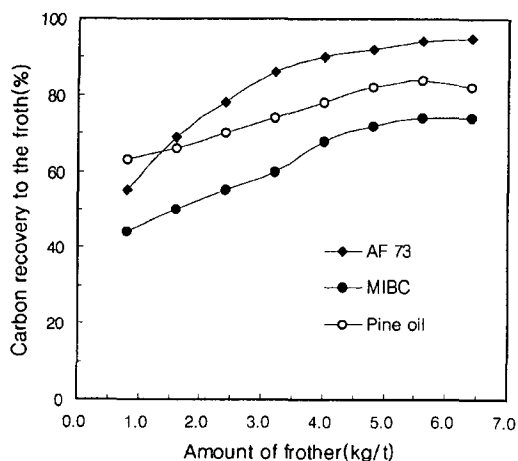
	S/L ratios in solution				
	1%	2%	3%	4%	5%
Viscosity	60 cp	228 cp	336 cp	2400 cp	12,000 cp

에서는 작은 카본 플러키 생성되면서 2시간 이내에 90%가 침강되는 특성을 나타냈다. 하지만 카본농도를 4%이상으로 증가하였을 때는 처리시간을 증가하여도 침강이 일어나지 않았으며, 침강효율은 10%이내를 나타냈다. 따라서 각 공정에서 불순물을 효율적으로 분리 제거하기 위해서는 슬러지 농도 4%이하를 유지하여야 함을 알 수 있다.

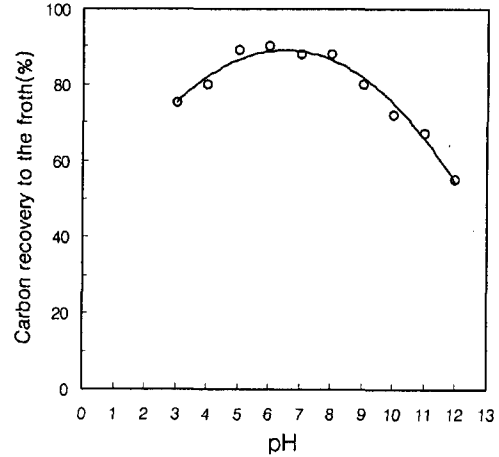
Table 3 은 카본슬러지 농도별 점도를 측정 한 결과를 나타냈다. 슬러지 농도의 증가는 용액중의 점성을 증가시켜 불순물 분리효율이 감소되어 교반 효율이 급속히 떨어지는 결과를 가져왔다. 특히 카본슬러지 농도 4% 이상에서는 점도가 급격히 증가함을 볼 수 있는데 이는 Fig. 5 의 침강특성과 일치하는 결과를 나타냈다.

**3.4. 부선에 의한 불순물의 분리**

Fig. 6 는 부선에 의한 카본입자의 부유평형 실험결과이다. 카본슬러지로부터 카본회수와 불순물제거를 위해 카본 부선에 널리 사용되는 포수제로서 Kerosene (KANTO, Chem. Co. INC)을 사용하고 카본부유에 적절한 기포제는 Aero Froth 73(CYANAMID Co.), MIBC



**Fig. 6.** Change of carbon recovery for various frothers as a function of the amount of frothers (kerosene: 4.5 kg/t, pH value: 6.0).



**Fig. 7.** Change of carbon recovery for AF 73 as a function of the pH (kerosene: 4.5 g/t, AF73: 4.0 kg/t).

(CYANAMID Co.) 및 Fine Oil(The Nippon Koryo Yakuin Co., L.T.D)를 사용하였다. 포수제의 사용량은 기초실험을 통하여 4.5 g/t으로 고정하였으며, AF 73, MIBC 및 파인오일의 사용량을 각각 달리하면서 카본의 부유평형을 조사하였다. 기포제의 사용량의 증가는 카본의 부유율을 향상시켰으며, pH 5-6의 영역에서 AF 73은 90%이상, MIBC는 70%이상, 파인오일은 80%이상 나타낸결과로 보아 AF 73의 사용이 카본입자의 부유에 효과적임을 확인할 수 있었다. Fig. 7 은 pH의 변화에 따른 AF 73의 부유평형을 나타냈다. pH 5내지 8영역에서 카본의 회수율이 80%이상으로 증가하였으며, pH를 5이하 및 8이상으로 변화하였을 때 회수율이 감소하였다.

