

合成 抽出 樹脂를 利用한 白金溶液으로부터 알루미늄과 鐵의 分離[†]

林光一 · 韓東赫 · 黃仁性 · [†]韓椿 · 李珍榮* · 金俊秀* · 朴馨圭*

光云大學校 化學工學科, *韓國地質資源研究院 鑛物資源研究本部

Separation of Aluminum and Iron from Platinum Mixture using Synthetic Extraction Resins[†]

Gwang-II Lim, Dong-Hyuk Han, In-Sung Hwang, [†]Choon Han,
Jin-Young Lee*, Joon-Soo Kim* and Hyung-Kyu Park*

Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University

*Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM)

요 약

백금, 알루미늄, 철 혼합물 용액으로부터 백금 분리를 위하여 추출제 D2EHPA를 이용하여 현탁중합법에 기초한 고효율 추출 수지를 합성하고 분리효율을 평가하였다. 수지합성 시 추출제의 고른 분산과 균일한 입자를 만들어 알루미늄과 철의 추출량을 증가시키고자 반응 개시제인 benzoyl peroxide(BPO)의 첨가법을 변화시킨 결과 세 번 나누어 첨가한 3pot의 성능이 가장 우수하였다. D2EHPA를 이용하여 합성한 수지의 경우 Fe와 Pt간에 Fe는 100% 추출되었으며, Al과 Pt간의 분리실험에서 99.9%의 Al이 추출되었다. 수입되는 P₂₀₄ 수지 역시 Fe와 Pt간의 분리실험에서 100%의 Fe가 추출되었으며 Al과 Pt간의 분리실험에서는 98.9%의 Al이 추출되는 것을 확인하였다. 합성수지와 P₂₀₄내 추출제 함량은 각각 61.8, 60%이며, 이러한 차이가 추출효율에 차이를 가져오는 것으로 판단된다. 한편 두 수지 모두 55°C까지는 Al과 Fe의 추출효율이 증가하나, 그 이상의 온도에서는 영향이 없는 것으로 확인되었다. FT-IR분석 결과 추출제에 따른 고유의 피크를 1000cm⁻¹에서 확인할 수 있었으며 합성한 추출 수지와 P₂₀₄ 수지 모두 2900cm⁻¹에서 가교 폴리스티렌의 특징적인 피크를 확인하였다.

주제어 : 백금, D2EHPA, benzoyl peroxide, 합성수지, 현탁중합법

Abstract

For the separation of aluminum and iron from platinum mixtures, extraction resins were synthesized and separation efficiencies were compared with those by commercial one, P₂₀₄. During synthesis, the suspension polymerization method was adopted with D2EHPA as an extractant. Also, benzoyl peroxide as a starter was divided into 3parts and injected for the uniform size and dispersion of resin particles. Comparison tests resulted in 100% separation of Fe and Pt for both synthetic and P₂₀₄ resins. In case of Al and Pt, synthetic and P₂₀₄ resin gave extraction efficiencies of 99.9% and 98.9%, respectively. Difference in extractant contents of synthetic resin(61.8%) and P₂₀₄(60%) was considered to give differences in separation efficiencies of aluminum and iron elements. For both resins, separation efficiencies of Al and Fe increased up to 55°C. According to FT-IR analyses of both resins, specific peaks of D2EHPA and crosslinked polystyrene were identified at the wavenumber of 1000cm⁻¹ and 2900cm⁻¹ respectively.

Key words : platinum, D2EHPA, benzoyl peroxide, synthetic resin, suspension polymerization method

[†] 2011년 3월 23일 접수, 2011년 5월 16일 1차수정

2011년 6월 2일 수리

* E-mail: chan@kw.ac.kr

1. 서 론

백금족 금속은 산화나 환원을 통한 촉매작용, 높은 내부식성, 고온 내화학성, 높은 용융점, 미적 효과 등의 특징을 가지고 있어서 공업 및 상업용으로 광범위하게 사용되고 있다.¹⁾ 이러한 백금족 금속의 최대 소비 시장은 가솔린 및 디젤 엔진에서 배출되는 유해가스를 변환시키는 자동차 배기용 촉매장치로 북미, 유럽, 일본 및 기타 아시아 지역에서는 자동차 배출 가스 허용 기준이 점점 강화되면서 백금족 금속 소비가 증가하고 있다. 북미 지역과 유럽에서는 자동차 폐촉매로부터의 백금족 금속의 회수가 증가하고 있으며 또한 최근 가솔린 엔진 부분에서는 팔라듐이 백금의 대체제로 사용되면서 그 가치가 증대되고 있다. 뿐만 아니라 유리공업에서 LCD 제조용 백금 용광로 라이닝의 수요가 증가하고 있어 백금족 금속의 수요는 계속해서 증가하고 있다.^{2,3)}

