

방사선 중합법에 의한 ACF/PP-g-AAc 혼성섬유 흡착제의 합성 및 중금속 분리 특성에 관한 연구

황택성[†] · 황대성 · 박정기*

충남대학교 공과대학 화학공학과, *한국과학기술원 공과대학 화학공학과
(1999년 8월 3일 접수)

A Study on the Synthesis of ACF/PP-g-AAc Hybrid Fibrous Adsorbent by Irradiation and Their Separation Properties of Heavy Metals

Taek-Sung Hwang[†], Dae-Sung Hwang, and Jung-Ki Park*

Department of Chemical Engineering, College of Engineering,
Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea

*Department of Chemical Engineering, College of Engineering, KAIST, Taejeon 305-701, Korea

[†]e-mail : tshwang@hanbat.chungnam.ac.kr

(Received August 3, 1999)

요약: 방사선 전조사법을 이용하여 아크릴산을 ACF/PP 혼성 부직포에 그래프트 반응시켜 ACF/PP-g-AAc 공중합체를 합성하였다. 합성한 공중합체의 FT-IR 결과 1720, 3600~3100 cm⁻¹ 부근에서 C=O, -OH에 대한 피크가 확인되었고, 금속이온 흡착후에 공중합체의 표면은 좁쌀알 등과 같은 작은 조직이 관찰되었다. ACF/PP-g-AAc 공중합체의 금속이온에 대한 흡착능의 최적시간은 24시간이었으며 동일 조건하에서의 흡착능은 Mn²⁺ > Cu²⁺ > Co²⁺ > Ni²⁺의 순서로 Mn²⁺가 최대흡착능을 나타냄으로써 혼합용액에서 금속이온의 흡착에 대한 선택성은 이온반경의 크기에 비례하는 경향을 나타내었으며, 또한 ACF/PP-g-AAc 공중합체는 10회 이상 흡착능의 변화없이 흡탈착이 가능한 흡착제임을 알 수 있었다.

ABSTRACT: The ACF/PP-g-AAc copolymers were synthesized by the irradiational grafting of acrylic acid onto ACF/PP fabric. The synthesis of copolymer was evidenced by the bands at 1720, 3600~3100 cm⁻¹ on FT-IR spectrum. After the adsorption of metal ions on ACF/PP-g-AAc copolymers, the morphology with the small deposits on the fiber surface were observed by SEM. The optimal time for the metal ion adsorption equilibrium on ACF/PP-g-AAc copolymers was 24 hrs and their adsorption capacities increased in the order of Mn²⁺ > Cu²⁺ > Co²⁺ > Ni²⁺. The adsorption capacities of ACF/PP-g-AAc copolymers were invariable after more than 10 times of regeneration.

Keywords: irradiation, graft copolymerization, heavy metal, separation.

서론

최근 산업의 발전과 인구증가로 인하여 각종 산업 폐수와 도시생활 하수 등에서 배출되는 중금속과 유기물질 및 원자력 발전시 방출되는 소량의 중금속 등에 의한 오염이 날로 심각해지고 있는 실정이다. 따

라서 이들의 효율적인 처리를 위하여 고기능성의 새로운 분리소재의 개발이 시급한 실정이다.

현재 사용되고 있는 소재로는 흡착소재가 주종을 이루고 있는데, 지금까지 알려진 흡착제는 크게 물리적 흡착제와 화학적 흡착제로 나눌 수 있다. 물리적 흡착제는 활성탄이나¹ 제올라이트^{2,3} 등이 주로 사용

되고 있으며 이들은 가격이 저렴하고 사용이 간편하나 암모니아 가스, 황화수소, 질소산화물 등과 같은 유해가스 성분에 대한 흡착능력이 낮고 대부분 입상으로 성형 가공면에서 한계가 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하고 흡착성능이 우수한 재료를 개발하기 위하여 화학적 방법으로 고분자에 관능기를 도입한 이온교환 수지를 이용한 이온교환 방법이⁴ 주로 사용되고 있으며 중금속 및 유해성분 물질의 흡착에 사용되고 있다. 이러한 흡착은 흡착능력에 한계가 있어 최근에는 방사선 그래프트 중합법으로 관능기를 가진 단량체를 도입시켜 중금속 및 해수중의 유용성분 분리에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁵⁻⁸