부선시약을 사용하지 않고 분산시약인 소다인산 (Na<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>만을 0.1~5.0 kg/t 까지 첨가하였을 때 분산제의 양이 적을수록 카본의 분산이 효율적으로 진행되었으나, 분산제의 사용량이 3.5 kg/t 보다 증가함으로써 미립의 애쉬가 동시에 부유하는 특성을 나타내 카본회수율은 증가하나 애쉬제거율은 감소하는 경향을 나타냈다. 기포제의 사용과 동시에 공기 주입량을 증가하였을 때 카본의 회수율이 증가하나, 공기 주입량이 8 l/min이상으로 증가하였을 때 기포가 생성되기보다는 부서짐으로써 기포생성이 억제되는 결과를 나타냈다. 그러므로, 카본회수율 및 애쉬의 제거에는 AF 73의 사용이 효율적이었으며, 사용량을 5.5~6.5 kg/t으로 할 때 카본회수율은 약 90%, 애쉬함량은 0.1%이었으며, 애쉬 제거율은 약 85%를 나타냈다.

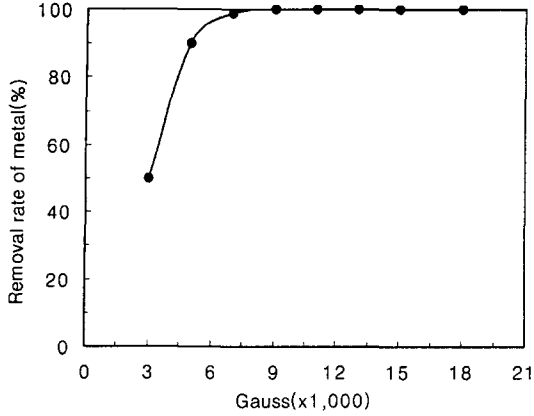


Fig. 8. The removal rate of ferrous metal using by HIMS at pulp density of 3.5%.

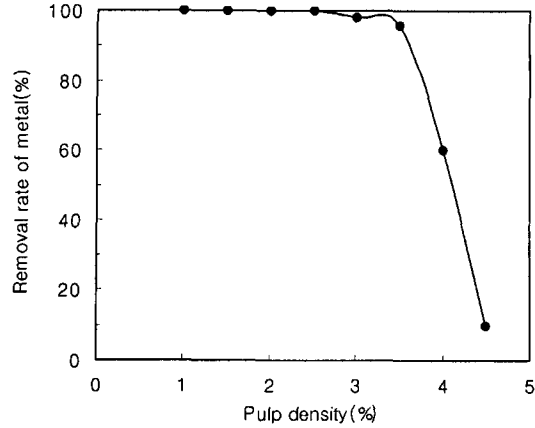


Fig. 9. The removal rate of ferrous metal using by HIMS at various pulp densities. (7,000 gauss)

3.5. 불순물의 자력특성

카본슬러지의 주요 불순물중 하나는 철분으로서 이는 메탈 또는 산화물상태를 유지하고 있으며, 또한 카본과 같이 응집하고있어 분리 제거하기가 쉽지 않다. 따라서 슬러지로부터 철분을 효율적으로 제거하고자 습식자력선별장치를 이용하여 자성체의 분리효율 조사를하였다. Fig. 8 은 자력선별에 의한 불순물의 제거 특성을 나타낸 결과이다. 자력의 세기에 따른 자성체 제거율을 보면 5,000 gauss에서 90%이상이며, 7,000 gauss에서는 대부분 제거되어 카본에 잔류하는 철 함량은 0.01%이하를 나타냈다. 자선에 의해 제거된 자성체를 분석한 결과 대부분이 금속철인 Fe였으며, 일부는 산화물로 FeO, FeOOH, FeS<sub>2</sub> 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 존재하였다. 이와 같이 불순물로 존재하는 자성체는 주로 물속에 존재하는 철이온이 결정화된 금속철과 내화물로부터 유출된 것으로 판단된다. Fig. 9 는 광액농도를 변화하였을 때 자성체의 제거특성을 나타냈다. 광액농도 4%이하에서는 광액농도의 변화가 제거효율에 미치는 영향이 적었으나, 슬러지 농도들 4%이상으로 증가하였을 때 자장이 형성되는 불 매트릭스내에서 슬러지 이동이 이루어지지 않아 자선처리가 불가능하였다.