최근 들어 일부 업체에서 스크랩, 폐기물 등과 같은 순환자원으로부터 백금과 팔라듐의 회수를 시작하고 있으며 석유화학분야의 촉매에서도 회수가 연구되어 진행되고 있다.^{4,5)} 이를 통해 해외의존성을 탈피하고, 소재의 고부가가치화를 실현하여 첨단산업분야의 기술개발에 핵심기술로서 활용될 수 있으며, 촉매뿐 아니라 반도체, LCD 부품소재 제조, 차세대 연료전지용 촉매제조, 비철금속 제조 등에서 고순도 회유금속 및 백금족 소재를 활용할 수 있다.^{6,7)} 이에 고도순환 기술개발을 통하여 회유금속의 국내 자급율을 높이는데 활용하여 P의 희소성에 따른 공급의 불안정성을 해소, 가격의 불안정성을 해결할 것을 예상할 수 있다.^{8,9)}

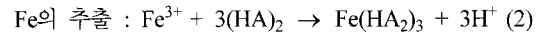
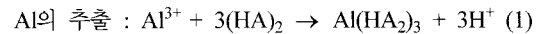
최근 백금의 회수를 위한 연구를 위해 용매추출법, 이온교환법, 추출 크로마토그래피법 등이 사용되고 있다. 용매추출법은 분리 후 용매자체에 의한 분리액의 농도 변화와 용매의 정제에 의한 불편함이 따르고, 이온교환법에서는 희박용액을 사용하기 때문에 상업적 규모의 분리정제공정에 이용하는데 많은 기술적, 경제적 제약이 있다. 1960년대 회토류 원소분리에 사용되기 시작한 추출 크로마토그래피법은 용매추출법, 이온교환 크로마토그래피법의 장점들을 조합한 새로운 분리공정이다. 또한 추출제의 낮은 손실과 이동현상 성질에 따른 빠른 분리, 고순도 산물의 생산 등의 많은 장점을 지니고 있다. 추출 크로마토그래피법에서는 추출제를 포함하는 다공성 중합체인 추출수지에 의해 금속 원소 분리가 진행되며, 이 때 추출 수지에 함유되는 추출제 양이 매우 중요하다.¹⁰⁾ 그러나 추출 크로마토그래피에 사용

되는 추출 수지가 아직 국내 생산이 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 유기금속회수의 일환으로 백금과 알루미늄과 철 금속의 분리를 위한 추출 수지를 합성하고, 수입되는 P₂₀₄ 수지와의 성능 비교실험을 통하여 그 대체 가능 여부를 확인하고자 하였다. 이를 위하여 수지 합성 시 현탁중합법을 사용하고, 이 때 반응개시제 투입법이 합성된 수지 특성 및 분리효능에 미치는 효과를 고찰하고자 하였다.

2. 추출 수지의 분리 메커니즘

추출 수지(D2EHPA)의 분리 메커니즘은 Fig. 1에 나타내었다. 본 추출제는 수소 결합에 의해 이합체(HA₂)를 형성하고, Al³⁺, Fe³⁺와 같은 금속 이온과 식 (1), (2)의 이온결합을 형성하여 백금과 분리된다.

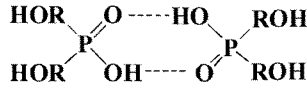


이때 (HA)₂는 Fig. 1 (a)의 이합체 형태이며 Al(HA₂)₃과 Fe(HA₂)₃는 Fig. 1 (b)의 알루미늄과 철 금속 이온을 3개의 이합체가 결합한 형태이다. 합성된 추출 수지에 의한 금속이온 흡착은 알루미늄, 철 금속 이온과 산소 이온과의 이온결합에 의해 일어난다. 따라서 D2EHPA로 합성한 추출 수지를 이용한 분리 실험에서 알루미늄과 철 금속 이온은 D2EHPA와 이온결합을 이루며 백금혼합물용액으로부터 분리된다.¹¹⁾

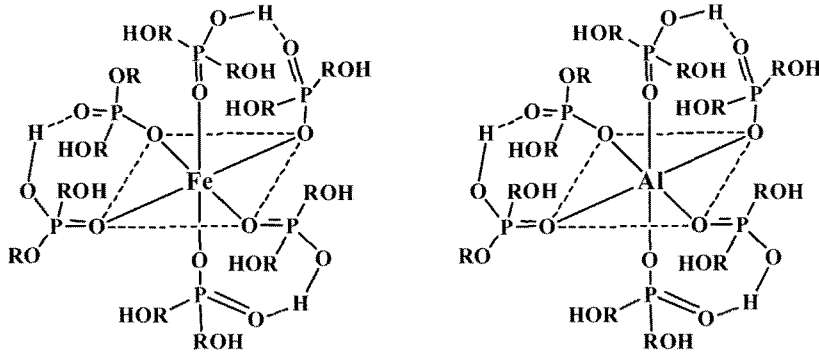
3. 실험

3.1. 실험재료

추출 수지의 합성을 위해 단량체 styrene monomer(KANTO CHEMICAL CO., INC., 99%)와 divinyl benzene(TOKYO CHEMICAL CO., LTD., 50%), 라디칼을 형성하는 중합반응개시제(BPO, ACROS ORGANICS, 99%)를 사용하였다. 안정제로는 polyvinyl alcohol 500 (DC Chemical INC)을 사용하였고 기공형성제로 toluene(Duksan pure chemical CO., LTD., 99%)과 n-heptane(Duksan pure chemical CO., LTD., 99.5%)을 사용하였다. 추출제는 di-2-ethylhexylphosphoric acid - D2EHPA(Luoyang Zhongda Chemical Co., Ltd.,