방사선 중합은⁹⁻¹¹ 고분자를 합성할 때 기존의 고분자를 파괴하지 않고 부반응을 최소화할 수 있으며 중합방법이 간단하고 저온에서 뿐만 아니라 고체상에서도 용이하게 화학반응을 진행시킬 수 있는 특징이 있어 화학적 방법으로 제조할 수 없는 고기능성 고분자 재료의 합성에 이용되고 있다. 특히 그래프트 중합법은 기존의 고분자 소재를 방사선 개질하여 신물질 또는 고기능성 제품을 생산할 수 있고, 최근들어 기능성 관능기를 고분자에 도입하여 이온교환막이나⁴ 섬유 형태로 제조하여 우라늄과 같은 중금속포집제로^{12,13} 사용하고, 유해가스의 흡착^{14,15} 등의 환경공해물질을 손쉽게 처리할 수 있는 획기적인 방법으로 각광을 받고 있다.

따라서 본 연구에서는 흡착성능을 증가시켜 폐수중의 중금속을 효과적으로 분리하기 위하여 비표면적이 큰 활성탄소섬유(ACF)와 아크릴단량체와 그래프트 반응이 가능한 폴리프로필렌(PP)을 니들펀칭에 의해 혼성 부직포를 제조하여 방사선 중합법으로 ACF/PP-g-AAc 공중합체를 합성하였다. 또한 FT-IR, SEM 등으로 이들의 특성을 확인하였으며 중금속 이온에 대한 흡착성능과 내구성을 고찰하였다.

실 험

시 약. 본 연구에서 사용된 기재(trunk polymer)는 Figure 1과 같이 활성탄소섬유/폴리프로필렌 혼성 부직포(ACF/PP)로 (주)대정에서 구입하여 사용하였으며, 단량체인 acrylic acid(AAc)과 착염생성방지제인 ammonium citrate는 Junsei Chemical

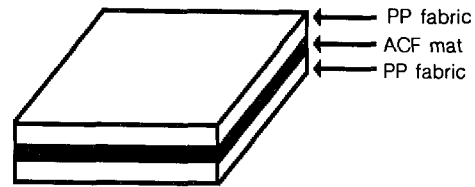


Figure 1. Scheme of ACF/PP hybrid fabric fabricated by needle punching.

사 제품, 금속염 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 는 특급의 Wako Pure Chemical사 제품, 그리고 황산은 Merck사 제품의 특급 시약을 사용하였다. 그 밖의 시약은 특급 시약을 정제하지 않고 그대로 사용하였다.

그래프트 반응. ACF/PP-g-AAc 공중합체를 합성하기 위해 부직포를 3×4 cm 크기로 절단하여 아세톤과 증류수로 세척, 건조한 후 Co^{60} γ -ray를 9.93 KGy/hr의 선량률로 조사하여 라디칼을 생성시킨 후 -130 °C로 보관하여 사용하였다.

반응액에 물을 용매로 하고 여러 가지 농도의 아크릴산 단량체와 혼합하여 전체 혼합용액의 부피는 100 mL로 일정하게 하였으며, 이때 그래프트율의 증가와 단일중합체의 생성을 억제하기 위해 2.5×10^{-3} M의 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 와 0.2 M의 황산을 첨가하였다.¹⁶

또한 고순도 질소가스(99.99%)를 이용하여 10분간 치환시킨 다음 조사한 시료를 넣고 다시 10분간 치환시켜 산소를 완전 제거 후 60 °C 항온조에서 3시간 동안 공중합 반응을 하였다. 그래프트 반응 후 60 °C 이하의 증류수로 단일중합체 및 미반응 단량체를 완전히 제거하고 무게 감소가 없을 때까지 60 °C 이하에서 감압 건조 후, (1)식을 이용하여 그래프트율을 계산하였다.

$$\text{그래프트율}(\%) = \frac{W_g - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

여기서 W_0 와 W_g 는 각각 그래프트 반응 전과 반응 후의 ACF/PP의 무게를 나타낸다.

