

自動車 廢觸媒의 浸出液으로부터 白金族 金屬의 溶媒抽出†

金美愛 · *李在天 · 金致權 · 金珉奭 · 金炳洙 · 柳庚權

韓國地質資源研究院 資源活用素材研究部, 대전시 유성구 가정동 30, 305-350

Solvent Extraction of Platinum Group Metals from the leach Liquor of Spent Automotive Catalyst†

Mi-Ae Kim, *Jae-chun Lee, Chi-Kwon Kim, Min Seuk Kim,
Byung-Su Kim and Kyoungkeun Yoo

Minerals & Materials Processing Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources(KIGAM),
Daejeon, Korea 305-350

요 약

자동차 폐촉매의 침출액으로부터 백금족 금속의 분리를 위하여 용매추출에 대한 기초연구가 수행되었다. 추출제로 tri-n-butyl phosphate (TBP), tri-n-octylamine (TOA) 그리고 di-n-hexyl sulfide (DHS)를 등유에 희석하여 사용하였다. 추출제의 종류 및 농도가 백금, 팔라듐 그리고 로듐의 추출거동에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 세륨, 납, 철, 마그네슘 그리고 알루미늄 등 침출액에 존재하는 주요 금속불순물들의 추출거동도 함께 조사하였다. TBP는 백금과 팔라듐, 그리고 TOA는 백금, 팔라듐, 로듐을 동시에 추출하였다. DHS 추출제인 SFI-6에 의한 용매추출 시 백금이 팔라듐과 함께 유기상으로 추출되었으나, SFI-6R은 팔라듐만 선택적으로 추출하였다. SFI-6R은 SFI-6에 비하여 팔라듐에 대한 선택성이 우수하였으나 추출속도가 느렸다. 추출제의 종류에 따라 백금족 금속과 함께 추출되는 금속불순물들이 달라지며 세정 또는 탈거공정에서 이들을 제거하여야 한다. 자동차 폐촉매의 침출액으로부터 백금, 팔라듐 그리고 로듐을 분리하기 위하여 먼저 DHS 추출제인 SFI-6R를 사용하여 팔라듐을 분리한 다음 TBP 또는 TOA으로 백금을 추출하여 로듐과 분리하는 공정이 적절한 것으로 나타났다.

주제어 : 자동차 폐촉매, 백금족 금속, 용매추출, tri-n-butyl phosphate, tri-n-octylamine, di-n-hexyl sulfide

Abstract

The solvent extraction for the separation of platinum group metals from the leach liquor of spent automotive catalysts has been studied. Tri-n-butyl phosphate (TBP), tri-n-octylamine (TOA) and di-n-hexyl sulfide (DHS) were used as extractants and kerosene as a diluent. The extraction behavior of platinum, palladium and rhodium has been investigated as functions of different kinds of extractants and their concentrations. In addition, the extraction behavior of the major metal impurities such as cerium, lead, iron, magnesium and aluminum has been investigated. Platinum and palladium were extracted with TBP. And platinum, palladium and rhodium were extracted with TOA. Platinum was co-extracted with palladium into the organic phase by solvent extraction using SFI-6 of DHS extractant, but only palladium was selectively extracted with SFI-6R. The selective extraction of palladium with SFI-6R was found better than that with SFI-6, but the kinetics of extraction with SFI-6R was found poor in comparison to SFI-6. The metal impurities extracted simultaneously during the extraction of platinum group metals should be removed in scrubbing and stripping processes. A suitable process has been proposed for the separation of platinum group metals from the leach liquor of spent automotive catalysts. Initially palladium was extracted with SFI-6R, followed by the separation of platinum with TBP or TOA leaving rhodium in the raffinate.

Key words: spent automotive catalyst, platinum group metals, solvent extraction, tri-n-butyl phosphate, tri-n-octylamine, di-n-hexyl sulfide

† 2006년 6월 14일 접수, 2006년 7월 18일 수리

* E-mail: jclee@kigam.re.kr

1. 서 론

자동차에는 자동차 배기가스정화용 촉매전환기(automotive exhaust catalytic converters)가 부착되어 있다¹⁾. 자동차 촉매는 honeycomb상의 세라믹스 구조체를 담체로 사용하는데 표면에 다공성의 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 가 겔 코팅(gel coat)이나 담지(wash coat)되어 있으며, 넓은 표면을 제공해 주는 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 에 100~150 μm 의 백금족 금속 미립자들이 분산되어 있다²⁾.