(a) Form of dimer(HA)₂ associated by the hydrogen bonds between two D2EHPA molecules



(b) Extraction of aluminum and iron ions by synthetic extraction resin using D2EHPA as an extractant

Fig. 1. Extraction of Fe and Al by D2EHPA.¹¹⁾

95%)를 사용하였다. 합성된 추출 수지는 25°C에서 24시간 동안 건조시킨 뒤 분쇄하여 75µm~100µm로 filtering하여 보관하였다. 상용수지로는 D2EHPA를 추출제로 사용한 P₂₀₄(Beijing Research Institute of Chemical Engineering and Metallurgy, D2EHPA 60%, particle size 60~100, density 0.53g/ml)를 사용하였다.

분리실험을 위한 백금족 원소를 위해 H₂PtCl₆·5.7H₂O (Kojima chemical., 99.2%), 알루미늄과 철 금속 원소로는 AlCl₃(FLUKA, 98%)과 FeCl₃ (SIGMA, 100%)를 사용하였다. 용액 내 원소의 농도를 분석하기 위해 inductively coupled plasma - optical emission spectrometer(DV2000, PerkinElmer Inc.)를 이용하였고 scanning electron microscope(S-4700, Hitachi Inc.)을 통해 추출 수지의 입자 형태와 분포를 측정하였다. 또한 합성 추출 수지의 분자 구조를 파악하기 위하여 fourier transform infrared spectroscopy(TravellIR, Smiths Inc.)를 이용하였다.

3.2. 추출 수지의 합성

추출 수지는 미세한 고분자 지지체를 형성하는데 유

리한 현탁중합법을 이용하였으며 추출 수지의 합성과정을 Fig. 2에 나타내었다. 2000ml 회분식 반응기에 증류수 560g과 단량체인 styrene monomer 110g, 가교제

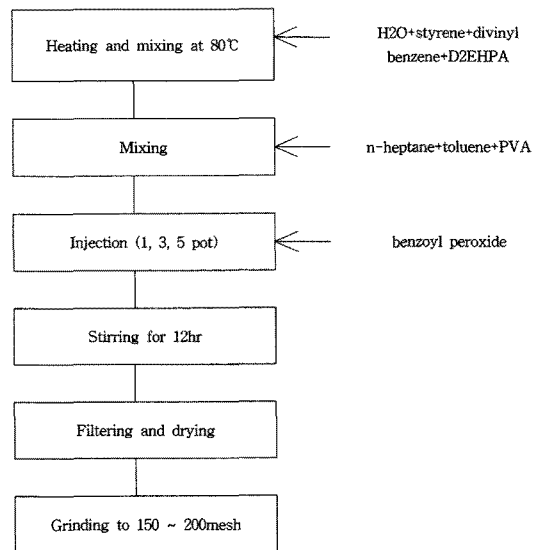


Fig. 2. Synthesis procedure for extraction resins by the suspension polymerization method.

divinyl benzene 110g, 추출제(D2EHPA) 75g을 넣고 80°C까지 가열하며 lab-stirrer을 이용하여 300~400 rpm으로 혼합 교반하였다. 온도가 80°C로 안정화 되었을 때 기공형성제 toluene 150g과 n-heptane 50g, 그리고 안정제 PVA 5.6g을 첨가한 후 반응개시제 BPO 1.6g을 첨가하였다. 중합 반응개시제를 첨가할 때, 동일한 반응개시제의 양을 1회(한 번에 모두 첨가, 1 pot), 3회(1시간 간격으로 3번 첨가, 3 pot), 5회(1시간 간격으로 5번 첨가, 5 pot)로 나누어 첨가한 후에 12시간 동안 온도와 교반속도를 유지하여 합성하였다. 합성된 추출 수지는 가압 필터링 후에 25°C에서 24시간동안 완전 건조 시켜 75~100 μ m sieve로 선별하여 밀봉보관하였다.¹²⁻¹⁴⁾

3.3. 분리실험

H₂PtCl₆·5.7H₂O, AlCl₃, FeCl₃를 증류수에 용해시켜 각 각의 농도 1000mg/L의 모액을 제조하였다. 분리실험은 각 각의 모액을 희석시켜 제조한 150ml의 혼합용액(Pt, Al, Fe의 농도를 각 각 100mg/l) 용액을 이용하였고, 합성 추출 수지와 P₂₀₄ 수지는 각 각 5wt%(150ml 용액대비 7.5g의 수지)를 첨가하였다. 250ml 비이커에 150ml의 용액과 수지를 첨가하여 시행하였으며 100rpm의 속도로 교반하고 시료채취 시에는 한 지점에서 15ml의 시료를 채취하였다. 실험오차를 줄이고, 교액비의 변화를 최소화하기 위하여 150ml 혼합용액을 3개 만들어 추출실험을 실시하였으며, 반복실험 결과 오차 범위는 0.5~1%로 나타났다. 실험 시 25, 35, 45, 55°C의 온도별로 실험을 실시하였으며 총 90분간 분리실험을 실시하였다. 시료는 분리실험전의 용액과 분리실험 시작 후의 10분까지 2분 간격으로, 30분까지 5분 간격으로, 90분까지는 10분 간격으로 채취하였다. 분리용액 내 Pt, Al, Fe 농도분석을 위하여 ICP-OES를 사용하였고, 추출 수지의 입자분포 및 형태를 알아보기 위해 주사전자현미경을 이용하였다. 한편 모든 실험은 동일조건에서 3회씩 실시하였으며 ICP-OES에 의한 분석편차는 Pt, Al, Fe의 경우 ±0.5%로 매우 낮았다. 또한 합성한 추출 수지와 P₂₀₄ 수지의외의 분자 구조를 비교하기 위하여 적외선 분광기(FT-IR)를 이용하였다.