분 석. 그래프트 반응을 통하여 합성한 시료의 구조를 확인하기 위하여 Mattson사의 FT-IR spectrometer를 사용하여 파장범위 $4000 \sim 400$ cm^{-1} 에서

주사회수를 32로 하고 resolution은 4 cm^{-1} 로 하여 분석하였다. 모든 시료는 KBr pellet법으로 시료/KBr=1/200의 비율로 혼합하여 사용하였다.

또한 그래프트 반응에 따른 표면상태와 중금속 흡착 후의 표면상태를 관찰하기 위하여 시편을 홀더에 붙인 뒤 Ion sputter 내에서 Ion current 5 mA로 gold coating한 후 JEOL사의 JSM-840A Model 주사전자현미경으로 8000배의 배율에서 시료의 표면을 관찰하였다.

중금속 흡착 실험. ACF/PP-*g*-AAc 혼성 흡착제를 이용하여 Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} 및 Cu^{2+} 금속이온의 흡착실험을 하기 위하여 혼합용액을 제조하고 ACF/PP-*g*-AAc 공중합체의 중금속이온에 대한 흡착량을 회분식 방법으로 측정하였다. 이때 0.1 N 염산과 0.1 N 암모니아수 표준용액으로 pH를 조절한 후 100 ppm의 중금속 이온 용액 200 mL에 ACF/PP-*g*-AAc 공중합체 0.3 g을 넣고 진탕기를 사용하여 흡착실험을 하였으며, 상등액을 10 mL 분취한 후 ICP-AES (Plasma 8440 Labtam) 분석을 통해 중금속 이온의 흡착량 변화를 관찰하였다.

내구성 실험. ACF/PP-*g*-AAc 공중합체의 흡·탈착을 통한 흡착능의 변화를 관찰하기 위하여 중금속 이온이 흡착된 ACF/PP-*g*-AAc 공중합체를 0.1 N 황산용액 100 mL에 넣고 상온에서 48시간동안 교반시킨 후 증류수로 중성이 될 때까지 세척하고 감압 건조하였다. 이와같이 흡·탈착 실험을 10회 반복한 후 각 cycle에서 흡착량을 ICP-AES 분석방법으로 결정 한 후 이를 토대로 흡착제의 내구성을 시험하였다.

결과 및 고찰

ACF/PP-*g*-AAc 공중합 반응. 방사선 중합법으로 ACF/PP 혼성섬유에 대한 아크릴산 단량체를 그래프트 반응시켜 ACF/PP-*g*-AAc 공중합체를 합성하였는데, 단일중합체의 생성을 억제하고 그래프트율을 높이기 위해 $2.5 \times 10^{-3}\text{ M}$ 의 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 와 0.2 M의 황산을 첨가하여 그래프트 반응을 하였다. 총조사량을 10, 20, 30 kGy로 변화시켜 조사한 ACF/PP 혼성 부직포를 60 °C에서 3시간 동안 그래프트 반응시켜 공중합체를 합성한 후, 합성한 공중합체의 아크릴산 단량체의 농도에 대한 그래프트율을 구하였는

Table 1. Degree of Grafting According to Acrylic Acid Concentration and Total Dose

AAc conc. (v/v%)	10	20	30	40	50	60
total dose						
10 kGy	81.3	228.4	304.8	433.2	511.3	480.3
20 kGy	60.0	123.0	206.2	283.4	300.0	280.0
30 kGy	31.6	88.9	118.9	170.0	220.0	170.0

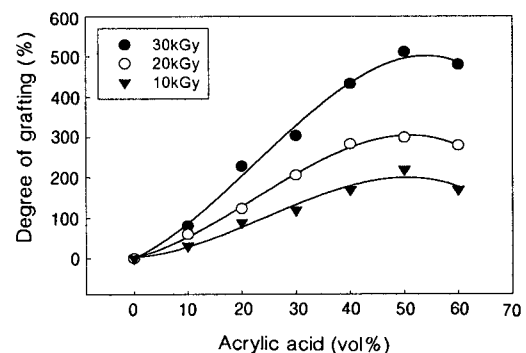


Figure 2. Relationship between degree of grafting and acrylic acid concentration at a different total dose.