3.6. 초음파처리에 따른 불순물 제거

카본슬러지를 수용액에서 슬러지상태로 만들었을 때, 분리율이 낮을 경우 카본입자는 spherical 응집형태를 나타내며, 분리효율이 높을수록 ellipsodal, linear 및 branched 응집형태를 나타내게된다. 따라서, 초음파처리를 통한 불순물 제거실험에서는 카본입자의 응집을 최소화하고 미립자의 분산율을 향상함으로써 불순물제거효율을 증가시키고자 하였으며, 그 결과를 Table 4 에 나타냈다. 카본슬러지 농도를 3%로 250 rpm의 교반조건에서 초음파세기 및 처리시간을 달리하였으며, 처리가 끝난 후 30분 정치한 후 적정위치에서의 분산상태를 유지하는 카본슬러지를 카본회수율로 침전된 것은 불순물로 판단하였다. 처리시간이 증가함에 따라 분산된 카본슬러지에서 카본량은 증가하는 반면, 침전물중의 카본량은 감소하고 애쉬의 함량은 증가하는 특성을 나타냈다. 초음파세기를 600W로하여 20분 처리하였을 때 카본회수율은 96.42%, 애쉬 제거율은 92.85%였으며, 회수된 카본의 애쉬함량은 약 0.07%를 나타냈다.

3.6. 정제공정 개발 및 정제품 분석

Fig. 10 은 상기 최적조건을 고려하여 적용된 공정을

Table 4. The behavior of impurities as a function of ultrasonic strength

Time	200W		600W		1,200W	
	precipitated carbon (wt.%)	Removal rate of ash (%)	precipitated carbon (wt.%)	Removal rate of ash (%)	precipitated carbon (wt.%)	Removal rate of ash (%)
10 min.	6.50	45.71	4.86	71.43	4.34	84.29
20 min.	5.25	55.71	3.58	92.85	2.85	94.29

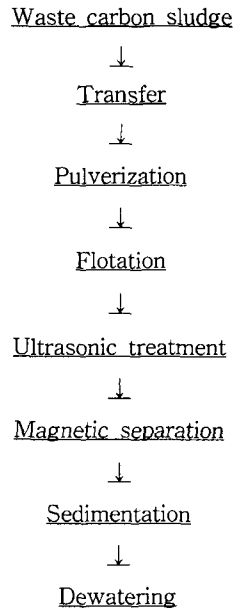


Fig. 10. Flow sheet for the purification of the waste carbon sludge.

나타냈다. 위 실험결과와 최적 조건을 적용한 공정을 통하여 합수율 75% 카본케익을 500 kg/hr처리하여, 약 84%의 카본회수율과 애쉬함량이 0.01이하, 표면적이 700 m<sup>2</sup>/g~900 m<sup>2</sup>/g, pH 5-6인 고품위 카본 10.5 kg/hr

Table 5. The properties analysis of treated carbon

Analysis	Samples	Purified Carbon	International Standard
Iodine Number (mg/g)		901.0	862.5
N <sub>2</sub> SA (m <sup>2</sup> /g)		930.3	947.7
D.B.P. (cm <sup>3</sup> /100 g)		350.0	326.2
C.D.B.P.(cm <sup>3</sup> /100 g)		-	-
TINT (% vs. IRB#3)		110.5	113.1
Toluene Discoloration (% <sub>425 nm</sub> )		99.9	99.9
Sieve Residue (%) #325		0.0051	0.0025
#100		0.022	0.0015
Ash (%)		0.05	0.31
Sulfur (%)		0.240	0.365
pH		6.05	7.95
Volatile (%)		1.48	1.55

의 카본을 회수할 수 있었다.