자동차 촉매로 사용되고 있는 백금족 금속들은 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh) 등이며 촉매에 장진되는 백금족 금속의 함량과 혼합비는 자동차 제조사 및 차종에 따라 달라진다. 그리고 점점 더 엄격하여지는 배기가스 규제에 인하여 촉매에 장진되는 백금족 금속의 함량이 증가하는 추세이다. 전 세계적으로 자동차 촉매용으로 사용되고 있는 백금족 금속의 양은 2005년도에 백금; 109.4 톤, 팔라듐; 104.6 톤, 로듐; 23.2 톤으로서 총 237.2 톤 이었다³⁾. 백금족 금속은 고가이어서 부가가치가 높을 뿐만 아니라 광물자원이 희귀하고 부존지역이 편중되어 있기 때문에 이의 확보를 위하여 자동차 폐촉매로부터의 재활용이 활발하게 이루어지고 있다. 2000년도에 자동차 폐촉매로부터 22,084 kg의 백금족 금속을 회수하였으나 2005년도의 회수량은 46,208 kg 으로서 그 해 수요량의 약 20%를 재활용하였다³⁾.

자동차 폐촉매로부터 백금족 금속을 회수하는 방법들은 습식제련법, 건식제련법, 기상휘발법 등으로 대별된다^{1,2,4)}. 먼저 자동차 폐촉매로부터 백금족 금속들을 추출한 다음 분리공정을 거치게 되는데, 백금족 금속은 화학적 성질이 유사하기 때문에 고도의 분리기술이 요구된다. 백금족 금속의 분리에는 주로 화학침전법, 용매추출법, 이온교환수지법, 전해정련법 그리고 산화중류법 등의 정제법들을 병행하여 사용한다^{4,6)}. 종래에는 용해 조건부여-화학침전(결정화)-환원으로 이루어진 분리정제 공정을 반복적으로 적용하여 목적하는 순도의 백금족 금속 또는 화합물을 제조하는 화학침전법이 가장 널리 사용되어 왔었다. 그러나 화학침전법에 의한 분리정제는 분리도, 생산성, 조업의 복잡성 및 노동 집약성 등 많은 단점들을 갖고 있으므로 환경친화적이며 에너지절

약형 기술인 용매추출을 널리 사용하게 되었다.

용매추출에 의한 백금족 금속의 분리는 1970년대 이후부터 백금족 금속 제련소를 중심으로 시작되었다^{4,10)}. 용매추출공정은 크게 i) 다른 추출제에 의한 목적금속의 선택적 추출, ii) 같은 추출제에 의한 동시추출 후 선택적 탈거 등으로 구분된다. 그리고 백금족 금속의 추출제 및 용매추출공정은 금속의 종류 및 제련소에 따라 조금씩 달라진다. 일반적으로 백금의 추출제로 tri-n-octylamine (TOA), tri-n-butyl phosphate (TBP), acetic acid derivative of a secondary amine 등 이온쌍형성(ion-pair formation) 추출제들이 사용되어 왔다. 팔라듐은 di-n-hexyl sulfide (DHS), di-n-octyl sulfide (DOS), β -hydroxyoxime 등 화합물형성(compound formation) 추출제들을 사용하여 분리하고 있다⁸⁻¹⁰⁾.

국내에서 백금족 금속의 용매추출에 대한 연구¹¹⁻¹³⁾가 간헐적으로 보고되고 있으나 활발하지 못하며 더욱이 상용공정에 대한 정보는 전혀 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 용매추출에 의한 백금족 금속의 분리에 대한 연구를 수행하였다. 자동차 폐촉매의 염산 침출액¹⁴⁾으로부터 용매추출법으로 백금, 팔라듐 그리고 로듐을 분리하기 위한 기초자료를 얻고자 하였다. 추출제로 DHS, TBP, TOA를 사용하였으며 추출제의 종류 및 농도가 백금족 금속 및 금속불순물들의 추출거동에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

2.1. 시료

용매추출실험을 위하여 자동차 폐촉매의 침출액¹⁴⁾을 시료로 사용하였으며 그 조성은 Table 1과 같다. 추출제로는 tri-n-butyl phosphate(TBP, 순도 99.0%, Junsei Chemical Co., Ltd.), tri-n-octylamine(TOA, 순도 99.7%, Sigma Chemical Co.) 그리고 di-n-hexyl sulfide (DHS, 상품명; SFI-6, 순도 97.5%; SFI-6R, 순도 99.8%)를 제조사로부터 구입하여 정제 없이 사용하였다. 희석제로는 시약급 등유(Kanto Chemical Co., Inc.)를 사용하였다. 기타 모든 실험에 1급 시약을 사용하였다.