데, 그 결과를 Table 1과 Figure 2에 나타내었다.

Table 1과 Figure 2에서 보는 바와 같이 그래프트율은 총조사량이 증가할수록 증가하였고, 아크릴산 단량체의 농도가 증가할수록 50 vol% 까지 증가하였으며 그 이상의 농도에서는 감소하는 경향을 보였다. 이렇게 동일 농도에서 총조사량이 증가함에 따라 그래프트율이 증가하는 이유는 고분자 기질에 생성되는 자유 라디칼의 수율이 조사시 기질에 흡수되는 감마선 에너지의 총량에 따라 비례적으로 증가하여 활성화도가 높기 때문으로 사료되었다. 또한 동일 총조사량으로 조사한 ACF/PP에 대한 아크릴산의 농도가 증가함에 따라 그래프트율의 증가는 ACF/PP 부직포의 팽윤성에 영향을 받아 아크릴산 단량체의 확산이 용이해져서 그래프트율이 상승되기 때문이다. 그리고 아크릴산의 농도가 50 vol%에서 최고 그래프트율을 나타내고 그 이상에서는 감소하고 있는데, 이는 trommsdorff 효과에¹⁷ 의해 고농도에서 아크릴산의 단일중합체가 많이 생성되기 때문이며 용매를 사용하는 그래프트 반응에서 일반적으로 나타나는 현상이다.

FT-IR 스펙트럼 분석. ACF/PP 부직포에 아크릴

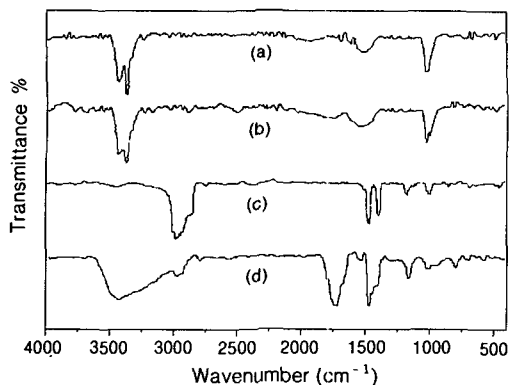


Figure 3. FT-IR spectra of polymers (a) ACF fabric, (b) grafted ACF fabric, (c) PP fabric, and (d) grafted PP fabric.

산 단량체를 그래프트시킨 후 반응 전후의 구조변화를 확인하기 위하여 측정한 대표적인 FT-IR 스펙트럼을 Figure 3에 나타내었다.

Figure 3에서 보는 바와 같이 기재인 ACF/PP 혼성 부직포에서 ACF (a)는 3600~3300 cm⁻¹에서 -OH기의 신축진동 피크와 1660~1500 cm⁻¹에서 방향족 C=C 이중결합의 특성피크 및 1250~1000 cm⁻¹에서 에테르와 페놀 등의 특성피크가 나타났다. Figure 3(b)는 ACF를 방사선 조사한 후 그래프트 반응시킨 FT-IR 스펙트럼으로 그래프트 전 (a)의 피크와 거의 동일한 것으로 보아 ACF에는 그래프트 반응이 일어나지 않음을 확인할 수 있었는데 이는 ACF 기재가 안정한 구조로 되어 있고 결정성이 높아 방사선 조사에 의해 활성화가 되지 않기 때문으로 사료되었다.

Figure 3(c)는 PP의 FT-IR 스펙트럼으로 Figure 3(c)에서 보는 바와 같이 3100~2872 cm⁻¹에서 CH₃에 의한 신축진동 피크가 나타나 있으며, 1435 cm⁻¹에서 CH₂의 rocking deformation 피크, PP의 특성피크가 1383 cm⁻¹에서 나타나고 있는 것으로 보아 PP의 구조를 확인할 수 있었다. 또한 Figure 3(d)는 PP를 조사한 후 그래프트시킨 후의 FT-IR 스펙트럼이다. Figure 3(d)에서 보는 바와 같이 순수 PP에서 나타나지 않았던 아크릴산의 특성 피크인 C=O 흡수피크가 1720 cm⁻¹ 부근에서 나타나고, 3600~3100 cm⁻¹ 부근에서 -OH에 의한 흡수 피크가 넓게 나타나는 것으로 보아 PP에 아크릴산