Table 5 는 위의 실험결과를 바탕으로 최적조건에서 정제된 카본의 물성분석결과를 나타냈다. 정제된 카본 블랙과 국제기준을 만족하는 시판중인 카본블랙과 비교 하였을 때 유사한 특성을 나타냈다. 특히 비표면적은 일부 기준시료에 비해 월등히 높았으며, 입도 분포 및 애쉬의 잔류 함량이 기준치를 만족하였다. 하지만 pH는 다소 기준치보다 다소 낮은 pH 6.05를 나타냈다. 또한 본 시료는 350°C 고온진공 건조처리 공정을 거치지 않는 시료이지만 황 함량이 0.340%를 나타내 기준치를 만족하였다. 만약 후처리 진공건조 공정이 완료되면 잔류 황 함량은 더욱 감소할 것으로 사료된다.

Fig. 11(a) 와 (b)는 SEM/EDX를 이용한 정제된 카본과 제거된 불순물의 표면 화학분석결과이다. Fig. 11(a)는 정제된 카본의 표면 분석결과 불순물이 모두 제거되었음을 보여주고 있으며, 반면에 불순물을 분석한 (b)는

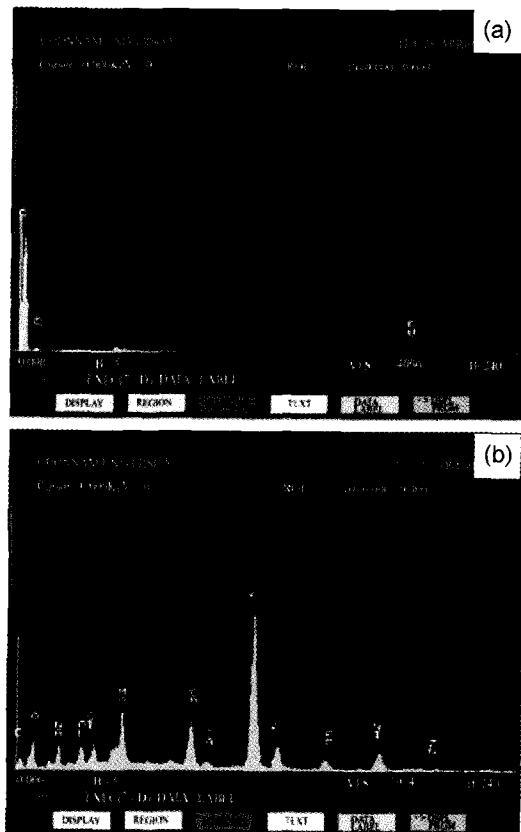


Fig. 11. SEM/EDX analysis of the purified carbon (a) and rejected impurities (b).

V, Fe, Ca, Na, Mg, Si 등이 주요 불순물로 존재함을 볼 수 있다.

#### 4. 결 론

폐 카본슬러지를 사용하여 불순물 정제실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서 사용한 폐 카본슬러지의 주요 불순물로는 애쉬(ash)와 철분을 함유하고 있으며, 전체 중량에 대해 0.6~1.0%를 나타냈다. 슬러지 카본의 99%가 -400매쉬 입자로 구성되어 있으며 애쉬의 함량이 41.50%인 반면, 1%미만의 +400매쉬 입자가 58.50%의 불순물의 함량을 나타냈다.
2. 불밀(BM)과 어트리션밀(AM)을 사용하였을 때 90%의 분리효율을 나타냈으나 조립자의 애쉬가 상대적으로 과분쇄되므로, 교반과 초음파를 동시에 사용한 분리방법이 적절하였다
3. 기포제인 AF 73의 사용량이 5.5~6.5 kg/t, 공기 주입량이 5~8 l/min., pH 5-6에서 애쉬함량 0.1%인 90% 이상의 카본회수율을 얻었으며, 애쉬 제거율은 약 85%를 나타냈다.
4. 초음파세기는 600W로 하여 20분 처리하는 것이 적절하였으며, 이때 카본회수율 96.42%, 애쉬 제거율 92.85%, 회수된 카본의 애쉬함량은 약 0.07%를 나타냈다.
5. 자력선별로 제거된 불순물은 주로 Fe메탈과 산화물로 존재하였으며, 5,000~7,000 gauss 영역에서 대부분 제거되었다.
6. 위 실험결과와 최적 조건을 적용한 공정을 통하여 함수율 75% 카본 케익을 500 kg/hr 처리하여, 약 80%의 카본회수율과 애쉬함량이 0.01이하, 표면적이 700 m<sup>2</sup>/g~900 m<sup>2</sup>/g, pH 5-6인 고품위 카본을 회수 할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 98' G7 "환경공학 기술개발사업"의 연구비 지원으로 이루어진 결과로써 이에 감사를 표합니다.