Table 1. Composition of leach liquor of spent automotive catalyst for solvent extraction.

Elements	Pt	Pd	Rh	Mg	Al	Fe	Ce	Pb
Composition(ppm)	349	172	51	1,704	11,700	520	5,400	1,220

2.2. 실험방법

용매추출실험에서 수상으로 자동차 폐촉매의 침출액을 사용하였으며, 침출액의 산도, $[H^+]=1.13M$, 염소이온의 농도, $[Cl^-]=4.4 M$ 이었다. 유기상은 일정양의 추출제를 등유에 희석하여 제조하였다. 수상과 유기상의 상비를 1:1(총 부피; 50 ml)로 하여 분리 깔때기(Separatory funnel)에 장입하고 추출평형에 도달할 때 까지 항온 진탕기 ($25^{\circ}C \pm 1$)에서 교반하였다. 추출평형에 도달 한 다음 정지하여 수상과 유기상의 상분리를 하였으며 각각의 금속농도를 분석하여 추출율을 계산하였다. TBP로부터 금속이온의 역추출을 위한 탈거용액 (stripping solution)으로 증류수를 사용하였다. TOA로부터 금속의 이온의 탈거는 가성소다용액 (NaOH) 또는 염산용액 (HCl)을 사용하였으며, DHS는 암모니아용액(NH_4OH)을 사용하여 탈거실험을 행하였다.

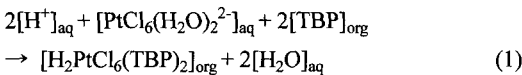
금속이온들의 농도는 유도결합플라즈마 원자방출분광기 (ICP-AES, Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer, Jobin Yvon JY 38 plus)를 사용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. TBP 에 의한 용매추출

백금족 금속은 염소이온과 착체(complex)를 형성하며 이들의 화학종은 염소이온의 농도에 따라 달라진다. 용매추출실험에 사용된 자동차 폐촉매의 침출액 중 염소이온의 농도, $[Cl^-]=4.4 M$ 이다. 따라서 침출액 중 백금, 팔라듐, 로듐은 각각 $PtCl_6^{2-}$, $PdCl_4^{2-}$, $RhCl_6^{3-}$ 착체로 존재한다¹²⁾.

TBP는 이온쌍 형성 (ion-pair formation) 추출제로서 백금의 추출반응식은 다음과 같다^{5,10)}.



Figs. 1과 2는 TBP 농도가 백금, 팔라듐, 로듐 등 백금족 금속과 금속불순물들의 추출에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 추출제로 사용한 TBP 농도는 5~100 vol. % 이었으며 수상/유기상의 상비는 1이었다. 본 실험조건에서 TBP에 의한 금속이온의 추출평형은 60분 이내에 도달하였으므로 용매추출실험에서 교반시간은 60분으로 하였다. TBP 농도가 20 vol. % 이하일 때 백금족 금속들은 유기상으로 거의 추출되지 않았다. TBP 농도가 20 vol. % 이상으로 증가함에 따라 백금과 팔라듐

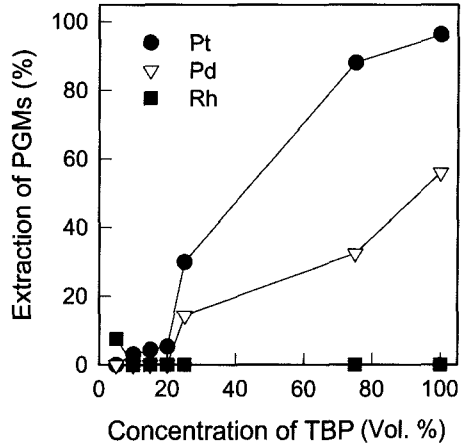


Fig. 1. Effect of TBP concentration on the extraction of Pt, Pd and Rh with TBP in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 60 min.)

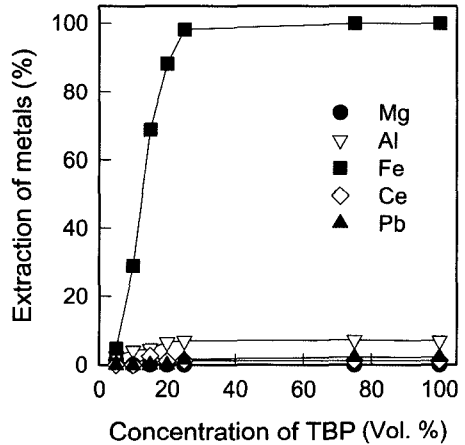


Fig. 2. Extraction behavior of metal impurities with TBP in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 60 min.)

