

廢FCC觸媒의 再活用 過程中서 磁力 選別法에 의한 不純物 除去 研究

潘奉贊* · 李眞淑** · *金東秀**

*順川大學校 金屬工學科, **梨花女子大學校 環境學科

Removal of Impurities by Magnetic Separation from Waste Fluidized Cracking Catalyst for Its Reuse

Bong-Chan Ban*, Jin-Suk Lee** and *Dong-Su Kim**

*Department of Materials Science & Metallurgical Engineering, Suncheon National University

**Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

현재 국내에서는 원유처리과정에서 발생하는 FCC 폐촉매로부터 금속 제거를 통한 촉매의 재활용은 시도된 적이 없으며 금속 불순물에 대한 분리 기술도 현재 정립되어있지 않은 상태이다. 현재 폐기물로서만 취급되어 온 FCC 폐촉매로부터 유용성분의 회수 및 탈금속 가능성의 여부를 확인한다면 폐기물의 재활용 측면뿐만 아니라 폐기물의 효율적 처리, 그리고 경제적 소재화 측면에도 기여하는 바가 클 것으로 생각된다. 본 연구에서는 폐촉매에 부착된 Fe, Ni, V 등 금속의 물리화학적 성질에 따라 직접, 혹은 산화 가열한 후, 자력 선별법을 통해 폐촉매로부터의 불순물 분리에 대한 조사를 수행하고 이에 따른 촉매의 재사용 가능성에 대해 검토하였다. 자력선별 실험결과, 산화된 FCC 폐촉매에 비해 비산화 폐촉매가 상대적으로 자력에 의한 선별성이 높은 것으로 관찰되었으며, 스크린 매트릭스 방법보다 볼 매트릭스 방법을 적용하였을 경우 선별력이 양호한 것으로 나타났다. 선별효율은 자장세기의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 볼 매트릭스 방법은 최대 51.10%의 선별력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 선별된 시료들의 ICP 분석결과, V, Ni, Fe 의 순으로 금속성분이 존재하는 것을 관찰할 수 있었다.

주제어 : 유동촉매분해, 폐촉매, 재활용, 금속 불순물, 자력선별

ABSTRACT

Presently, the reuse of waste FCC catalysts, which generated from the refining process of crack oil, after the removal of contaminated metallic impurities have not been attempted domestically yet because the separation technology for the impurities from waste catalysts has not been established. As a basic study for the reusable portion from the waste FCC catalysts and treatment of metallic impurities are assured, there will be invoked an significant contribution not only in the recycling of abandoned wastes up to date but also in the treatment efficiency of wastes and extraction of economical benefits from them. The magnetic separation of impurities such as Fe, Ni, and V, from waste FCC catalyst has been attempted with or without its pre-oxidation at high temperature for the purpose of its reuse. The results showed that the separability of impurities by magnetic force was high for non-preoxidized catalysts compared with preoxidized ones, and employment of screen-type matrix showed a higher separation efficiency than ball-type matrix. The separability increased with the strength of magnetic field, and the method of ball matrix has separation efficiency of maximum 51.10%. The amount of metallic impurities was in the decreasing order of V, Ni, and Fe depending upon ICP analysis.

Key Words : FCC, Waste Catalyst, Reuse, Metallic Impurities, Magnetic Separation

* 2002년 7월 26일 접수, 2002년 10월 11일 수리

* E-mail: dongsu@mm.ewha.ac.kr

1. 서 론

최근 들어 산업폐기물로부터 유용 자원회수는 산업폐기물의 오염문제를 극소화하고 자원을 재활용할 수 있다는 측면에서, 일련의 문제점들을 동시에 해결하는 방법으로서 큰 관심을 모으고 있다.¹⁾ 많은 불순물들이 함유되어 있는 원유로부터의 정련처리, 특히 중질유를 경질유화하는 과정에서 사용되는 FCC(Fluidized Catalytic Cracking, 유동촉매분해)공정의 FCC폐촉매는 유류산업의 발달로 인해 그 발생량이 증가하는 추세에 있다.²⁾ FCC 폐촉매는 중금속의 함유량이 상대적으로 낮아(약 3,000~8,000 ppm) 중금속의 용출에 의한 환경오염 문제는 크게 문제가 되지 않지만, 매립지의 부추과 매립 비용 상승으로 인하여 매립이 점차 곤란해지고 있어, FCC 폐촉매의 재활용 부분은 연구되어야 할 중요한 과제이다. 우리나라에서는 발생된 FCC 폐촉매가 전량 시멘트의 원료로 재활용되고 있으나 그 부가가치가 낮은 편이다.