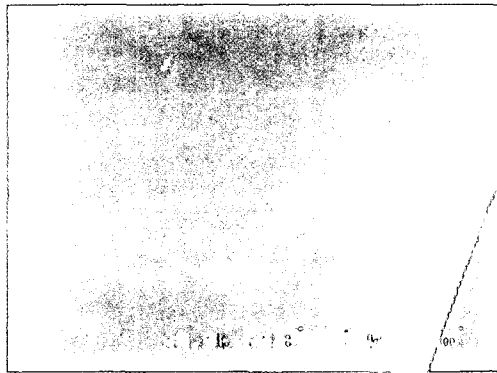
단량체가 그래프트되었음을 확인할 수 있었다.

주사현미경 (SEM) 관찰. ACF/PP 혼성 부직포의 표면 구조 변화를 관찰하기 위하여 그래프트 반응 전후, 중금속 흡착 후 혼성 부직포의 SEM을 관찰하였는데 그 결과를 각각 Figure 4와 Figure 5에 나타내었다. Figure 4는 PP의 그래프트 반응 전과 후, 흡착 후의 SEM 사진, Figure 5는 ACF의 중금속 흡착 전과 후의 SEM 사진으로, Figure 4에서 보는 바와 같이 그래프트 반응 후의 표면에서는 반응 전의 시료 표면에서 나타나지 않던 많은 주름이 형성되어 표면적이 넓게 나타나는 현상을 관찰할 수 있었다. 또한 중금속 흡착 실험 후 금속의 흡착정도를 관찰하기 위하여 SEM 관찰을 하였는데 Figure 4, 5에서 보는 바와 같이 흡착제의 표면이 좁쌀알과 같은 작은 입자가 분포되어 있음을 확인할 수 있었다. 이는 ACF/PP-*g*-AAc에 중금속이 흡착되어 나타나는 것으로 사료되었으며, Engelken 등에¹⁸ 의하면 공중합체에 금속이온이 흡착되었을 경우, 전자주사 현미경으로 관찰해 보면 작은 혹, 스펀지, 뇌형태, 그리고 침상형태 등이 나타난다고 보고된 바 있는데, 본 연구결과에서도 ACF/PP-*g*-AAc 공중합체에 중금속을 흡착한 결과, Engelken 등의¹⁸ 연구결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.

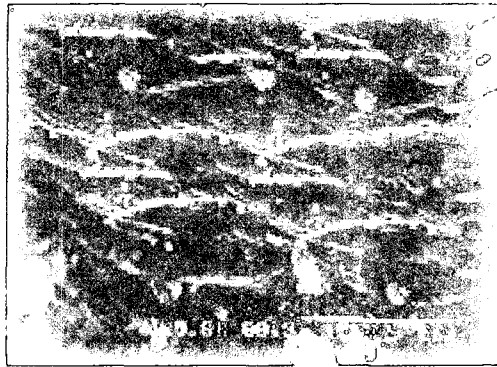
중금속 이온 흡착능. 방사선 조사를 이용하여 ACF/PP 혼성 부직포에 라디칼을 생성시킨 후, 아크릴산을 그래프트시켜 합성한 ACF/PP-*g*-AAc 공중합체의 금속이온에 대한 흡착능을 실험한 결과를 Table 2와 Figure 6~Figure 9에 나타내었다.

Table 2는 비표면적이 큰 ACF 자체의 물리적 흡착능력과 PP를 기재로 한 PP-*g*-AAc 부직포의 흡착능력에 대하여 흡착시간 24시간, pH=10, 그래프트율이 305%인 흡착제를 이용한 중금속 이온의 흡착능을 각각 나타낸 것이다. Table 2에서 보는 바와 같이 전체 흡착능 중에서 ACF에 의한 흡착능이 전체의 약 10%를 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 PP-*g*-AAc를 사용한 경우보다 ACF/PP-*g*-AAc 혼성 부직포 형태로 사용하는 것이 중금속 이온에 대한 흡착능력이 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, ACF에 의한 물리적 흡착과 PP-*g*-AAc에 의한 화학적 흡착이 동시에 일어나고 있는 것을 알 수 있었다.