4. 결과 및 토론

4.1. 반응개시제 (BPO)의 첨가법에 따른 특성

BPO의 첨가법에 따른 특성을 살펴보기 위하여 BPO

의 첨가법을 1pot, 3pot, 5pot으로 변화시켜 추출 수지를 합성하고 입자형태와 추출성능의 변화를 살펴보았다. 이때 타 첨가물의 첨가량은 3-2에 기재된 바와 같다.

4.1.1 추출 수지의 입자형태

반응개시제인 BPO는 단량체인 스티렌을 활성화하여 0.01~1 mm로 분산시켜 폴리스티렌을 중합하는 중합 반응개시제로 사용된다. 그리하여 추출제 D2EHPA를 이용하여 추출 수지를 합성함에 있어 반응개시제의 첨가법을 달리하여 합성을 실시함으로써 반응개시제의 첨가법에 따른 추출 수지의 입자형태를 살펴보았다. 추출 수지를 합성할 시 동일한 반응개시제의 양을 1회, 3회, 5회로 변화시켜 합성하였다. 합성한 추출 수지를 SEM 분석을 통하여 입자 형태를 살펴본 결과 반응개시제의 첨가법에 따라 입자의 형태 및 크기가 다르게 나타났다.

추출제 D2EHPA를 이용하여 합성한 추출 수지는 1 pot의 경우 빠른 반응으로 인해 구형이 아닌 20~100 μ m 정도 불균일한 형태의 추출 수지와 5~15 μ m의 작고 불균일한 추출 수지가 합성된 것을 확인할 수 있었으며 (Fig. 3-(a)), 5pot은 합성이 천천히 일어나면서 15~35 μ m로 작고 큰 불규칙한 크기의 추출 수지가 합성되었는데 이때 입자들은 구의 형태이긴 하지만 입자들이 응집되었다(Fig. 3-(c)). 3 pot의 경우 입자의 크기가 20~30 μ m로 균일하게 합성된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3-(b)). D2EHPA를 이용한 합성 수지에 상응되는 P₂₀₄는 입자의 크기는 20~25 μ m로 일정하고 매끄러운 구형 입자를 확인할 수 있었다(Fig. 3-(d)).

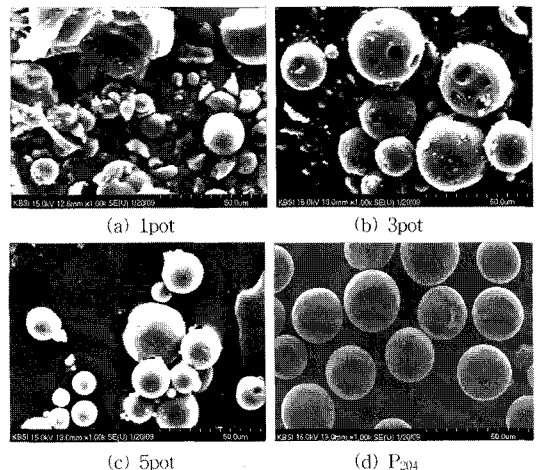


Fig. 3. SEM images of synthetic resins with different BPO injections and P₂₀₄.

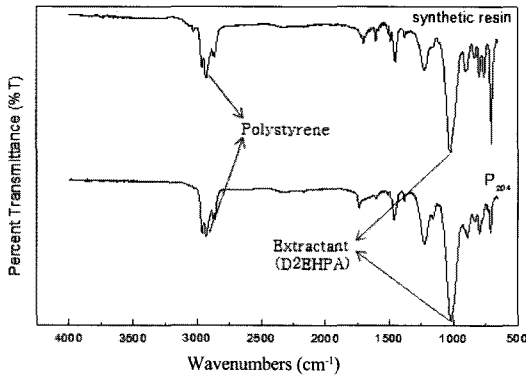


Fig. 4. FT-IR spectrums of the synthetic resin and P₂₀₄.

합성 추출 수지와 P₂₀₄ 각각의 분자의 구조적 정보는 적외선 분광기를 이용하여 측정하였으며 그 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 추출 수지와 P₂₀₄ 수지의 적외선 분광 스펙트럼은 거의 일치한다는 것을 확인할 수 있었고 2900cm⁻¹에서 가고 폴리스틸렌의 특징적인 피크들을 모두 확인할 수 있었으며, 1000cm⁻¹에서 추출제에 따른 고유의 피크를 확인하였다.