FCC공정에서 사용 후 폐기되는 촉매는 대부분 Ni, V와 같은 금속의 부착으로 인하여 점차적으로 비활성화된다. 이에 따라 촉매 활성을 유지하기 위해서는 운전 중인 촉매의 일부분을 빼내고 새로운 촉매를 계속적으로 보충해 주어야 한다. 따라서 교체되어 폐기되는 촉매 중 신촉매와 폐촉매를 분리하고, 촉매를 활성화시켜 재활용한다면 촉매 소비와 폐기물 발생을 줄일 수 있다.³⁻⁵⁾

국내에서 FCC 폐촉매로부터 금속 제거를 통한 재활용은 시도된 적이 없어 분리 기술도 아직 국내에는 전무한 실정이다. 따라서 현재 폐기물로서만 알려져 온 FCC 폐촉매의 재회수 및 탈금속의 여부를 확인한다면 폐기물의 재활용 측면뿐만 아니라 폐기 처리적 측면, 그리고 경제적 소재화 측면에도 기여하는 바가 클 것으로 생각된다.²⁾

FCC 폐촉매에 불순물로 함유되어 있는 Fe, Ni, V 등 금속의 부착 정도에 따른 분리와 신촉매의 회수에 가장 효과적이면서도 경제적이고 판단되는 자력선별법을 사용하였다. 자성을 띤 금속 광물의 선광법은 현재 자력선광법에 의존하고 있는 실정으로 이 방법에 사용되는 자력선별기는 설치 경비가 많이 든다는 단점이 있으나, 선별효율이 높고 생산성과 관리적인 측면에서 장점을 갖추고 있다.⁶⁻⁸⁾ 자력 선별법은 영구자석을 이용하여 금속 함량이 높은 촉매와 낮은 촉매를 분리하여 재활용하는 원리로 수익성에 맞추어 적당한 힘으로 자석의 힘을 조정하고 촉매를 선별하여 시스템 내로 재순

환 시키면, 새로운 촉매 주입율을 낮출 수 있거나 시스템 내의 금속 함량을 낮출 수 있고 원하는 촉매 활성도나 선택도로 공정을 조절하여 두가지 효과를 얻을 수 있다.⁹⁻¹⁰⁾

따라서 본 연구에서는 폐촉매에 부착된 Fe, Ni, V 등 금속의 물리화학적 성질에 따라 직접, 혹은 800°C로 산화 가열한 후, 자력 선별효과의 영향에 대해 고찰하고 불순물 분리 기구에 대한 연구를 수행하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1. 시료의 특성

실험에 사용한 폐FCC 촉매는 Rate earth가 0.8, Na₂O는 0.25, Al₂O₃는 33.5, 그리고 Y-zeolite가 65.4 wt%를 구성하고 있으며, Total surface area는 280 m²/g이고 평균 입경은 약 69 μm인 물리적 특성을 가지고 있었다. 이러한 폐촉매를 특별한 전처리 없이 800°C에서 1시간 산화시킨 시료와 비산화시킨 시료로 구분하여 실험에 사용하였다. 각각의 실험에 따라 시료의 양을 다르게 하여 실험하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 1차자력선별실험

자력선별기는 Lab. scale의 볼륨 조절형 고구배 자력 선별기로 자기장내에 설치된 매트릭스는 47W×200L 크기의 스크린 9장, 6.3φ볼을 IBOX 교체사용하였다. 시료의 투입 방식은 위에서 투입하는 고정 방식이며 매트릭스는 스크린형과 불형을 사용하였다. 주입 속도 및 매트릭스 종류, 각 전류에 따른 자장의 세기에 따라 실험을 실시하였으며, 주입 속도는 FCC 폐촉매가 미세한 입자(100~150mesh)로 되어 있어 10g/min의 속도를 기본으로 하였다. 스크린 매트릭스 실험에서는 각 실험에 각각 500g의 시료를 선별기 몸체에 채워 넣고 3A일 때 5000gauss, 6A일 때 8000gauss, 8A일 때 12000 gauss에서 실험을 실시하였다. 불형 매트릭스는 산화된 FCC 폐촉매와 비산화 FCC 폐촉매 시료를 각각 200g을 준비하여 선별기 몸체에 넣고 스크린 매트릭스 실험과 동일하게 실시하였다.

자력선별 후, Fe, V, Ni 분석에 있어서, Microwave digestion system(Milestone-ne-1200, MEGA)을 이용하여 폐촉매를 염산에 용해하여 전처리 하였으며, ICP(ICP Mass Spectrometer System N812-0122, Model Elan 5000, Perkinelmer Inc.)를 이용하여 분석하였다. 스크린

과 볼 매트릭스법을 사용하여 비산화 FCC 폐촉매, 산화된 FCC 폐촉매에 대하여 자력선별된 시료들의 EDX (EDX Detector Upgrade for Epma, Link Pentafet 5373, Oxford Group)를 측정하였다.