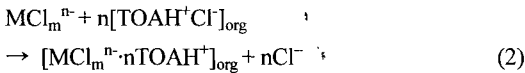
의 추출율은 급격히 증가하기 시작하였다. 그러나 로듐은 유기상으로 거의 추출되지 않았다. 100 vol. % TBP를 사용하여 용매추출 하였을 때 백금과 팔라듐은 각각 96%, 56%가 유기상으로 추출되었다. TBP를 추출제로 사용하였을 때 $Pt > Pd > Rh$ 순으로 추출율이 높았다. 약 염기성 추출제인 TBP는 강한 염산매질(5-6 M)에서 이온쌍 형성 반응을 통하여 백금족 금속들을 추출하는 것으로 알려져 있다¹⁵⁾. 따라서 자동차 폐촉매의 침출액으로부터 백금족 금속의 추출을 향상시키려면 침출액의 염산농도를 증가시켜야 한다. 그러나 염산농도의 증가는 백금족 금속의 용매추출 후 발생하는 폐액의 처리를

어렵게 하므로 공정선택을 주의 깊게 하여야 한다¹²⁾.

Fig. 2에서 보는바와 같이 불순물 금속 중에서 세륨(Ce), 납(Pb), 마그네슘(Mg) 등은 TBP에 의하여 거의 추출되지 않았으나 철(Fe)의 추출율은 TBP 농도가 높아짐에 따라 증가하였으며 25 vol. % TBP에 의하여 98%가 유기상으로 추출되었다. TBP에 의한 철의 추출율이 백금과 팔라듐 보다 높았다. 따라서 백금족 금속을 추출하기 전에 철을 먼저 분리하거나 세정 또는 선택적 탈거공정을 통하여 제거하여야 한다. TBP에 의한 금속불순물들의 추출효율은 철>알루미늄 순이었으며 세륨, 납, 마그네슘은 거의 추출되지 않았다.

3.2. TOA 에 의한 용매추출

TOA는 이온쌍 형성 추출제로서 chloroanions으로 존재하는 백금과 팔라듐의 추출반응은 다음과 같이 나타낼 수 있다¹⁰⁾.



Figs. 3과 4는 TOA 농도의 변화에 따라 침출액으로부터 백금족 금속과 금속불순물들의 추출거동을 나타낸 그림이다. TOA 농도는 5~20 vol. % 이었으며 수상/유기상의 상비는 1이었다. TOA에 의한 백금족 금속의 추출평형은 15분 이내에 도달하므로 교반시간을 30분으로 고정하였다. 5 vol. % TOA를 사용하여 염소농도가 4 M인 침출액으로부터 백금족 금속을 용매추출 하였을 때 백금의 99.5%가 유기상으로 추출된 반면에 팔라듐은 92%가 추출되었다. 추출제 농도가 증가함에 따라 팔라듐의 추출율은 증가하였으며 15 vol. % TOA에 의하여 99.4%가 유기상으로 추출되었다. TOA를 추출제로 사용하는 경우 염산농도에 상관없이 백금의 추출율이 팔라듐보다 높은 것으로 알려져 있으며 본 실험결과와 잘 일치 한다^{5,8)}. TOA에 의한 로듐의 추출율도 상당히 높았다. TOA에 의한 백금족 금속의 추출율은 Pt>Pd>Rh 순이었다.

Fig. 4의 TOA에 의한 금속불순물들의 추출거동에서, 침출액에 존재하는 금속불순물중 철의 추출율이 가장 높았으며 10 vol. % TOA로 추출하였을 때 철의 100%가 유기상으로 추출되었다. 납의 추출율은 TOA 농도가 증가함에 따라 계속 증가하였으며 10 vol. % TOA에 의하여 82%가 유기상으로 추출되었다. 마그네슘의 추출율은 상대적으로 낮았으며 함량이 가장 높은 세륨과 알루미늄은 TOA에 의하여 추출되지 않았다.

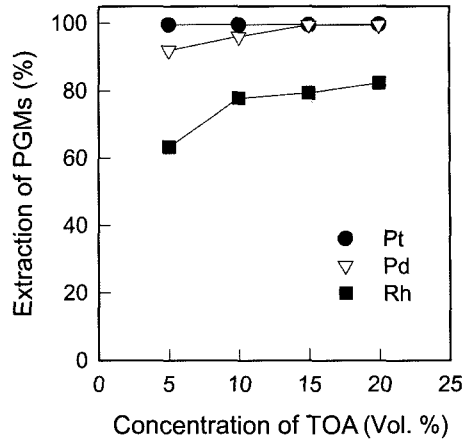


Fig. 3. Effect of TOA concentration on the extraction of Pt, Pd and Rh with TOA in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 30 min.)