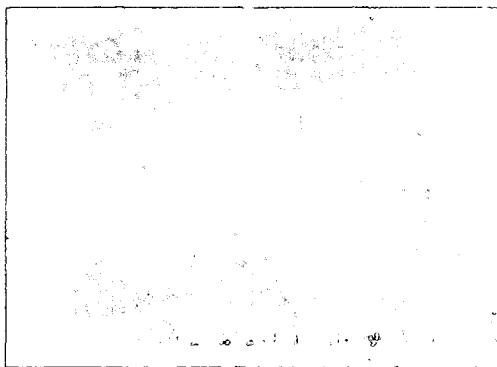
Figure 6은 흡착시간을 24시간으로 하고, pH=



(a) PP before grafting



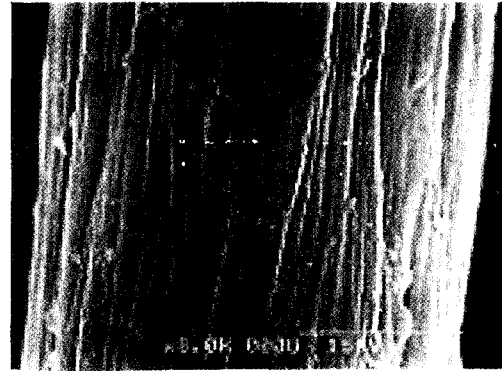
(b) PP after grafting



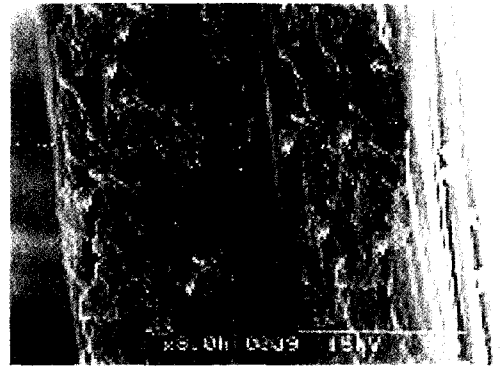
(c) PP after adsorption

Figure 4. SEM photographs of graft reaction and adsorption from PP.

10에서 그래프트율이 다른 흡착제를 이용하여 Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} 및 Cu^{2+} 의 흡착실험을 한 후, 그래프트율과 흡착량과의 관계를 나타낸 것으로 그래프트율이 305%까지 증가하다가 그 이후에는 약간 감소함을



(a) ACF before adsorption



(b) ACF after adsorption

Figure 5. SEM photographs of before and after adsorption from ACF.

알 수 있다. 이렇게 그래프트율에 따라 흡착량이 높게 나타나는 이유는 ACF/PP-g-AAc 공중합체의 금속이온에 대해 ACF에 의한 물리적 흡착과 PP-g-AAc에 의한 화학적 흡착이 동시에 일어나기 때문으로 사료되었으며, 305% 이상에서 흡착량이 감소하는 것은 PP에 아크릴산이 그래프트되면서 팽윤되고, compact한 구조가 되면서 금속이온의 활동이 자유롭지 않아 흡착능이 감소하는 것으로 사료되었다. 또한 그래프트율이 0%에서도 약간의 흡착이 일어나는 것은 큰 비표면적을 갖고 있는 ACF 기재에 의한 물리적 흡착에 의한 것으로 판단되었다.