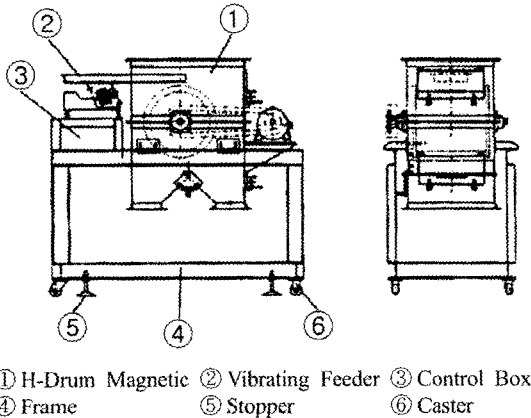
2.3. 2차 자력선별실험

2차 자력선별 실험에서 시료는 산화 폐촉매와 비산화 FCC 폐촉매를 각각 200g을 사용하였으며, 스크린 매트릭스를 사용하고, 선별 실험은 12000gauss인 8A로 고정시킨 후 실시하였다. 그리고 회수되는 금속 Ni, V, Fe의 함량 변화의 효율을 파악하고자 5회에 걸쳐 순차적으로 추출하였다. 불형 매트릭스는 스크린 매트릭스에 서와 동일한 조건으로 실험을 실시하고, XRF(Automatic Sequential X-RAY Spectrometer XRF, RIX2100, Rigaku International Corp.)를 이용하여 분석하였다.

2.4. 3차 자력선별실험

3차 자력선별 실험에 사용된 자력선별기는 H-Type의 Nd-Magnetic 드럼분리기(HMDS-38420, 대보마그네틱) (Fig. 1)로 일체형이며, 드럼의 크기는 $\phi 380 \times 420$ L이며 30~60rpm까지 속도 조절이 가능하다. 시료의 처리량은 28m³/hr(비중 1.6기준)이다. 또한, 투입 부분에 원료의 일정한 양을 공급하고 분리효율을 높이기 위하여 진공피더가 설치되어 자력선별 효율을 높였다. 진동피더(F-11B)는 일체형으로 크기는 200W \times 750L이었으며, 시료의 처리량은 4m³/hr(비중 1.6기준)으로 AV 220V, 1 ϕ 의 단상 전원을 사용하였다.

자력선별기의 자장은 12000gauss이고, 투입 방식은



① H-Drum Magnetic ② Vibrating Feeder ③ Control Box
④ Frame ⑤ Stopper ⑥ Caster

Fig. 1. Plain figure of magnetic separator used in the experiment.

옆에서 투입하는 진동기의 진동식 이송 투입 방식을 적용하였다. 드럼 속도는 20~50rpm으로 일정하게 하고 주입 속도를 40~70g/min으로 변화시키면서 자력선별하고 선별된 양을 측정하였다. 시료는 산화 FCC 폐촉매와 비산화 FCC 폐촉매를 사용하였으며, 비산화 시료는 1회에 5000g씩 투입하였으며, 자력 선별기의 드럼 속도를 20~50rpm으로 변화시키고 이동 속도를 40~70 g/min으로 각각 변화시키면서 자력선별을 하였다. 산화된 시료는 1회에 1000g씩 투입하였으며 기타 실험 절차는 비산화 FCC 폐촉매의 자력선별 실험과 동일하게 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 1차 자력선별 실험결과

매트릭스를 이용하여 FCC 폐촉매로부터 자성산물을 제거하기 위해 자성의 세기를 3A, 6A, 8A로 변화하여

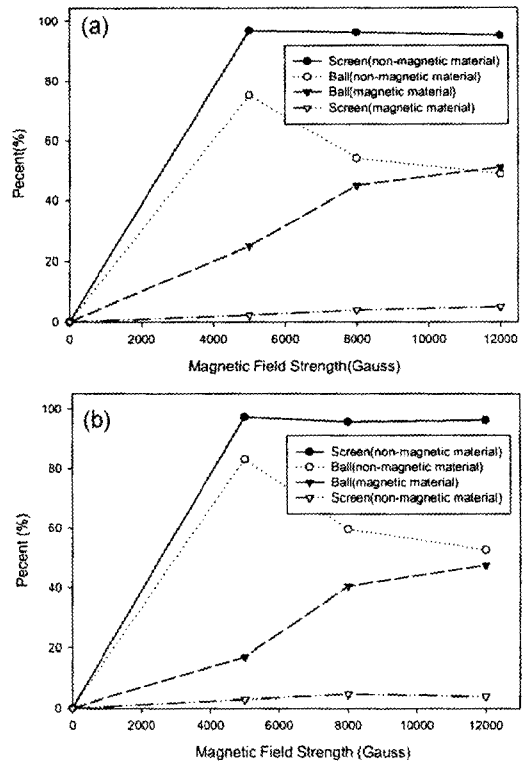


Fig. 2. Change in the magnetic separation efficiencies of oxidized FCC (a) and non-oxidized FCC catalysts (b) according to the magnetic field strength for different matrixes.

실험하였다. Fig. 2는 산화된 FCC 폐촉매와 비산화 FCC 폐촉매에 대하여 스크린과 볼을 매트릭스로 하여 자장의 세기에 따라 자력 선별된 양을 나타낸 것으로 스크린보다 볼 매트릭스를 사용하였을 때가 자력선별이 많이 됨을 보였다. 이는 볼매트릭스법의 충전율이 더 높기 때문으로 사료된다. 또한, 산화된 FCC 폐촉매보다 비산화 FCC 폐촉매의 경우 자력 선별된 양이 많음을 알 수 있었다.