4.1.2. 합성 추출 수지와 P₂₀₄ 수지의 금속 원소 추출 비교

본 연구에서 합성한 추출수지와 P₂₀₄수지와의 추출효율 비교실험을 실시하였다. 분리실험은 250ml 비이커에서 batch방식으로 이루어졌으며, 교반속도는 100rpm, 실험온도는 25°C, pH는 2.5~3이었으며, 각각의 Pt, Fe, Al은 100mg/l로 희석한 원소용액을 사용하였다. 반응개시제의 첨가법을 달리하여 D2EHPA를 추출제로 사용하여 합성한 추출 수지의 분리실험 결과 1, 3, 5spot 모두 분리실험에서 Fe농도는 100% 감소하였으나 백금의 농도변화는 없었다. 그러나 Pt와 Al간의 분리에 있어서 1pot은 98.5%의 Al을 추출하였으며, 5spot의 경우 82.6%의 Al이 추출된 것을 확인하였다. 3pot의 경우 Pt와 Al간 분리 시에 분리실험 시작 20분 후 까지 Al이 98.7% 추출되었지만 실험 종료시점인 90분에서 최대 99.2%의 Al이 추출된 것을 볼 수 있었다. 한편, 동일한 조건하에서 P₂₀₄를 이용한 Pt와 Fe간의 분리실험 결과 Fe농도는 100% 감소하였으나 백금의 농도변화는 없었으며, Pt와 Al의 분리실험에서 97.3%의 Al이 추출되었다(Fig. 5).

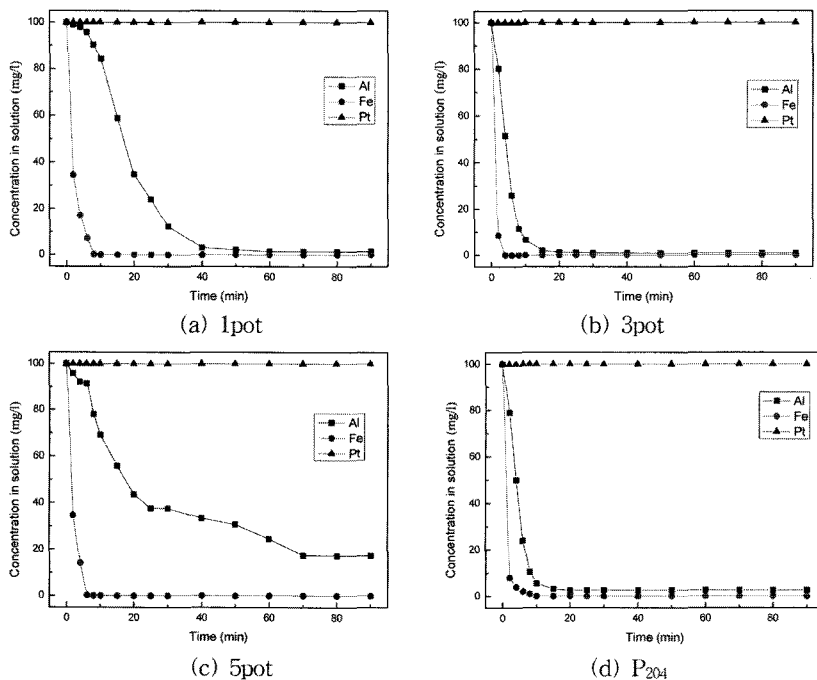


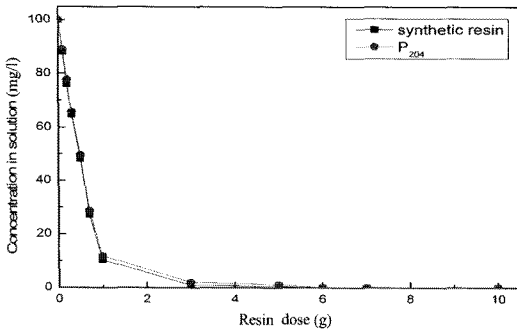
Fig. 5. Extraction results of synthetic resins with different BPO injections and P₂₀₄.

(Feed : Pt 100mg/l, Fe 100mg/l, Al 100mg/l, Resin : synthetic resin 7.5g, P₂₀₄ 7.5g, Temp: 25°C, Time : 90min, Stirring rate : 100rpm, pH: 2.7)

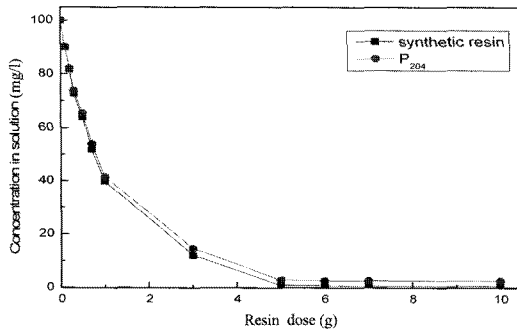
4.2. 수지의 첨가량에 따른 알루미늄과 철의 추출 성능

분리실험 결과 성능이 가장 우수한 합성 수지(3pot)와 P₂₀₄ 수지를 이용하여 수지의 첨가량에 따른 알루미늄과 철의 추출 성능을 확인하고자 하였다. 이에 합성 수지와 P₂₀₄의 첨가량을 0.1g, 0.3g, 0.5g, 0.7g, 1g, 3g, 5g, 7g, 10g으로 늘려감에 따라 알루미늄과 철 원소의 추출량 확인을 위한 분리실험을 진행하였다.