Figure 7은 pH=10에서 그래프트율이 305%인 흡착제를 사용하여 흡착시간에 따른 금속이온에 대한 흡착량을 실험한 결과로 Figure 7에서 보는 바와 같이 모든 금속이온에서의 흡착능은 흡착시간이 경과함에 따라 증가하였으며 특히 24시간까지 흡착능이 급

Table 2. Adsorption Capacities as a Variety of Metal Ions at pH=10 with ACF and ACF/PP-g-AAc Fabrics

materials	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺
ACF	16.92	14.10	12.88	9.12
PP-g-AAc	83.00	53.45	46.33	48.38
ACF/PP-g-AAc	96.02	64.95	57.03	55.20

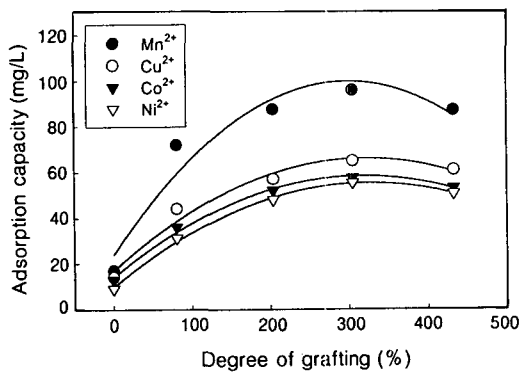


Figure 6. Adsorption capacities of metals according to degree of grafting (pH=10, time : 24 hrs).

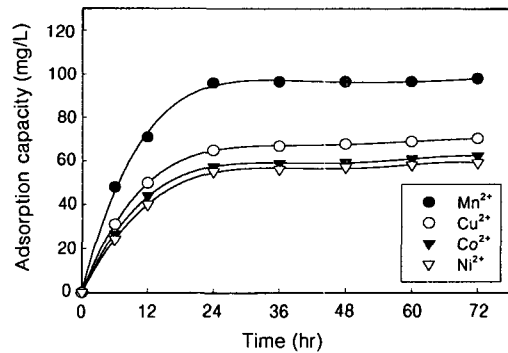


Figure 7. Adsorption capacities of metals according to soaking time (pH=10, degree of grafting : 305%).

격히 증가하였고, 그 이후 시간에서는 흡착시간의 변화에 따라 약간의 증가는 있으나 거의 일정한 값을 유지하는 것으로 보아 본 연구에서 금속이온의 최적흡착 시간은 24시간임을 확인하였다. 또한 Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺ 및 Cu²⁺ 이온에 대한 흡착능의 실험 결과, 동일한 조건하에서 시간에 따른 흡착량의 변화는 거의 유사하게 나타났으며, 24시간에서 금속이온 Mn²⁺,

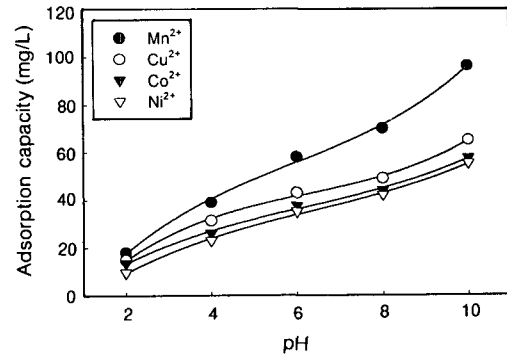


Figure 8. Adsorption capacities of metals according to pH (time : 24 hrs, degree of grafting : 305%).

Co²⁺, Ni²⁺ 및 Cu²⁺의 흡착량은 각각 96, 57.5, 55.2 및 65 mg/L의 순으로 나타났다. 이는 원자가 금속이온의 선택성에 큰 영향을 미치는데, 원자가가 동일한 경우에는 이온반경의 크기에 흡착능이 비례한다는 사실과 일치하고 있음을 알 수 있었다.¹⁹

Figure 8은 흡착시간을 24시간으로 고정하고 그래프트율이 305%인 ACF/PP-g-AAc 공중합체를 이용하여 중금속 흡착에 대한 pH 영향을 알아본 것으로 Figure 8에서 보는 바와 같이 Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺ 및 Cu²⁺ 등 금속의 종류에 관계없이 pH가 증가함에 따라 흡착능도 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 pH가 증가함에 따라 용액중에 존재하는 H⁺이온의 수가 감소하여 이온교환 평형에서 ACF/PP-g-AAc 공중합체가 금속을 흡착하려는 쪽으로 평형이 이동하여 흡착을 증가시켜 주는 것으로 판단되었다. 그러나 pH=2와 같이 산성영역에서는 금속 이온들과 AAc의 관능기와의 결합이 일어나지 않아 착물이 형성되지 않고 대부분 ACF에 의한 물리적 흡착만이 일어나 흡착능이 낮게 나타나는 것으로 사료되었다.