Table 1은 자력 선별 후 선별된 시료들을 시료, 매트

릭스, 자력의 세기, 자성의 유무의 정도에 따라 전처리를 한 후 ICP로 분석한 결과를 표로 나타낸 것이다.

FCC 폐촉매를 스크린 매트릭스 조건에서 산화와 비산화 처리한 V, Fe, Ni의 거동을 살펴보면, V와 Fe의 경우 산화된 시료에서는 자장이 증가함에 따라 회수량이 감소하는 것으로 나타났고, 비산화된 시료에서 그 감소폭이 더 크게 나타났다. Ni는 자장이 증가함에 따라 산화된 시료는 회수량이 증가하고 있으며, 비산화된 시료는 감소하는 경향을 보였다.

Table 1. Results of magnetic separation under various conditions.

(Unit: mg/g)

Sempel	Matrix	Gauss	Magnetism	V	Fe	Ni
Calcined wasted FCC Catalyst	Screen matrix	5000	A	33.405	25.829	35.569
			B	35.756	23.329	33.935
		8000	A	34.205	24.751	36.287
			B	31.676	21.150	35.964
		12000	A	29.285	22.726	43.288
			B	31.790	20.815	34.434
	Ball matrix	5000	A	30.271	21.482	38.219
			B	29.239	19.696	29.029
		8000	A	28.630	19.860	29.586
			B	29.477	19.634	29.860
		12000	A	27.988	18.922	30.093
			B	29.258	19.562	29.348
Wasted FCC Catalyst	Screen matrix	5000	A	30.927	23.384	32.701
			B	26.467	17.090	24.505
		8000	A	26.658	20.035	27.401
			B	24.655	15.773	22.011
		12000	A	28.098	20.225	29.680
			B	24.922	15.971	23.064
	Ball matrix	5000	A	24.244	16.138	23.692
			B	24.895	15.818	21.498
		8000	A	26.864	17.702	25.640
			B	26.674	17.086	23.388
		12000	A	27.549	17.986	26.264
			B	25.113	16.170	22.626
Sample	Calcined Wasted FCC Catalyst			32.942	21.521	29.997
	Wasted FCC Catalyst			30.235	19.680	28.188

(A: Magenetic, B: Non-magnetic)

FCC 폐촉매를 불 매트릭스 조건으로 하여 산화 유무에 따라 V, Fe, Ni의 거동을 살펴보면, V와 Fe은 산화된 시료에서 감소하고 있으며, 비산화된 시료는 아무런 경향성을 볼 수 없었다. 그리고 Ni의 경우 산화된 시료는 감소하였으나 비산화된 시료는 증가함을 보였다.

한편, FCC 폐촉매를 산화조건에서 스크린과 불 매트릭스

릭스에서 V, Fe, Ni의 회수량을 조사한 결과, V와 Fe의 경우 스크린과 불 매트릭스법 모두 감소하고, Ni의 경우 스크린과 불 매트릭스법이 상반되게 나타나며 그 증가와 감소가 5000~8000gauss에서 급격히 일어나고 있다.

산화된 매트릭스 종류에 의한 V의 회수량을 관찰하면 스크린과 불 매트릭스법 모두 감소하고 있다. 그리고 비산화 매트릭스 방법에 따른 V, Fe, Ni의 거동을 살펴보면 스크린에 의해 선별된 시료는 자장에 따라 크게 변화가 없었으며 불에 의한 선별에서는 V, Fe, Ni 모두 증가하였다. 이는 FCC 폐촉매의 자력선별에 있어서 불 매트릭스에 의한 회수가 잘 되고, 강자성체인 Fe, Ni에서 FCC 폐촉매에 함유된 원소가 Fe보다는 Ni이 많기 때문에 나타나는 현상이라고 볼 수 있었다. 가장 많이 함유된 V은 비자성체로서 자장의 증가에 큰 영향을 받지 않음을 보여주었다.

스크린과 불 매트릭스법을 사용하여 산화, 비산화된 FCC 폐촉매에 대하여 자력선별을 실시한 후 시료들의 EDX분석을 하였다.

Fig. 3 (a)는 산화된 FCC 폐촉매를 불, 스크린 매트릭스 조건에서 각각 자장의 세기를 변화시킬 때 V의 분리 거동을 나타내고 있는데, 스크린 매트릭스에서는 자성 선별이 자장이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈고, 비자성은 이와 반대로 감소하는 경향을 나타냈다. 불 매트릭스 조건에서는 스크린 매트릭스 조건에서와 반대의 결과를 보였다.

Fig. 3 (b)는 산화된 FCC 폐촉매를 불, 스크린 매트릭스 조건에서 각각 자장의 세기를 변화시킬 때 Fe의 분리 거동을 나타내고 있는데, 매트릭스 방법에 관계없이 자장이 증가함에 있어 점차 감소하는 경향을 나타냈다.

