

溶媒抽出법에 의한 鍍金廢水중 重金屬의 分離에 관한 研究

*金成奎 · 李華永 · 吳鐘基

韓國科學技術研究院 金屬工程研究센터

Separation of Heavy Metals from Electroplating Waste Water by Solvent Extraction

*Sung Gyu KIM, Hwa Young LEE and Jong Kee OH

Korea Institute of Science and Technology

요 약

도금폐수로부터 철, 구리, 아연 및 니켈 등 중금속을 분리·회수하기 위한 용매추출시 추출제의 종류 및 평형 pH에 따른 각 금속의 분리효과를 조사하였다. 실험결과 아연은 추출제로 PC-88A가 가장 효과적이며, pH 2.5에서 100% 추출할 수 있다. 구리와 니켈은 LIX 84를 사용하여 추출하면 각각 pH 2에서 100% 그리고 pH 4~5에서 90% 이상 추출할 수 있다. 한편, 중금속이 혼재한 산·알칼리계 도금폐수에 대한 용매추출에서는 먼저 3가 철을 지방산인 20%의 Naphthenic acid나 10%의 Versatic acid-10로 pH 2~2.5 부근에서 분리·회수하고, 그 다음에 3%의 LIX 84를 사용하여 pH 2에서 구리를 용매추출하여 분리하고 난 후 20% PC-88A로 pH 2.5~3에서 아연을 용매추출하여 회수하면 수상에 니켈만이 잔류하여 각각의 금속분리가 가능하다.

주제어 : 도금폐수, 용매추출, 중금속, 양이온교환추출제

Abstract

A study on the separation of heavy metals such as iron, copper, zinc and nickel from electroplating waste water has been investigated. The results showed that the PC-88A was more effective extractant for the extraction of zinc and the efficiency of zinc was to be about 100% at pH 2.5. And copper and nickel were extracted about 100% at pH 2 and more than 90% at pH 4~5 with LIX 84, respectively. On the other hand, in the case of solvent extraction of electroplating waste water(Acid-Alkali type) containing heavy metals, the ferric ion was first extracted at pH 2~2.5 with 20% Naphthenic acid or 10% Versatic acid-10. And then, copper and zinc were extracted at pH 2 with 3% LIX 84 and at pH 2.5~3 with 20% PC-88A respectively, remaining nickel in the raffinate. In this manner, the heavy metals in electroplating waste water could be effectively separated with solvent extraction method.

Key words : Electroplating waste water, Solvent extraction, heavy metal, Cation-exchange extractant

1. 서 론

오래 전부터 도금폐수는 그 구성성분과 중금속 함량으로 인하여 주변 하천이나 토양에 치명적인 오염을 유발하는 가장 유독한 산업폐수 중의 하나로 인식되어 온 것이 사실이며, 이러한 오염을 불식시키기 위한 관련업체

및 유관기관이 노력한 결과 현재에는 상당부분의 오염물질을 제거 처리하여 방류하고 있는 것으로 알려져 있다.

현재 국내에는 공식적으로는 19개의 도금협동단지에서 200여개 업체가 도금작업을 하고 있는 것으로 전국 도금협회가 보고하고 하고 있으나, 실제로는 약 3000여개의 중소기업들이 현재 영업을 수행하고 있는 것으로 추정하고 있다.¹⁾ 200여개의 도금업체들로부터 발생하는 도금폐수는 연간 약 200만톤에 달하고 또한 이의 처리

* 2002년 8월 16일 접수, 2002년 11월 29일 수리

* E-mail: sukim@kist.re.kr

에 의해 생성되는 도금슬러지는 연간 25,000톤 정도가 발생하는 것으로 추정되고 있다. 그러나 실제 인천지역의 도금업체에서 발생하는 도금슬러지만도 약 15,000~18,000톤/년으로 추산되며, 전국적으로는 3,000여개의 업소에서 평균 40톤/일의 폐수를 방류한다면 연간 36백만톤의 폐수가 발생되어 이를 환경처리하면 360,000톤/년의 슬러지가 발생된다.

이러한 도금폐수의 처리에 있어 가장 큰 문제점으로는 최종 도금잔류액과 수세수 등이 혼합되어 배출되고 또한 AA계(산·알칼리계), Cr계(크롬계) 및 CN계(시아나이드)의 폐수로 발생되는데, 이를 분리 배출하여 처리하는 것보다 혼합계 도금폐수로 집수하여 협동화 단지에서 모아서 처리하기 때문에 단일폐수에 비해 처리효율이나 중금속 제거율이 떨어지는 것은 물론 처리비가 고가로 제조공정비의 원가부담을 가중시키는 요인이 되고 있다.²⁾ 또한 현재의 처리방법은 각종 성분의 도금폐수를 단순 환원 및 산화 그리고 중화공정으로 중금속 슬러지를 배출하는 초보적인 단계로써, 이 경우 앞에서 언급한 바와 같이 고함량의 중금속 슬러지로 인한 오염문제와 함께 효효자원의 낭비라는 점에서 자원의 효율적 이용을 위해 반드시 제고되어야 한다.