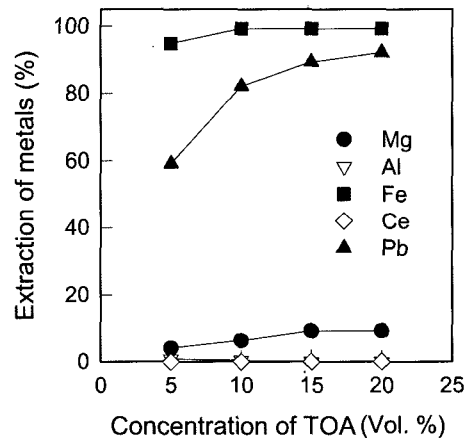
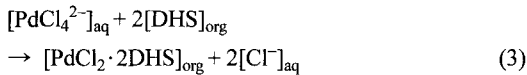


Fig. 4. Extraction behavior of metal impurities with TBP in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 30 min.)

하여 백금족 금속과 함께 유기상으로 추출된 상당량의 철과 납은 세정 (scrubbing) 또는 선택적 탈거공정을 통하여 제거되어야 한다. TOA를 추출제로 사용하였을 때 철>납>마그네슘 순으로 추출이 잘되었으며 세륨과 알루미늄은 유기상으로 추출되지 않았다.

3.3. DHS 에 의한 용매추출

DHS는 화합물 형성 (compound formation) 추출제로서 백금족 금속 중에서 팔라듐을 선택적으로 추출하며 그 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다^{10,13)}.



DHS 추출제인 SFI-6와 SFI-6R을 사용하여 팔라듐의 용매추출을 행하였으며 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 10 vol. % SFI-6으로 팔라듐을 유기상으로 추출하였을 때 10분 이내에 추출평형에 도달하였으나 10 vol. % SFI-6R를 추출제로 사용하였을 때 추출평형에 도달하기 위하여 약 60분이 소요되었다. 전술한 바와 같이 SFI-6와 SFI-6R의 순도는 각각 97.5%, 99.8%로서 SFI-6에 미량의 TOA가 첨가되어 있으며, SFI-6에 의한 팔라듐의 추출속도가 SFI-6R에 의한 것보다 빠른 것은 SFI-6에 함유되어 있는 TOA가 추출의 촉진제 역할을 하기 때문으로 알려져 있다¹⁷⁾.

Figs. 6와 7은 SFI-6을 추출제로 사용하였을 때 백금족 금속과 금속불순물의 추출거동을 나타내 그림이다. SFI-6의 농도는 5~20 vol. % 이었으며 수상/유기상의 상비는 1이었다. SFI-6에 의한 백금족 금속의 추출평형은 10분 이내에 도달하므로 교반시간을 15분으로 고정하였다. 5 vol. % SFI-6에 의하여 100%의 팔라듐이 유기상으로 추출되었다. 추출제 SFI-6의 농도가 5 vol. %에서 15 vol. %로 증가함에 따라 백금의 추출율은 10%에서 37%로 증가하였으나, 그 이상에서는 추출율의 증가가 둔화되어 거의 일정한 추출율을 나타내었다. SFI-6의 농도가 증가함에 따라 유기상으로 백금의 추출이 증가하는 것은 SFI-6에 함유되어 있는 TOA의 함량이 증가하기 때문이다. 10 vol. % SFI-6을 사용하였을 때 백금에

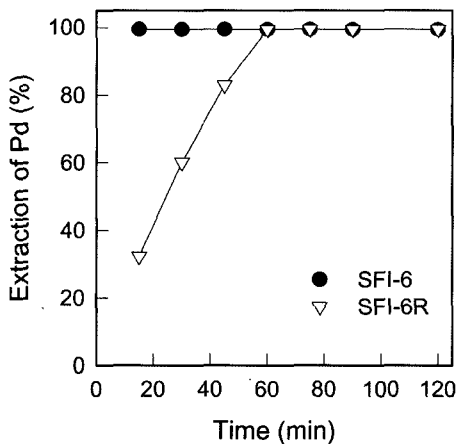


Fig. 5. Comparison of the extraction of Pd with 10 vol. % SFI-6 and SFI-6R in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 60 min.)