#### 참고문헌

1. Jean-Baptiste Donnet, Roop Chand Bansal and Meng-Jiao Wang: "Carbon Black Science and technology", 1-66, ISBN 0-8247-8975-X. (1993).
2. Weiming Lu and D. D. L. Chung: "Preparation of conductive carbons with high surface area", Carbon, 39-44 (2000).
3. Ahmadpour A., Wang K. and Do D. D.: "Binary adsorption of hydrocarbons and CO<sub>2</sub> in a series of chemically activated carbons", 23rd Biennial Conference on Carbon, 82-83 (1997).
4. Davidson, H. W. et al., Manufactured Carbon, Pergamon press, New York (1968).
5. What is Carbon Black, Brochure of Degussa AG (1992).
6. Kim Kinoshita: "Carbon Electrochemical and physico-chemical properties", John Wiley & Sons, 6-7 (1988).
7. Lagerren C. and Linabergh G.: "Experimental determination of effective conductivities in porous molten carbonate fuel cell electrode", Electrochimica Acta, 44, 503-511.
8. P. Raghavan, S. Chandrasekhar, C. Sivam, M. Lalithambika, and A. D. Damodaran: "Removal of ultrafine graphite impurities from china clay by flocc-floatation", Int. J. of Mineral Processing, 51-61 (1992).
9. W. T. Kim, S.O. Lee, N. P. Kook and B. S. Shin: "The removal of unburned carbon from coal fly ash by flotation", Resources Processing of Japan, Vol.45., No.1, (1998).
10. B. S. Shin, S.O. Lee and N. P. Kook: "Preparation of zeolitic adsorbent from waste coal fly ash", The Korean Journal of Chemical Engineering, Vol. 12, No. 3 (1995).



李 成 五

- 전남대학교 자원공학과 학사
- 전남대학교 자원공학과 석사
- 현재 The University of New South Wales, Chemical Engineering & Industrial Chemistry 박사과정



鞠 南 杓

- 전남대학교 자원공학과 학사
- 전남대학교 자원공학과 석사
- 전남대학교 자원공학과 박사수료
- 현재 한려대학교 토목환경공학과 전임강사





吳 治 正

- 초당대학교 환경공학과 학사
- 현재 전남대학교 자원공학과 석사과정



金 善 太

- 전남대학교 자원공학과 학사
- 현재 전남대학교 자원공학과 석사과정



申 芳 燮

- 전남대학교 자원공학과 명예교수
- 광주여자대학교 총장
- 한국자원리사이클링학회 회장



金 明 俊

- 전남대학교 자원공학과 학사
- New South Wales Univ. 석사
- New South Wales Univ. 박사
- 현재 전남대학교 자원공학과 조교수

《광 고》 本 學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다.

- \* EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, 價格 : 20,000원  
(International Symposium on East Asian Recycling Technology)
- \* 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, 價格 : 15,000원
- \* 학회지 합본집 I, II, III 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원)  
(I: 통권 제1호~제10호, II: 통권 제11호~제20호, III: 통권 제21호~제30호)
- \* 한·일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽, 價格 : 30,000원
- \* 한·미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽, 價格 : 15,000원
- \* 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽, 價格 : 18,000원
- \* 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽, 價格 : 22,000원, 발행처-文知社
- \* 리사이클링백서(자원재활용백서) 440쪽 價格 : 15,000원 "