현재 도금폐수 중의 중금속을 회수하기 위한 연구는 많이 이루어지고 있으나 아직까지 경제적이고 실용적인 기술이 미진하기 때문에 대부분의 금속성분은 슬러지로 회수되어 환경처리하는 것이 일반적이다.³⁾ 이러한 도금슬러지 중에 혼합되어 있는 금속 가운데 아연과 카드뮴을 회수하기 위한 방법으로 황산처리법과 염화회발법이 알려져 있다.^{4,5)} 먼저 대표적인 습식처리법의 하나인 황산처리법은 우선 도금슬러지를 황산으로 용해시킨 다음 아연분말을 가하면 이온화경향 차이에 의해서 아연분말이 용해되면서 카드뮴 금속이 석출된다. 그리고 아연 용해액을 전해채취(electro-winning)시키면 음극표면에 아연금속이 석출되어 아연/카드뮴을 분리회수할 수 있다. 그러나 이 경우에도 농축된 아연을 완전하게 회수할 수 없기 때문에 일정량의 아연은 용액 중에 잔류하게 되어 별도의 수처리가 필요하다. 한편, 염화회발법은 아연, 카드뮴, 동 등을 염소화하여 비점이 낮은 염화물로 전환하는 방법으로써, 도금슬러지를 염화칼슘과 혼합하여 펠렛으로 만든 다음 1250°C 정도의 고온에서 연소하면 아연, 카드뮴, 동의 염화물이 생성되어 휘발하게 된다. 폐가스와 함께 휘발된 아연, 카드뮴, 동의 염화물은 물을 사용하여 흡수함으로써 폐가스와 분리시킨다. 이러한 방법으로 얻은 금속 수용액에 철분말을 가하여 세켄

테이션시키면 금속동을 회수할 수 있으며, 동을 제거한 용액을 산화하여 용액중의 철을 3가철로 전환한 다음 pH 4 전후로 조정함으로써 수산화철로 침전·제거한다. 동과 철분을 제거한 용액에 Ca(OH)₂를 가해 pH 7로 조절하면 하이드록시 염화아연이 침전된다. 이 침전을 일단 제거한 다음 다시 pH 10 근처까지 올리면 순도가 낮은 수산화아연이 침전되는데 이 수산화아연은 폐가스 흡수공정으로 되돌려 진다. 아연이 제거된 용액에는 카드뮴만이 남게 되며 이 용액에 황화나트륨(Na₂S)을 가하면 CdS 침전이 생겨 카드뮴 제조원료로 재사용한다. 이때 염화회발법에서 크롬이나 니켈은 휘발하지 않으며 펠렛 중에 그대로 남게 되기 때문에 이들 금속을 회수하고자 하는 경우에는 별도의 처리공정을 필요로 한다.

이상에서와 같이 도금폐수를 환경처리하여 발생된 도금슬러지에서 중금속을 회수하는 방법은 공정이 매우 복잡하고 처리후에는 환경오염을 방지하기 위해 잔류물에 대한 별도의 수처리 공정이 요구되는 단점이 있다. 그러나 도금폐수로부터 직접 용매추출법^{6~8)}에 의해 중금속을 분리·회수할 경우에는 도금슬러지로부터 중금속을 회수하는 방법에 비해 공정이 간편해짐은 물론, 회수 후 잔류폐수의 중화시에 발생하는 슬러지의 양을 상당히 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구는 철(Fe), 아연(Zn), 니켈(Ni) 및 구리(Cu) 등의 중금속이 주로 함유된 산·알칼리계(AA계) 도금폐수로부터 용매추출에 의해 중금속을 분리·회수하기 위한 기초실험의 일환으로서, 양이온 교환 추출제인 PC-88A, LIX 84, Naphthenic acid 및 Versatic Acid-10을 사용하여 추출시 각 금속의 추출 특성과 효율적인 분리·회수공정을 고찰하고자 하였다. 실험내용으로는 각각의 금속에 대해 추출제의 종류 및 평형 pH에 따른 추출특성과 추출율을 검토하였으며, 이를 토대로 도금폐수중 중금속들의 효율적인 분리·회수를 위한 적정 공정도를 작성하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1. 시료

본 실험은 도금폐수중 함유된 중금속이온들의 용매추출시 추출제의 종류와 평형 pH에 따른 추출효과를 검토하기 위한 기초실험으로 금속이온이 단독으로 있는 합성용액을 각각 제조하여 사용하였다. 먼저, 3가 철은 제이염화철(FeCl₃)을 그리고 구리(Cu), 아연(Zn) 및 니켈(Ni)은 황산구리(CuSO₄), 황산아연(ZnSO₄) 및 황산니

Table 1. Chemical formula of extractants used in the experiments.