대한 팔라듐의 분리계수, $\beta_{Pd/Pt}$ =196 이었다. 로듐의 추출율은 2~4%로 미미하였다. SFI-6에 의한 백금족 금속의 추출은 팔라듐>백금>로듐 순 이었다. Fig. 7에서 보듯 바와 같이 SFI-6에 의한 금속불순물의 추출에서는 세륨>마그네슘>철, 알루미늄>납 순으로 추출율이 높았다. 이온쌍 형성 추출제인 TBP와 TOA를 사용하였을 때 각각 철, 철과 납의 추출율이 높았으나 화합물 형성 추출제인 DHS에 의한 용매추출에서는 세륨과 마그네슘의 추출율이 상대적으로 높았다. 그리고 SFI-6에 의한 납의 추출은 거의 일어나지 않았다.

SFI-6R을 사용하여 자동차 침출액으로부터 백금족 금

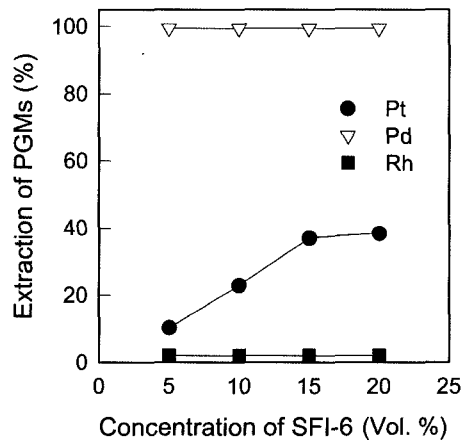


Fig. 6. Effect of SFI-6 concentration on the extraction of Pt, Pd and Rh with SFI-6 in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 15 min.)

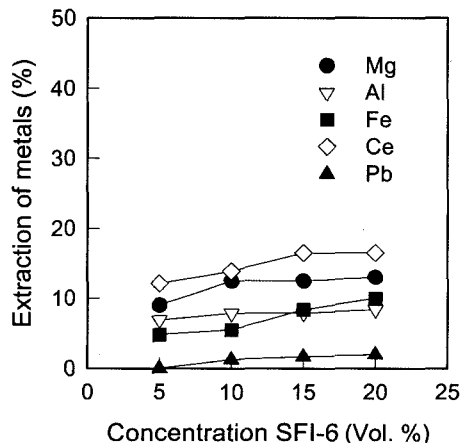


Fig. 7. Extraction behavior of metal impurities with SFI-6 in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 15 min.)

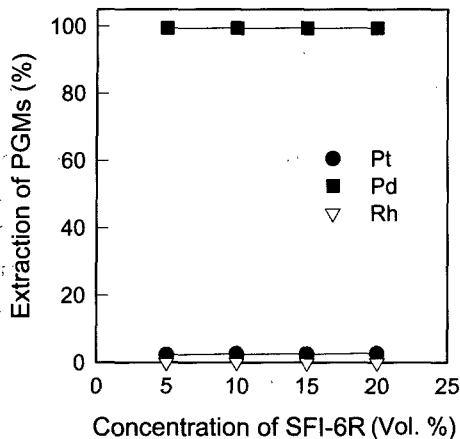


Fig. 8. Effect of SFI-6R concentration on the extraction of Pt, Pd and Rh with SFI-6R in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 60 min.)

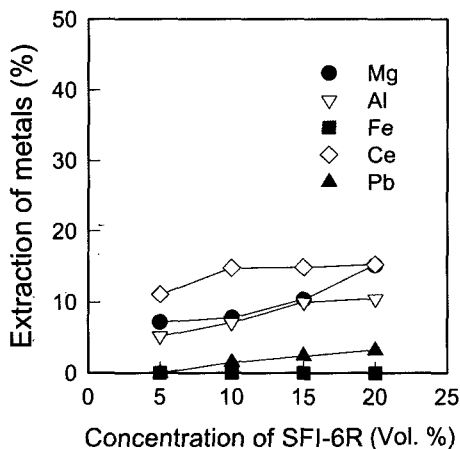


Fig. 9. Extraction behavior of metal impurities with SFI-6R in kerosene at 25°C. (O/A = 1, Eq. time = 60 min.)

속의 용매추출을 실시하여 그 결과를 Figs. 8과 9에 나타내었다. SFI-6R의 농도는 5~20 vol. % 이었으며 수상/유기상의 상비는 1이었다. SFI-6R에 의한 백금족 금속의 추출평형은 60분을 경과하여 도달하므로 60분 동안 교반하였다. SFI-6R에 의한 팔라듐의 추출효율은 SFI-6와 거의 같았지만, TOA가 함유되어 있지 않는 SFI-6R에 의한 백금의 추출은 매우 미미하였다. 5~20 vol. % SFI-6R을 사용하여 약 2%의 백금이 추출되었다. 그리고 로듐은 전혀 추출되지 않았다. Fig. 8의 용매추출실험결과로부터 10 vol. % SFI-6R를 사용하였을 때 백금에 대한 팔라듐의 분리계수, $\beta_{Pd/Pt}$ =6690 이었으며 이로

부터 팔라듐에 대한 선택추출에 대해서는 SFI-6R이 SFI-6보다 월등히 우수함을 알 수 있었다.