Fe의 경우 첨가 수지 량이 증가함에 따라 추출량이 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며, 3g 첨가하였을 시 99%이상이 추출되었고, 5g이상을 첨가 하였을 시 합성한 추출 수지와 P₂₀₄ 수지 최대 100%의 추출성능을 확인할 수 있었다(Fig. 6). Al은 합성한 추출 수지와 P₂₀₄ 수지의 최대 추출성능이 차이를 보였는데 합성한 추출 수지는 최대 99.2%을 보였으나 P₂₀₄수지의 경우 97.3%를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 또한 두 수지 모두 5g이상의 수지를 첨가하였을 때 90%이상의 Fe 추출성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 추출실험에서 나타나듯이 Fe와 Al의 경우 두 수지의 추출성능이



(a) Fe



(b) Al

Fig. 6. Amounts of resins for extractions of Fe and Al. (Feed : Fe 100mg/l, Al 100mg/l, Temp: 25°C, Time : 90min, Stirring rate : 100rpm, pH: 2.5(a), 2.8(b))

거의 유사하게 나타나며, 합성수지가 1~2%의 미세한 우위를 나타냈다. 정량분석결과 추출제 D2EHPA의 함량이 합성수지의 경우 61.8%로 P₂₀₄ 수지의 추출제 함량 60%보다 약간 높아 이러한 차이가 나타나는 것으로 평가된다.

4.3. 온도변화에 따른 분리성능

반응개시제의 첨가법을 변화시키면서 합성한 결과 3pot의 성능이 가장 우수하여 D2EHPA를 이용하여 합성한 추출 수지와 P₂₀₄ 수지를 이용하여 분리 최적 온도를 도출하기 위한 실험을 실시하였다.

합성한 추출 수지와 P₂₀₄ 수지 모두 온도가 올라갈수록 성능이 향상됨을 보였으나 55°C에서 분리능이 더 이상 상승하지 않는 것을 확인하였다. 이는 온도가 올라갈수록 원자들의 활성이 증가하여 분리성능이 증가하지만 55°C이상의 고온에서는 온도가 추출 수지의 활성도와 혼합용액 내의 원자의 활성에 큰 영향을 미치지 못하여 분리성능이 증가하지 않는 것으로 보여진다. D2EHPA를 이용하여 합성한 추출 수지 또한 모든 온도 별 실험의 영역에서 Pt와 Fe간의 분리성능은 100%를 보였고, Pt와 Al의 경우 35°C에서 99.5%를 45°C에서 99.7%의 분리성능을 보이며, 55°C에서 최대의 분리성능 99.9%를 보였다. 또한 P₂₀₄를 이용하여 분리실험을 실시한 결과 모든 온도에서 Pt와 Fe의 분리는 100% 이루어졌고, Pt와 Al간의 분리는 35°C에서 98.5%, 45°C에서 98.6%, 55°C에서 98.8%의 최대 분리성능을 보였다(Fig. 7).

추출 수지와 P₂₀₄ 수지 모두 온도가 상승할수록 Pt와 Al간의 분리실험에서 Al의 추출율이 미세하지만 높아지는 것을 확인하였으나 55°C에서 추출율이 최대값을 가지며 그 이상의 온도에서는 추출율이 상승하지 않고 멈추거나 떨어지는 것을 확인하였다. 이것은 온도가 상승하게 되면 알루미늄과 철 금속이온의 활성도가 크게 증가하여 흡착되었던 금속이온이 탈착이 되기도 함에 따라 추출율이 떨어지는 것으로 판단된다.¹⁵⁻¹⁷⁾

5. 결 론

백금혼합물용액으로부터 알루미늄과 철을 분리하기 위하여, D2EHPA를 추출제로 사용한 추출 수지를 합성하였고, P₂₀₄ 수지와 함께 분리실험을 통하여 다음의 결과를 얻을 수 있었다.