Trade Name	Chemical Formula	Maker	Type
PC-88A	$(CH_3(CH_2)_3C(C_2H_5)HCH_2)_2OPOOH$	大八化學工業	Phosphonic Acid
LIX 84	$C_{12}H_{25}C_6H_5OHCNOH_2$	Henkel Co.	Oxime
Naphthenic Acid	$(R_1, R_2, R_3, R_4)C_5(CH_2)_nCOOH$	Shell Co.	Carboxylic Acid
Versatic Acid-10	$(R_1, R_2)CCH_3COOH$	Shell Co.	Carboxylic Acid

켈(NiSO₄)을 증류수에 각각 용해하였으며, 금속농도를 500 ppm으로 하여 실험에 사용하였다. 한편, 추출시 평형 pH는 황산(H₂SO₄)과 가성소다(NaOH)를 사용하여 조절하였다. 그리고 용매추출 실험에 사용한 추출제는 양이온교환추출제로서 인산계인 PC-88A, 킬레이트제인 LIX 84 그리고 지방산계인 Naphthenic acid 및 Versatic acid-10을 사용하였고 Table 1에 각 추출제의 화학식과 제조원을 나타내었다. 이와 함께 회석제는 kerosene을 사용하였다.

2.2. 실험방법

용매추출 실험은 금속이온의 농도가 500 ppm으로 조절된 수상 10 ml과 추출제의 농도를 조절한 유기상 10 ml을 왕복진탕기를 사용하여 30분간 혼합한 다음 완전한 상분리가 이루어지도록 정치시킨다. 상분리 후 수상을 채취하여 금속이온 농도를 분석함으로써 평형 pH 변화에 따른 추출특성과 추출율을 검토하였다. 이때 금속종류에 따라 철, 구리 및 니켈은 Atomic Absorption Spectrometry(SpectrAA, Varian)를 그리고 아연은 ICP-AES(Perkin-Elmer)을 사용하여 분석하였으며, 추출 후 수용액의 산도는 pH meter(Fisher Scientific, Accumet 20)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

3.1. 아연의 용매추출

여러 추출제의 농도를 5%와 20%로 하여 평형 pH가 아연의 용매추출에 미치는 영향을 조사하였으며 그 결과를 Fig. 1 및 Fig. 2에 도시하였다. 우선 Fig. 1에서 보면 추출제의 농도가 5%일 경우 PC-88A는 pH 1 부근에서 추출이 되기 시작하여 pH 2에서 70% 정도의 추출율을 보이고 있으며, 지방산인 Naphthenic acid와 Versatic acid-10은 아연이 수산화물로 되기 직전 pH 범위인 5.5~6 부근에서 추출이 급상승하고 있다. 한편 킬레이트 추출제인 LIX 84는 산성영역 전역에서 아연

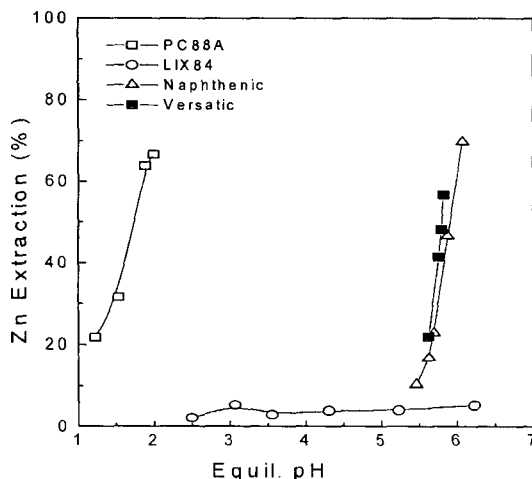


Fig. 1. Effect of equilibrium pH on the zinc extraction with various extractants. (extractant conc. 5%)

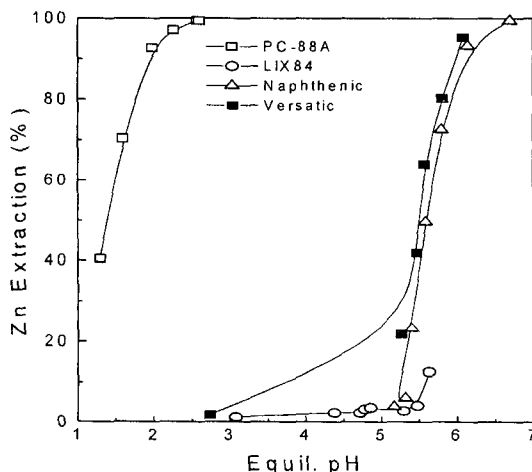


Fig. 2. Effect of equilibrium pH on the zinc extraction with various extractants. (extractant conc. 20%)