Fig. 3 (c)는 산화된 FCC 폐촉매를 불, 스크린 매트릭스 조건에서 각각 자장의 세기를 변화시킬 때 Ni의 분리 거동을 나타내고 있는데, 스크린에서는 자장을 증가함에 따라 자성 선별은 점차 증가하는 경향을 나타내고, 불 매트릭스에서는 자장이 증가함에 따라 자성 선별이 급격히 하강하는 경향을 나타내고 8000gauss부터는 증가하는 경향을 보였다. 비자성 선별도 역시 천천히 감소하였다가 8000gauss부터는 증가하는 경향을 보였다.

Fig. 4는 비산화된 시료를 불, 스크린 매트릭스 조건에서 각각 자장을 변화시킬 때의 V, Fe, Ni의 분리 거동을 나타내고 있는데, V(a)와 Ni(c)의 경우 스크린에서는 자장이 증가함에 따라 자성 선별과 비자성 선별이 각각 감소하였다가 8000gauss부터는 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 불에서는 스크린의 경우와 상반되게

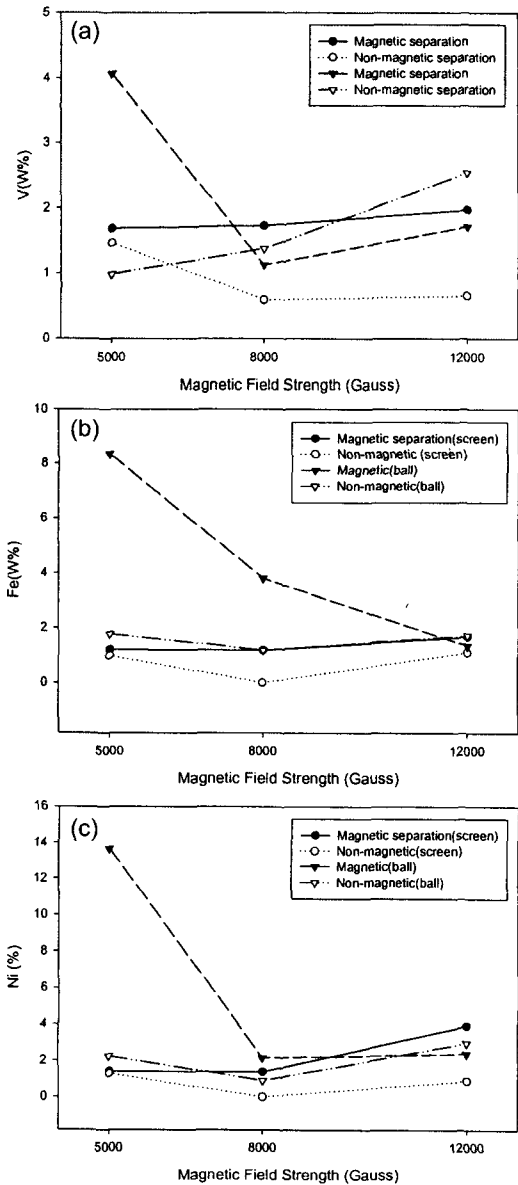


Fig. 3. EDX analysis of V, Fe and Ni after magnetic separation for oxidized FCC catalyst. ((a) V, (b) Fe and (c) Ni)

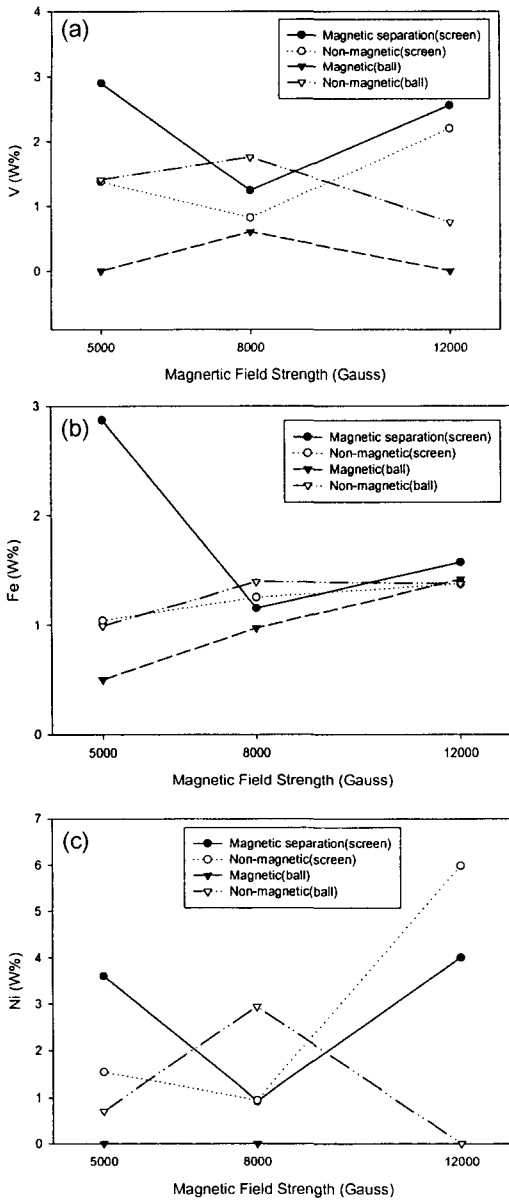


Fig. 4. EDX analysis of V, Fe and Ni after magnetic separation for non-oxidized FCC catalyst. ((a) V, (b) Fe, (c) Ni)