반응개시제(BPO)의 첨가법에 따라 추출 수지의 추출율

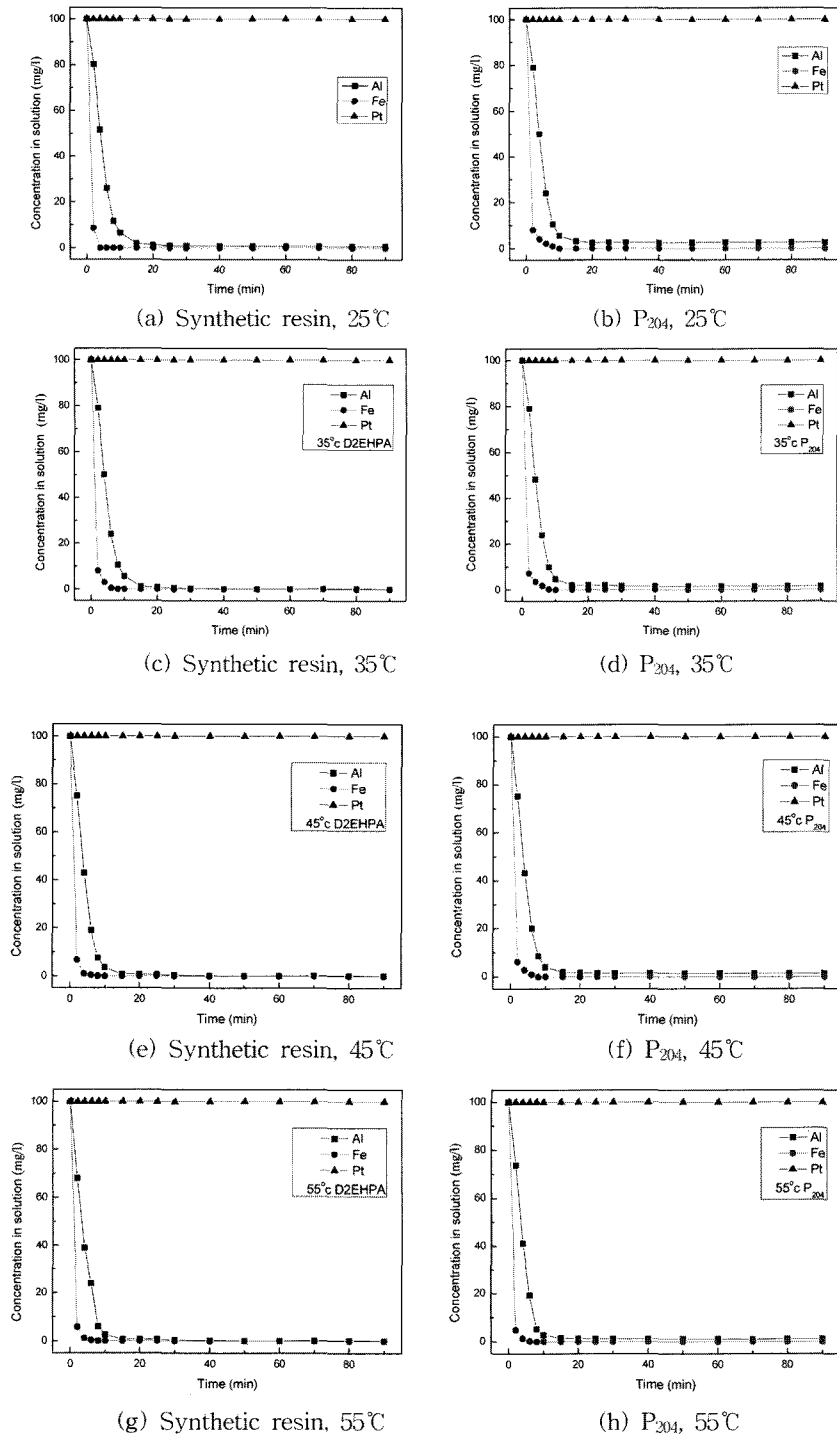


Fig. 7. Temperature effects on extractions of the synthetic resin and P₂₀₄.
 (Feed : Pt 100mg/l, Fe 100mg/l, Al 100mg/l, Resin : synthetic resin 7.5g, P₂₀₄ 7.5g, Time : 90min, Stirring rate : 100rpm, pH: 2.7)

의 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며 1, 5 pot에 비해 3 pot의 첨가법이 우수한 결과를 나타내었다. 이는 중합반응개시제를 한 번에 모두 첨가 시 반응이 너무 빠르게 진행되고 5번에 나누어 넣은 것은 반응이 너무 천천히 진행되기 때문으로 판단된다. 따라서 현탁중합법을 이용하여 추출 수지를 합성할 시에는 반응개시제를 3번에 나누어 합성반응을 유도하는 것이 보다 우수한 성능의 추출 수지를 합성할 수 있다고 판단된다. 본 합성 수지(3pot)을 사용한 분리실험 결과 Fe와 Pt는 100%, Al과 Pt는 99.2%의 우수한 추출 성능을 보였다. 또한 SEM을 통한 입자표면 및 형태 분석에 의하면 D2EHPA를 이용한 추출 수지의 입자형태와 분포가 잘 이루어진 것을 확인할 수 있었다. 아울러 FT-IR 분석을 통하여, 본 연구에서 합성한 수지와 P₂₀₄ 수지는 구조에 있어 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

한편 P₂₀₄ 수지를 이용한 분리실험에서는 Pt와 Fe간의 분리 결과 Fe의 추출이 100% 이루어지는 것을 확인하였으나, Pt와 Al의 분리결과 97.3%의 Al이 추출되었는데 합성 수지에 비하여 1~2%정도 낮은 추출율을 확인하였다. 이러한 성능차이는 합성수지내 추출제 함량이 61.8%로, P₂₀₄ 내 추출제 함량 60%보다 높음에서 연유되는 것으로 판단된다. 또한 온도에 따른 분리 실험결과 55°C에서 추출율이 최대를 갖는 것을 확인할 수 있었으며 이러한 현상은 55°C이상에서 알루미늄과 철 금속이온의 활성도가 크게 증가함에 따라 흡착되었던 금속이온이 탈착되기 때문으로 판단된다.