의 추출율이 5% 이내로 거의 추출하지 못하고 있다. 한편 추출제의 농도를 20%로 높이면 Fig. 2에 나타난 바와 같이 PC-88A는 pH 2.5에서 아연을 100% 추출하

고 있어 강산성의 영역에서 추출이 효과적으로 이루어지고 있다. 그리고 LIX 84는 추출제의 농도가 증가하여도 여전히 아연의 추출에는 전혀 효과가 없으며, 지방산 계열의 추출제인 Naphthenic acid와 Versatic acid-10은 pH 5 근방에서 추출이 급격히 상승하여 pH 6에서는 90%이상의 아연을 추출하고 있다.

이상에서 보면 지방산계 추출제는 일반적으로 금속이온이 수산화물로 전환되는 pH에 가까울수록 추출율이 증가하는 특성을 지니고 있는데, Naphthenic acid와 Versatic acid-10도 아연이 수산화물로 전환되기 직전인 pH에서 추출이 급상승하고 있으며, 킬레이트 추출제인 LIX 84는 구리에 대하여는 킬레이트 특성이 강하나 아연과는 킬레이트 화합물이 거의 이루어지지 않아 pH가 6이상 되어도 추출율이 매우 저조하게 나타나고 있다. 한편, 인산계 추출제는 추출 후에 수상중 수소이온이 증가하여 초기산도 보다 낮아지는 경향이 있으나, 아연은 강산성에서도 용이하게 추출되는 특성이 있어 PC-88A에 의해 pH 2.5정도에서도 매우 높은 추출율을 보이고 있으므로 도금폐수 중에 함유된 니켈, 구리 등과 쉽게 분리·회수할 수 있다.

3.2. 구리의 용매추출

구리는 oxime과 킬레이트 화합물을 아주 잘 만드는 성질이 있다. Fig. 3에서 보면 킬레이트제인 LIX 84가 5%일 때에도 pH 2.0정도이면 500 ppm의 구리가 100% 추출되고 있다. 이에 반하여 PC-88A는 pH3 근방에서 겨우 20%의 구리가 추출되고, 지방산인 Naphthenic

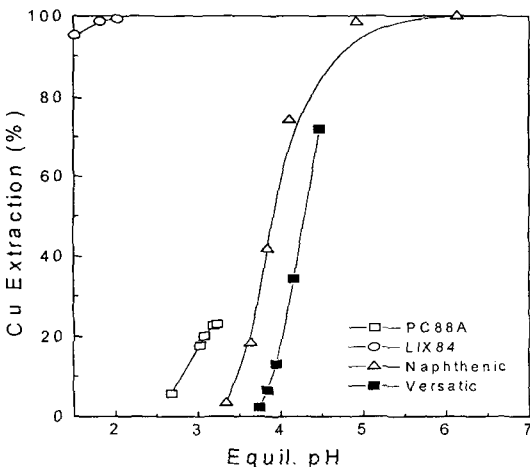


Fig. 3. Effect of equilibrium pH on the copper extraction with various extractants. (extractant conc. 5%)

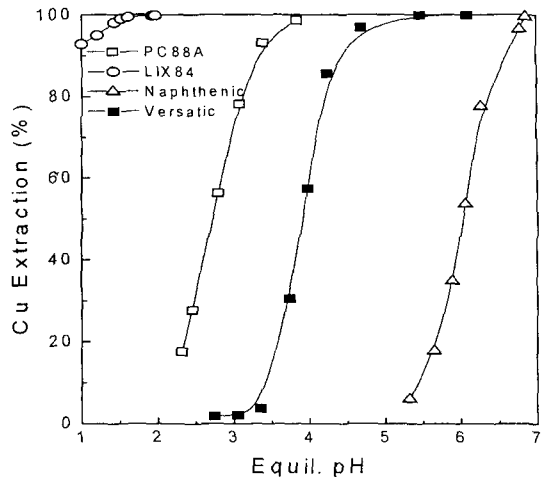


Fig. 4. Effect of equilibrium pH on the copper extraction with various extractants. (extractant conc. 20%)

acid와 Versatic acid-10은 pH 3.5에서부터 추출되기 시작하여 pH가 5이상 되어야 90%이상의 구리가 추출되고 있다. 구리는 10⁻²M일 때 pH 4.9에서 수산화물과 구리이온간의 경계점으로 되어 있어⁹⁾ 8×10⁻³ M(500 ppm)인 본 시스템에서 보면 pH가 5정도에서도 수산화물로 침전되지 않고 이온으로 존재하여 지방산에 의해 추출되고 있다.