8000gauss까지 증가하였다가 점차 감소하는 경향을 나타냈다. Fe(b)은 스크린은 자장을 증가함에 따라 자성 선별은 급격히 감소하였다가 8000gauss부터는 점차 증가하는 경향을 보였으며, 비자성 선별은 점차 증가하는 경향을 보였다. 볼의 경우 자성 선별과 비자성 선별에

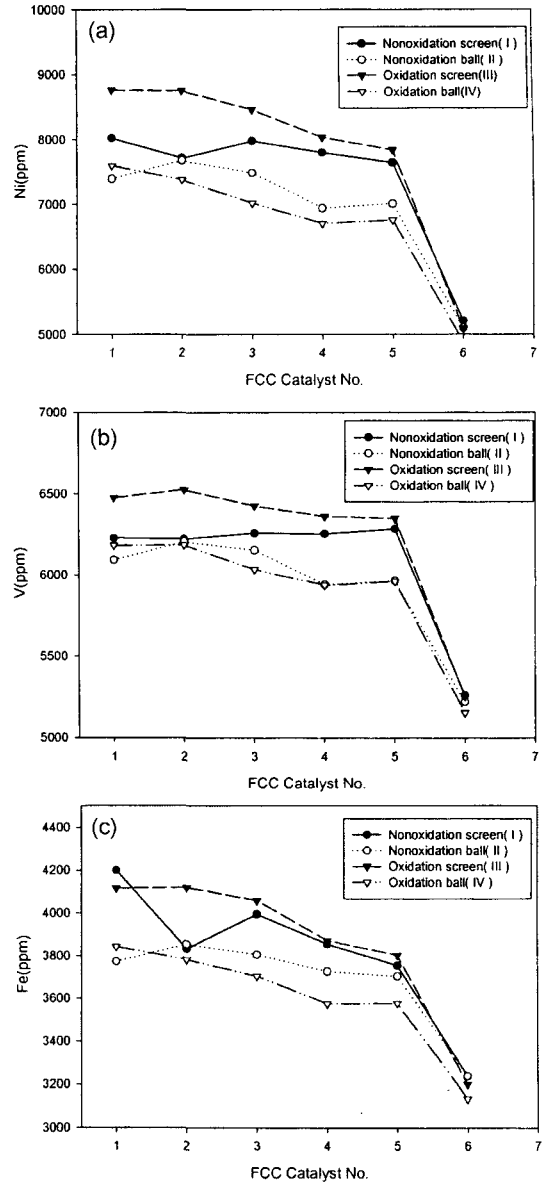


Fig. 5. XRF results of Ni (a), V (b), and Fe (c) after magnetic separation under 12000gauss.

관계없이 모두 자장을 증가함에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다.

산화, 비산화 시료를 스크린 매트릭스에서 각각 자장을 변화시킬 때의 V, Fe 및 Ni의 분리거동을 살펴보면, V의 경우 산화된 시료의 자성 선별은 자장이 증가함에

따라 점차 증가하는 경향을 보였고 비자성 선별은 감소하였다. 그리고 비산화된 시료는 자성 선별과 비자성 선별 모두 자장이 증가함에 따라 8000gauss까지 감소하다가 증가하였다. Fe는 자성선별에서 산화, 비산화 시료 모두 감소하다가 8000gauss부터 증가하였고, 비자성 선별은 산화, 비산화 시료 모두 증가하였다. Ni의 분리거동은 산화와 비산화 시료의 자성 선별과 비자성 선별은 모두 자장이 증가함에 따라 8000gauss까지 감소하다가 증가하는 것으로 나타났다.

한편, 산화와 비산화 시료를 불 매트릭스 조건에서 각각 자장을 변화시킬 때의 V, Fe 그리고 Ni의 분리거동을 관찰하면, V는 산화된 시료의 자성 선별은 자장이 증가함에 따라 감소하다가 8000gauss부터는 증가하였고, 비자성 선별은 천천히 증가하였다. 비산화된 시료는 자성 선별과 비자성 선별은 8000gauss까지 증가하다가 감소하였는데 비자성 선별에서는 V의 분리가 줄곧 0에 가까워졌다. 이것은 V가 비자성체로 작용하기 때문에 자력 선별법으로 분리해낼 수 없음을 나타낸다. Fe의 분리 거동에서, 산화, 비산화 시료는 자성 선별과 비자성 선별이 모두 자장을 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였는데 그 중 산화된 시료의 자장선별은 급격히 감소하였다. Ni를 관찰하면 산화된 시료의 자성 선별과 비자성 선별 모두 감소하다가 8000gauss부터는 증가하였다. 비산화 시료의 자성 선별은 0이었으며, 비자성 선별은 8000gauss까지 증가하

다가 감소하여 0으로 되었다. 이것은 비산화 시료에 있어서 자력 선별법으로 Ni의 분리법은 타당치 못함을 나타낸다.