Fig. 9에서 보는바와 같이 SFI-6R에 의한 금속불순물의 추출거동은 철을 제외하고 SFI-6에 의한 추출거동과 유사하였다. SFI-6R을 추출제로 사용하였을 때 철은 전혀 추출되지 않았으나 동일한 추출조건에서 5~20 vol. % SFI-6에 의하여 약 5~10%의 철이 유기상으로 추출되었다. SFI-6R에 의하여 추출되지 않는 철이 SFI-6에 의하여 추출되는 것은 SFI-6에 함유되어 있는 TOA 때문으로 생각된다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 TOA에 의한 철의 추출효율은 매우 높다. SFI-6 및 SFI-6R과 같은 DHS 추출제에 의한 백금족 금속들의 추출효율은 팔라듐>백금>로듐 순이었다. 금속불순물의 추출경향은 SFI-6의 경우 세륨>마그네슘>철, 알루미늄>납 순이었으며, SFI-6R을 사용하였을 때 세륨>마그네슘>알루미늄>납 순으로 추출효율이 높았으며 철의 추출은 일어나지 않았다.

자동차 폐촉매의 침출액으로부터 백금, 팔라듐 그리고 로듐을 분리하기 위한 용매추출 실험결과, 먼저 DHS 추출제인 SFI-6R를 사용하여 팔라듐을 분리한 다음 TBP 또는 TOA으로 백금을 추출하여 로듐과 분리하는 공정이 적절한 것으로 나타났다. 그리고 백금족 금속과 동시에 추출되는 금속불순물들은 제거하기 위한 세정공정의 개발이 요구된다. 상용공정을 개발하기 위하여 추출제 농도, 금속이온의 농도 그리고 상비에 따른 추출, 세정 및 탈거의 단수에 대한 연구가 추가로 이루어져야 한다.

4. 결 론

자동차 폐촉매의 침출액으로부터 백금족 금속을 분리하는 공정을 개발하기 위하여 TBP, TOA 그리고 DHS를 추출제로 사용하는 용매추출에 대한 기초연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) TBP 농도가 20 vol. % 이하일 때 백금족 금속들은 유기상으로 거의 추출되지 않았으며 TBP 농도가 25 vol. % 이상으로 증가함에 따라 백금과 팔라듐의 추출율은 급격히 증가하기 시작하였다. 로듐은 유기상으로 거의 추출되지 않았다. TBP에 의한 금속불순물들의 추출효율은 철>알루미늄 순이었으며 세륨, 납, 마그네슘은 거의 추출되지 않았다.

2) TOA에 의한 백금족 금속의 추출율은 Pt>Pd>Rh

순 이었다. 금속불순물들 중에서는 백금>팔라듐>로듐 순으로 추출이 잘되었으며 세륨과 알루미늄은 유기상으로 추출되지 않았다.

3) DHS 추출제인 SFI-6 및 SFI-6R을 사용하였을 때 팔라듐의 추출속도는 SFI-6가 우수하였으나 팔라듐에 대한 선택성은 SFI-6R이 우수하였다. SFI-6에 의한 팔라듐의 추출속도가 빠른 것은 SFI-6에 함유되어 있는 TOA가 추출의 촉진제 역할을 하기 때문이다. 금속불순물의 추출경향은 SFI-6의 경우 세륨>마그네슘>철>알루미늄>납 순이었으며, SFI-6R을 사용하였을 때 세륨>마그네슘>알루미늄>납 순으로 추출효율이 높았으며 철의 추출은 일어나지 않았다.