한편 추출제의 농도를 20%로 증가하면 Fig. 4에 나타난 바와 같이 LIX는 여전히 pH 2정도에서 100%의 구리를 추출하고 있으며, 또 PC-88A의 경우는 5% 일 때와는 달리 pH 2 이상에서부터 구리가 추출되어 pH가 4.0 근방이 되면 구리가 100% 추출되는 등 추출율이 매우 향상되는 것으로 나타나고 있다. 또한 Versatic acid-10도 그 농도가 20%로 증가하면 pH 3.5에서부터 구리가 추출되어 pH 4.5 이상에서 90%이상의 구리가 추출된다. 그러나 Naphthenic acid는 20%일 때가 5%일 때에 비하여 더 높은 pH 영역에서 추출되는 것으로 나타나고 있으며, 이상의 결과에서 보면 구리의 추출은 LIX 84가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

3.3. 니켈의 용매추출

니켈의 용매추출에서 추출제의 농도가 5%이면 Fig. 5에 나타난 바와 같이 LIX 84는 pH 3.0근방에서 추출되기 시작하여 pH 4에서 40% 정도가 추출되고 pH가 5.0 이상에서는 추출율이 98%에 달한다. 반면에 PC-88A는 pH 4.5 부근에서 추출되기 시작하여 pH 5.5에서

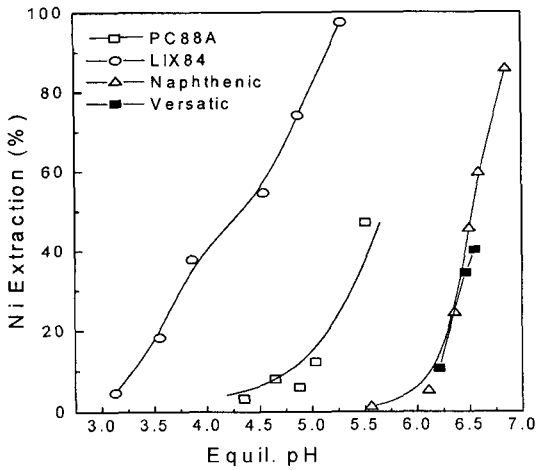


Fig. 5. Effect of equilibrium pH on the nickel extraction with various extractants. (extractant conc. 5%)

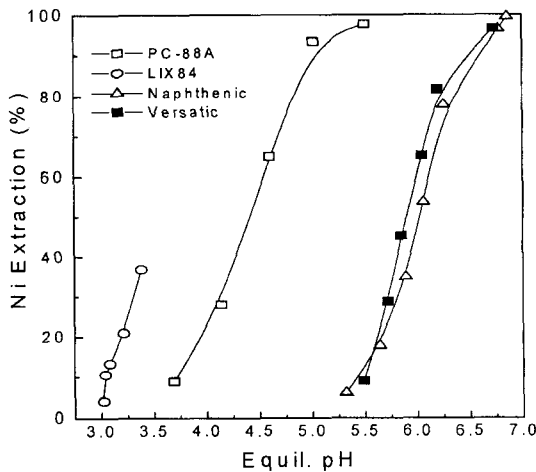


Fig. 6. Effect of equilibrium pH on the nickel extraction with various extractants. (extractant conc. 20%)

는 약 48% 정도의 니켈이 추출되고 있다. 한편 지방산계 추출제인 Naphthenic acid와 Versatic acid-10은 pH 6에서부터 추출이 급격히 이루어지기 시작하여 pH 7에서는 90%정도의 니켈이 추출되고 있다. 이와 같이 니켈은 킬레이트 화합물을 형성하는 LIX 84에 의해서 보다 더 잘 추출되며 인산계나 지방산계의 추출제는 상당히 높은 pH 영역에서 부분적으로 추출된다. 그러나 추출제의 농도가 20%로 증가되면 Fig. 6에서 보는 바와 같이 LIX 84는 pH 4.0 부근에서도 90% 이상 추출이 이루어지고, PC-88A도 pH 3.5에서 추출되기 시작하

여 pH 5.5에서는 100% 추출되는 등 대체로 낮은 pH 영역에서 추출이 이루어지고 있다.

이상에서 보면 니켈은 기본적으로 킬레이트 화합물인 LIX 84가 보다 효과적이며, 20%로 추출제 농도가 높은 경우가 보다 안정적인 추출을 이룰 수 있다.