3.2. 2차 자력선별 실험결과

Table 2는 12000gauss에서 스크린과 불 매트릭스법을 사용하여 FCC 폐촉매, 산화된 FCC 폐촉매의 자력선별 결과를 나타낸다. 선별된 시료의 양은 퍼센트 비율을 사용하였다. Table 2의 결과를 보면 스크린을 이용한 실험과 불을 사용한 실험이 거의 비슷하게 선별되었으나, 불을 사용한 경우에 선별이 약간 많음을 나타내었다. Fig. 5는 12000gauss에서 스크린과 불 매트릭스법을 사용하여 FCC 폐촉매, 산화된 FCC 폐촉매의 자력선별 후 각 시료들의 XRF 결과를 나타낸다.

Fig. 5 에서는 각 실험 조건에 따른 함유 원소의 양적 관계가 Ni, V, Fe 모두 스크린을 이용한 자력 선별 실험에서 효과가 있음을 보여주었다.

3.3. 3차 자력선별 실험결과

Table 3은 산화된 FCC 폐촉매와 FCC 폐촉매를 드럼 속도 20, 25, 30, 40, 50rpm으로 각각 고정시켜놓고, 시료의 이송 속도를 각각 40, 45, 50, 60, 70g/min으로 변화시켰을 때 선별된 자성 물질의 양과 선별되지 않은 비자성 물질의 양을 (%)로 나타내었다.

Table 3의 결과를 분석하면 비산화 FCC 폐촉매를

Table 2. Results of magnetic separation under 12000gauss.

Terms	Sample	Wasted FCC Catalyst		Calcined Wasted FCC Catalyst	
		Sample No.	(%)	Sample No.	(%)
Screen matrix	I-1(First separation)		4.25	III-1(First separation)	3.15
	I-2(Second separation)		3.35	III-2(Second separation)	3.20
	I-3(Third separation)		3.30	III-3(Third separation)	2.85
	I-4(Fourth separation)		2.55	III-4(Fourth separation)	2.61
	I-5(Fifth separation)		2.40	III-5(Fifth separation)	2.35
	I-6(Rest)		83.95	III-6(Rest)	85.85
Ball matrix	II-1(First separation)		5.10	IV-1(First separation)	5.60
	II-2(Second separation)		5.10	IV-2(Second separation)	4.25
	II-3(Third separation)		3.80	IV-3(Third separation)	4.85
	II-4(Fourth separation)		6.90	IV-4(Fourth separation)	4.35
	II-5(Fifth separation)		4.50	IV-5(Fifth separation)	5.05
	II-6(Rest)		74.60	IV-6(Rest)	75.90

Table 3. Results of magnetic separation with various factors.

Terms		Sample	Wasted FCC catalyst		Calcined wasted FCC catalyst	
			magnetic	non magnetic	magnetic	non magnetic
Revolution of drum per minute (rpm)	Feeding rate (g/min)		wt.%	wt.%	wt.%	wt.%
20	40		2.82	97.18	0.40	99.60
	45		2.30	97.70	0.18	99.82
	50		0.46	99.54	0.16	99.84
	60		0.38	99.62	0.10	99.90
	70		0.20	99.80	0.06	99.94
25	40		5.00	95.00	0.54	99.46
	45		3.14	96.86	0.25	99.75
	50		1.38	98.62	0.20	99.80
	60		0.54	99.46	0.14	99.86
	70		0.38	99.62	0.06	99.94
30	40		5.76	94.24	0.78	99.22
	45		5.00	95.00	0.58	99.42
	50		4.00	96.00	0.22	99.78
	60		0.80	99.20	0.17	99.83
	70		0.38	99.62	0.10	99.90
40	40		4.70	95.30	0.68	99.32
	45		4.46	95.54	0.48	99.52
	50		1.94	98.06	0.36	99.64
	60		0.58	99.42	0.16	99.84
	70		0.30	99.70	0.08	99.92
50	40		3.74	96.26	0.60	99.40
	45		4.16	94.84	0.42	99.58
	50		1.86	98.14	0.30	99.70
	60		0.64	99.36	0.15	99.85
	70		0.30	99.70	0.06	99.94

드럼 속도를 일정하게 고정시키고 이송 속도를 변화시키면서 자력선별 시켰을 때 드럼 속도가 30rpm이고 이송 속도가 40g/min일 때의 자력선별 양이 가장 많음을 보였다. 이것은 드럼 속도 30rpm일 때 FCC 폐촉매에 대하여 최적의 선별효과를 나타내고, 이송 속도는 느릴수록 선별 효과가 좋음을 보인다. 이로부터 알 수 있듯이 이송 속도가 60, 70g/min일 때는 선별량이 매우 적어 거의 선별이 안 된다고 볼 수 있다.