본 연구결과에 따라 추출제로 D2EHPA를 이용하고 반응개시제(BPO)를 3pot으로 첨가하여 합성한 추출 수지를 사용 시 백금 혼합 용액으로부터 백금회수가 매우 효율적으로 이루어지므로 기존 수입되는 P₂₀₄수지의 대체가 가능하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원 소재원천기술개발사업 및 2010년도 광주대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. F. L. Bernadis., R. A. Grant., and F. C. Sherrington., 2005: *A review of methods of separation of the platinum-group metals through their chloro-complexes*. *Reactive &*

functional polymers, **65**, pp. 205-217.

2. J. Cui and L. Zhang, 2008: *Journal of hazardous materials*, **158**, pp. 228.

3. K. Shams and F Goodarzi, 2006: *Journal of hazardous materials*, **131**, pp. 229.

4. J. C. Lee, J. K. Jeong, M. S. Kim, B. S. Kim, and C. K. Kim, 2004: *Recovery of platinum group metals from spent automotive catalysts by hydrochloric acid leaching*. *Journal of Korean Inst. of Resources Recycling*, **13(5)**, pp. 28-36.

5. T. N. Lokhande., M. A. Anuse., and M. B. Chavan., 1998: *Extraction and separate studies of platinum(IV) with N-n-octylaniline*. *Talanta*, **46**, pp. 823-832.

6. David, J., 2009: *Platinum 2009 interim review*, pp. 3-36. Johnson Matthey Public Limited Company, England.

7. Christian, H., Matthias, B., and Peter, R., 2006: *Metals flow of platinum group metals in germany*. *International Journal of Sustainable Manufacturing*, **1(3)**, pp. 330-346.

8. Schreier, G., and Edtmaier, C., 2003: Separation of Ir, Pd and Rh from secondary Pt scrap by precipitation and calcination. *Hydrometallurgy*, **68**, pp. 69-75.

9. Nowotny, C., Halwachs, W., and Schügerl, K., 1997: *Separation and purification technology*. **12**, pp. 135.

10. Matsunaga, H., Ismail, A. A., Wakui, Yand Yokoyama, T., 2001: *Extraction of rare earth elements with 2-ethylhexyl hydrogen 2-ethylhexyl phosphonate impregnated resins having different morphology and regent content*. *Reactive & Fuctional Polymers*. **49**, pp. 189-195

11. Joon-Seok Kim, Choon Han, Jung-Ho Kim and Joon Soo Kim, 2006: Effect of polyvinyl alcohol on rare earths(Gd and Tb) separation by extraction resin, **68**, pp. 963-968

12. Andreas, G., Walter, N., and Jae-II, K., 1999: *On the kinetics of rare-earth extraction into D₂EHPA*. *Chemical Engineering Science*. **54(12)**, pp. 1903-1907.

13. Fatemeh Jahanzad, Shahriar Sajjadi, and Brian W. Brooks, 2005: *Characteristic intervals in suspension polymerisation reactors: An experimental and modelling study*. *Chemical Engineering Science*, **60**, pp. 5574-5589.

14. Jin-Seo Park, Choon Han, Jin-Young Lee, Sung-Don Kim, Joon-Soo Kim and Jung-Ho Wee, 2005: *Synthesis of extraction resin containing 2-ethylhexyl phosphonic acid mono-2-ethylhexyl ester and its performance for separation of rare earths (Gd, Tb)*. *Separation and Purification Technology*, **43(2)**, pp. 111-116.

15. Richard I. Masel, 1996: *principles of adsorption and reaction and on solid surfaces*, pp. 507-514

16. Richard I. Masel, 2001: *chemical kinetics and catalysis*, pp. 30-35

17. 전학제, 2002: 촉매개론, pp. 17-22

韓 椿

- 현재 광운대학교 화학공학과 교수
 - 당 학회지 제17권 1호 참조
-

李 珍 榮

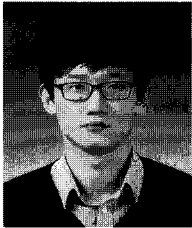
- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
 - 당 학회지 제11권 2호 참조
-

金 俊 秀

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
 - 당 학회지 제11권 2호 참조
-

朴 馨 圭

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
 - 당 학회지 제15권 2호 참조
-



林 光 一

- 2011년 광운대학교 화학공학과 공학사
 - 현재 광운대학교 화학공학과 석사과정
-



韓 東 赫

- 2010년 광운대학교 화학공학과 공학사
 - 현재 광운대학교 화학공학과 석사과정
-



黃 仁 性

- 2010년 광운대학교 화학공학과 공학사
 - 현재 광운대학교 화학공학과 석사과정
-