3.4. 용매추출에 의한 각 금속간의 분리효과

Fig. 7은 Naphthenic acid를 사용하여 도금폐수 중에 함유된 철, 구리, 아연 및 니켈의 분리를 위한 용매추출 결과를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보면 지방산인 Naphthenic acid는 3가 철을 pH 2근방에서 완전히 추출할 수 있고 나머지 2가 금속이온들은 pH 4이상이어야 추출되므로, 우선 금속 혼합물을 지방산인 Naphthenic

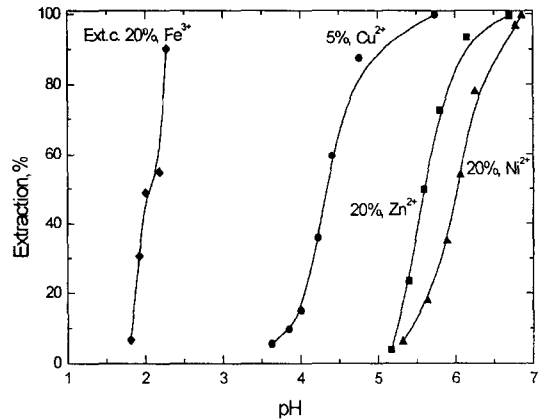


Fig. 7. Effect of equilibrium pH on the extraction of iron, copper, nickel and zinc with naphthenic acid. (30°C)

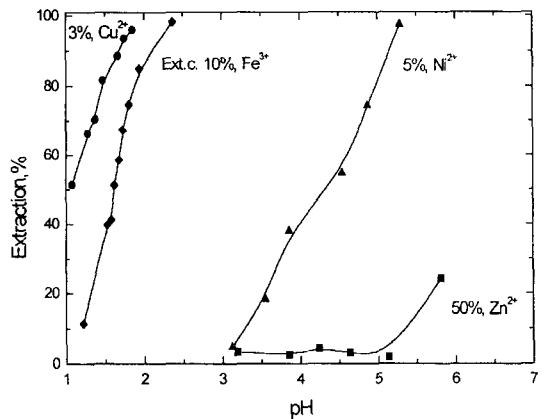


Fig. 8. Effect of equilibrium pH on the extraction of iron, copper, nickel and zinc with LIX 84. (30°C)

acid로 먼저 용매추출하면 3가의 철을 용이하게 분리·회수할 수 있으며 나머지 유가금속들은 또 다른 추출제에 의해 분리가 가능하다. 아울러 Naphthenic acid에 의한 금속간의 추출의 순서를 보면 구리는 pH 4부터 그리고 아연은 5.1 마지막으로 니켈은 5.4부터 추출되기 시작하고 추출양상도 $Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$ 의 순서로 나타나 니켈의 추출이 가장 어려움을 알 수 있다.

한편, LIX 84를 추출제로 사용할 때는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 구리는 추출제의 농도를 3%로 하여 추출하면 pH 1에서 50%이상 추출되고 pH 2 이상에서는 거의 대부분 추출이 이루어지고 있으며, 3가 철은 추출제 농도 10%로 하면 pH 1에서 추출되기 시작하여 pH 2.5 부근에서 완전히 추출되고 있다. 이와 함께 니켈은 추출제 농도 5%로 하여 추출하면 pH 3 에서부터 추출되어 pH 5.3에서 95% 이상의 추출율을 보이고 있다. 그러나 아연은 LIX의 농도를 50%로 하여도 pH 5 이하에서는 추출율이 5% 이내로 매우 낮고 pH 6에서도 20% 정도만이 추출되는 등 LIX 84에 의해서는 추출이 잘 되지 않고 있다.

그리고 PC-88A를 추출제로 사용한 경우 Fig 9에 도시된 바와 같이 3가 철은 추출제의 농도를 1%로 하여도 pH 1에서 40% 정도 추출이 이루어지고 pH 1.5 이상에서는 추출율이 다소 완만해져 80% 정도의 추출율을 보이고 있으며, 아연은 농도를 20%로 하여 추출하면 pH 0.5에서 추출되기 시작하여 pH 2.5에서는 거의 100% 추출되고 있음을 알 수 있다. 구리의 경우 추출제 농도 10%로 하여 추출하면 pH 2~4 영역에서 추출이 상당히 이루어지고, 니켈은 pH 4이상에서 추출된다.