산화 FCC 폐촉매를 일정한 드럼 속도로 고정시키고 이송 속도를 변화시키면서 자력 선별했을 때의 선별된 양을 관찰하면 드럼 속도가 30rpm일 때, 이송 속도가 40g/min일 때의 자력선별 양이 가장 많음을 보여 주었다. 이것은 드럼 속도가 30rpm일 때 FCC 폐촉매에 대하여 최적의 선별 효과를 나타내고 있으며 이송 속도는 느릴수록 선별 효과가 좋게 나타났다.

4. 결 론

석유화학공업의 증유 정질화공정에서 폐기되어 별다른 용도가 없는 FCC 촉매로부터 불순금속을 제거하기 위한 자력선별 연구를 시행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 산화된 FCC 폐촉매보다 비산화 FCC 폐촉매 시료를 사용하였을 때가 자력선별이 잘되었고, 스크린보다 불 매트릭스 방법이 선별력이 양호한 것으로 나타났는데 이는 불 매트릭스의 충전율이 더 높기 때문이다.

2) 선별력은 자장의 증가에 따라 증가하는 추세를 보였으며, 불 매트릭스 방법은 최대 51.10%의 선별력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

3) 선별된 시료의 XRF 분석 결과, 스크린과 불 매트릭스법이 거의 비슷한 선별결과를 보였다.

4) 산화된 FCC 폐촉매보다 비산화 FCC 폐촉매가 더 나은 선별 결과를 나타내었다. 드럼 속도가 느릴 수록, 그리고 이송속도는 작을 수록 좋은 선별효과를 보였다. 산화 FCC 폐촉매 시료는 자성성분이 거의 산화되었으므로 Fe, V 등 산화물의 선별에는 효과적이거나, 그 양이 매우 적으므로 선별된 양 역시 매우 적었다. 따라서 시료를 산화시켜서 자력 선별하는 방법보다 시료를 그대로 자력 선별하는 방법이 더 나은 결과를 보였다.

사 사

본 연구는 과학기술부 특정연구개발사업 국가지정연구실사업의 일환으로 수행된 것입니다. 이 연구를 수행하는데 도움을 준 과학기술부의 지원에 감사드립니다.

潘 奉 贊

- 현재 순천대학교 금속공학과 교수
- 본 학회지 제8권 5호 참조

참고문헌

1. 환경부: 환경백서 2001, p. 588 (2001).
2. 전성균, 양종규, 김종화, 이성식: "FCC 폐촉매로부터 Ce, Nd 및 V의 분리 회수 프로세스", J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry, 8, pp. 679-684 (1997).
3. Y.V. Kissin : "Chemical mechanism of hydrocarbon cracking over solid acidic catalysts", J. Catal., 163, p. 50 (1996).
4. U.A. Sedran : "Laboratory testing of FCC catalysts and hydrogen transfer properties evaluation", Catal. Rev. Sci. Eng., 36, p. 405 (1994).
5. S.I. Andersson and T. Myrstad : "Test of magnetically separated catalysts in an ARCO pilot unit", Applied Catalysis A, 159, pp. 291-304 (1997).
6. P.A. Augusto, P. Augusto and T. Castelo-Grande : "Magnetic classification", Minerals Engineering, 15, pp. 35-43 (2001).
7. 이홍길, 이철태 : "고구배 자력선별기에 의한 석탄회로부터의 철분회수", J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry, 6, pp. 601-609 (1995).
8. C.C. Harvey : "Coal characterization and high gradient magnetic separation studies of coal fines from Paradise Kentucky", Fuel and Energy, 38, p. 295 (1997).
9. G. Iacob and N. Rezlescu : "Experimental observations on the saturation mass in the capture process of an ordered transverse high gradient magnetic separation matrix", Power Technology, 97, pp. 233-236 (1998).
10. J. Svoboda : "A realistic description of the process of high-gradient magnetic separation", Minerals Engineering, 14, pp. 1493-1503 (2001).



李 眞 淑

- 2002년 관동대학교 환경공학과 학사
- 현재 이화여자대학교 환경학과 대학원 재학

金 東 秀

- 현재 이화여자대학교 환경학과 교수
 - 본 학회지 제8권 5호 참조
-

학회지 광고게재 안내

격월 년간 6회로 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	50 만원	30 만원	170 만원	120 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 안 쪽	50 만원	30 만원	170 만원	120 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 바깥쪽	60 만원	40 만원	200 만원	150 만원	150 만원	120 만원
학회지 안(내지)	30 만원	20 만원	100 만원	80 만원	80 만원	50 만원

※Film을 주시는것을 기준으로 책정된 금액입니다.