4) 자동차 폐촉매의 침출액으로부터 백금, 팔라듐 그리고 로듐을 분리하기 위하여 먼저 DHS 추출제인 SFI-6R를 사용하여 팔라듐을 분리한 다음 TBP 또는 TOA으로 백금을 추출하여 로듐과 분리하는 공정이 적절한 것으로 나타났다. 그리고 백금족 금속과 동시에 추출되는 금속불순물들은 제거하기 위한 세정공정의 개발이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/환경부의 21C 프론티어연구개발사업인 자원재활용기술개발사업단 으로부터 연구비를 지원받아 수행된 “귀금속 회수 상용화 기술개발”에서 얻어진 연구결과의 일부입니다. 연구비를 지원해 주신 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

- Hoffman, J.E. 1988: *Recovering platinum group metals from autocatalyst*, Journal of metals, **40**, pp. 40-44.
- Mishra, R.K. 1989: *Recovery of platinum group metals from automobile catalytic converters - A review*, Precious Metals '89, ed. by Jha, M.C. and Hill, S.D., pp. 483-501, TMS-AIME, Warrendale, PA, USA.
- Kendall, T. 2005: *Platinum 2005 Interim Review*, Johnson Matthey, London, UK.
- Habashi, Fathi, 1997: *Part Six Precious Metals*, Handbook of Extractive Metallurgy, Volume III, edited by Fathi Habashi, pp. 1269-1328, WILEY-VCH, Germany.
- Watanabe, S. et al., 1991: *Chapter 9 - Recovery and Refining of Precious Metals*, Precious Metals Science and Technology, edited by Linda S. Benner et al., pp. 377-378, IPMI, Allentown, PA, USA.
- 한국자원재생공사, 1997: 제2장 백금족 금속 제련기술의 현황, 산업 폐기물로부터 백금족 금속의 회수 및 정제기술 개발, 이재천 등, pp. 40-49, 한국지질자원연구원, 대전, 한국.
- Edwards, R.I. 1976: *Refining of the platinum-group metals*, Journal of metals, August 1976, pp. 4-9.
- Cleare, M.J., Charlesworth, P. and Bryson, D.J. 1979: *Solvent extraction in platinum group metal processing*, J. Chem. Tech. Biotechnol., **29**, pp. 210-224.
- Barnes, J.E. and Edwards, J.D. 1982: *Solvent extraction at Inco's Acton precious metal refinery*, Chemistry and industry, March 1982, pp. 151-155.
- Demopoulos, G.P. 1986: *Solvent Extraction in Precious Metals Refining*, Journal of metals, June 1986, pp. 13-17.
- Kim, J-H., Lee, J-c. and Lee, W-H. 1996: *Solvent extraction of palladium by tributyl phosphate in HCl solution*, J. of the Korean Institute of Mineral and Energy Resources Engineers, **31**(1), pp. 33-39.
- Kim, J-H. and Miller, J.D. 1998: *Refining of platinum group metals by solvent extraction*, J. of the Korean Institute of Mineral and Energy Resources Engineers, **35**(1), pp. 37-42.
- Lee, J-c., Jeong, J., Park, J.T., Kim, W.J. and Rhim, J.W. 2000: *Solvent extraction of palladium with Di-n-hexyl sulfide from hydrochloric acid media*, J. of the Korean Institute of Mineral and Energy Resources Engineers, **37**(3), pp. 166-172.
- Lee, J-c., Jeong, J-k., Kim, M-S., Kim, B-s. and Kim, C-K. 2004: *Recovery of platinum group metals from spent automotive catalysts by hydrochloric acid leaching*, J. of Korean Inst. of Resources Recycling, **13**(5), pp. 28-36.
- Casey, A.T., Davies, E., Meekand, T.K. and Wagner, E.S. 1967: *Solvent Extraction Chemistry*, pp. 327-334, North Holland, Amsterdam.
- Shibata, J. 2002: *Solvent Extraction of Precious Metals*, 표면기술, **53**(10), pp. 641-646.
- Daamach, S., Cote, G. and Bauer, D. 1987: *Separation of Platinum Group Metals in Hydrochloric Media: Solvent Extraction of Palladium with Dialkyl Sulphides*, Separation Processes in Hydrometallurgy, Ed. by Davies, G.A., Society of Chemical Industry, London, pp. 224.



金 美 愛

- 2002년 한남대학교 화학과 졸업(이학사)
- 2005년 연세대학교 화학과 졸업(이학 석사)
- 현재 한국원자력연구소 원자력재료기술 개발부



柳 庚 權

- 1995년 한양대학교 자원공학과(공학사)
- 1998년 한양대학교 자원공학과(공학석사)
- 2003년 일본 홋카이도 대학교 환경자원 공학 전공(공학박사)
- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재 연구부 선임연구원

李 在 天

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 부장
- 본 학회지 제10권 6호 참조

金 致 權

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
- 본 학회지 제13권 5호 참조

金 珉 爽

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부
- 본 학회지 제13권5호 참조

金 炳 洙

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 선임연구원
- 본 학회지 제13권5호 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	50 만원	30 만원	180 만원	140 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 안 쪽	50 만원	30 만원	180 만원	140 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.