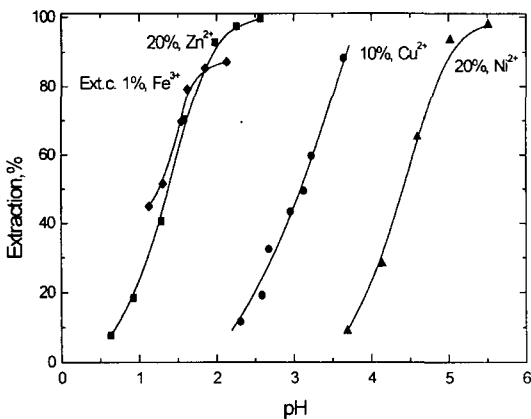


Fig. 9. Effect of equilibrium pH on the extraction of iron, copper, nickel and zinc with PC-88A. (30°C)

따라서 PC-88A는 철분과 아연을 pH 1~2의 강산성에서 용매추출하면 기타 금속들과 분리 회수할 수 있다.

또 Versatic acid-10은 탄소 수가 평균 10개인 지방산으로 각 금속이온의 추출형태(Fig. 10)가 pH 2 부근

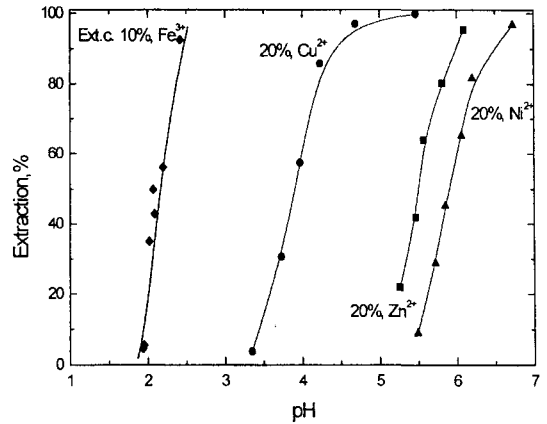


Fig. 10. Effect of equilibrium pH on the extraction of iron, copper, nickel and zinc with Versatic acid-10. (30°C)

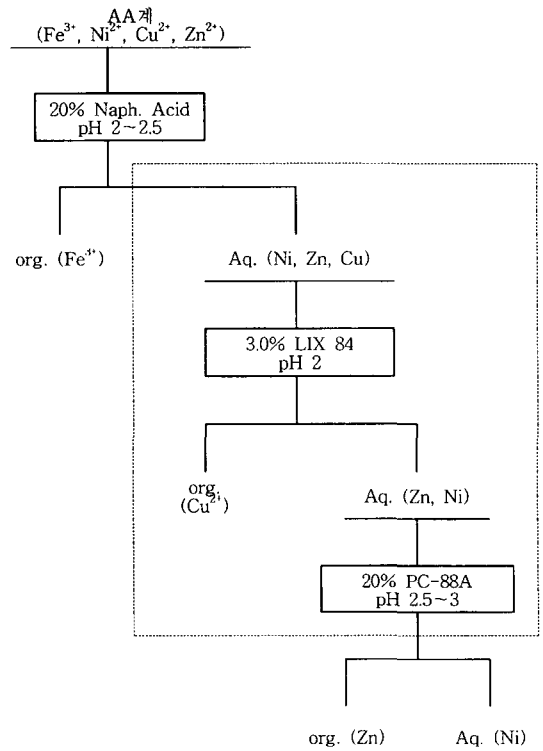


Fig. 11. Flowsheet for the separation of heavy metals from electroplating waste water by solvent extraction.

에서 3가 철이 대부분 추출되고 나머지 2가 금속들은 pH 3.5 이상에서 $Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$ 의 순서로 추출되는 등 Fig. 7의 Naphthenic acid와 매우 흡사한 결과를 보이고 있다. 이 추출제도 지방산으로서 금속이온의 수산화물 생성에 가까운 pH 영역에서 용매추출 특성이 양호한 결과를 보이고 있다.

이상의 결과를 종합해 보면 도금폐수 중에 철, 구리, 아연 그리고 니켈이 혼재한 산·알칼리계 폐수에 대한 용매추출에서는 Fig. 11에 도시한 바와 같이 먼저 3가 철을 지방산인 20%의 Naphthenic acid나 10%의 Versatic acid-10으로 pH 2~2.5 부근에서 분리·회수하고, 그 다음에 3%의 LIX 84를 사용하여 pH 2에서 구리를 용매추출하여 분리하고 난 후 20% PC-88A로 pH 2.5~3에서 아연을 용매추출하여 회수하면 수상에 니켈만이 잔류하여 각각의 금속분리가 가능하다.

4. 결 론

1. 아연의 용매추출시 LIX 84는 평형 pH가 6 이상으로 증가하여 5% 이내로 추출율이 매우 낮고 지방산계인 Naphthenic acid와 Versatic acid-10은 평형 pH 5.5 이상에서 추출이 일어나고 있다. 반면에 인산계 유기산인 PC-88A는 강산성인 pH 2.5정도에서 100%의 추출율을 보이고 있어 도금폐수중 함유된 니켈과 구리등과 용이하게 분리·회수할 수 있다.

2. 구리의 용매추출시 PC-88A는 pH 2.5 부근에서 추출되기 시작하고 지방산계 유기산인 Naphthenic acid와 Versatic acid-10은 각각 pH 3.5 내지 4 부근에서 추출이 일어나는 반면 LIX 84는 pH 2에서 100% 추출되어, 도금폐수중 구리의 분리·회수를 위한 용매추출에는 LIX 84가 가장 효과적이다.

3. 니켈은 chelating 화합물인 LIX 84에 의해서 잘 추출되며, pH 4~5에서 90% 이상의 추출율을 보이고 있

다. 한편, 인산계인 PC-88A나 지방산계 Naphthenic acid와 Versatic acid-10은 보다 높은 pH 영역에서 부분적으로 추출된다.

4. 도금폐수 중에 철, 구리, 아연 그리고 니켈이 혼재한 산·알칼리계 폐수에 대한 용매추출에서는 먼저 3가 철을 지방산인 20%의 Naphthenic acid나 10%의 Versatic acid-10로 pH 2~2.5 부근에서 분리·회수하고, 그 다음에 3%의 LIX 84를 사용하여 pH 2에서 구리를 용매추출하여 분리하고 난 후 20% PC-88A로 pH 2.5~3에서 아연을 용매추출하여 회수하면 수상에 니켈만이 잔류하여 각각의 금속분리가 가능하다.

참고문헌

1. 한국도금협동조합 : 한국도금공업편람, p.301 (1994).
2. 남동제일도금공단사업협동조합 공정자료 (1997).
3. A. Smith and T. Mudder : "The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes", Mining Jour. Books Ltd., London, p. 345 (1991).
4. H. P. Rajcevic : "A Hydrometallurgical Process for the Treatment of Industrial Wastes", Plating and Surface Finishing, 77(7), p.22, (1990).
5. F. A. Steward and C. G. Ritzert : "Waste Minimization and Recovery Technologies", Metal Finishing, 90(1A), p.786, (1992).
6. F. M. Doyle-Garner and A. J. Monhemius : "Mixed Iron-Nickel Complexes in Versatic Acid-10 Solution", Hydrometallurgy, 13, p.317-326, (1985).
7. K. Inoue, et. al., : "Extraction Mechanism of Copper by Versatic Acid-10", Hydrometallurgy, 8, p.309-329, (1982).
8. V. Kumar, B. D. Pandey and D. Bagchi, : "Application of LIX 84 for Separation of Copper, Nickel and Cobalt in Ammoniacal Leaching of Ocean Nodules", Materials Trans., JIM, 32(2), p.157-163, (1991).
9. M. Pourbaix : Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, Pergamon Press, USA, p.387, (1974).

金 成 奎

李 華 永

· 현재 한국과학기술연구원 금속공정연구센터 책임연구원
· 본 학회지 제9권 2호, 제10권 4호 참조

· 현재 한국과학기술연구원 금속공정연구센터 책임연구원
· 본 학회지 제9권 2호, 제10권 4호 참조

吳 鐘 基

- 현재 한국과학기술연구원 금속공정연구센터 책임연구원
- 본 학회지 제9권 2호, 제10권 4호 참조

신간 안내

- 제 목 : 오재현의 자동차리사이클링기행
- 저 자 : 吳 在 賢
- 발행처 : MJ 미디어
- 4*6 배판, 312P
- 정 가 : 20,000원



경제학에 있어서는 생산을 대금의 회수로서 one cycle 완료했다고 한다. 그러나 사회적으로는 생산은 리사이클을 실행함으로써 one cycle 완료했다고 해야 할 것이다. 이러한 관점에서 이 책에서는 사용이 다 끝난 자동차(ELV, End of Life Vehicle)가 어떻게 처리되는가를 그 기본적인 방법과 과정을 쉽게 기술하였다. 그리고 처리현장을 탐방하여 많은 것을 기록하였다. 이것은 흥미와 이해를 돕기도 하지만 생생한 우리의 폐차처리 역사를 후세에 남기고 싶고 한편 어떻게 처리하는 것이 가장 바람직한 것인가를 다 같이 생각하게 함이다.

- 제1장 「자연과 환경과 리사이클링」,
- 제2장 「자동차의 수명과 리사이클링」,
- 제3장 「자동차의 리사이클링 시스템」,
- 제4장 「자동차 해체의 실제」,
- 제5장 「자동차 슈레딩 처리기술」,
- 제6장 「자동차 리사이클링의 국제동향」,
- 제7장 「自動車 리사이클링의 꿈」