Figure 9는 흡착제에 흡착된 중금속 이온의 내구성 알아보기 위하여 그래프트율이 305%, 흡착시간을 24시간, pH=10의 조건에서 Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺ 및 Cu²⁺ 중금속에 대한 흡착실험을 행한 후 0.1N 황산을 이용하여 흡착, 탈착실험을 반복한 결과를 나타낸 것이다. Figure 9에서 보는 바와 같이 10회까지 흡착을 반복한 결과, 중금속에 대한 흡착능은 거의 변하지 않았으며, 기계적 강도도 초기 ACF/PP-g-AAc 공중합체와 거의 동일하였다. 이들 결과로부터

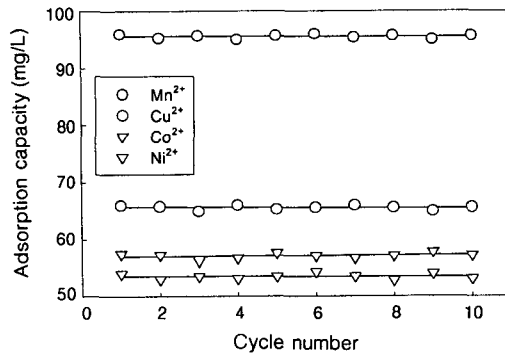


Figure 9. Adsorption capacities of ACF/PP-g-AAc copolymers with regeneration frequency (degree of grafting : 305%, time : 24 hrs, pH=10).

본 연구에서 합성한 ACF/PP-g-AAc 공중합체는 Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺ 및 Cu²⁺ 중금속 이온에 대한 적합한 흡착제로 사료되었다.

결 론

방사선 조사법을 이용하여 ACF/PP-g-AAc 공중합체를 합성하고 이들의 중금속 이온의 흡착특성을 고찰한 결론은 다음과 같다.

ACF/PP-g-AAc의 그래프트율은 총조사량이 증가함에 따라 증가하였으며, 아크릴산 단량체의 농도가 50 vol% 까지 증가하다가 그 이상에서는 감소하였다.

ACF/PP-g-AAc 공중합체에 금속이온을 흡착시킨 후, SEM 관찰결과 공중합체의 표면에 좁쌀 형태의 금속 흡착 형태가 관찰되었다.

ACF/PP-g-AAc 공중합체의 금속 이온에 대한 흡착능은 그래프트율이 증가할수록 흡착능은 증가하였으며 최적흡착시간은 24시간이었고 pH가 증가할수록 흡착능도 증가하였다. 또한 동일한 조건하에서 Mn²⁺ > Cu²⁺ > Co²⁺ > Ni²⁺로 Mn²⁺가 최대흡착능을 나타내었으며 혼합용액에서 금속이온의 흡착에 대한 선택성은 이온반경의 크기에 비례하는 경향을 나타내었다. 또한 내구성 실험 결과 ACF/PP-g-AAc 공중합체는 대상 금속에 대한 적합한 흡착제임을 확인할 수 있었다.

감사의 글: 본 연구는 한국과학재단의 '98 핵심연구과제 (과제번호 : 981-1110-058-2) 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. M. Teker, O. Saltabas, and M. Imamoglu, *J. Environ. Sci. Health.*, **A32**(8), 2077 (1997).
2. C. S. Shin and T. H. Lee, *J. Kor. Inst. Chem. Eng.*, **27**, 588 (1989).
3. S. S. Kim, M. Park, N. H. Hur, and J. Choi, *Korean J. Environ. Agric.*, **10**, 11 (1991).
4. G. K. Kostov and S. C. Turmanova, *J. Appl. Polym. Sci.*, **64**, 1469 (1997).
5. M. Kim, K. Saito, S. Frusaki, T. Sugo, and J. Okamoto, *J. Membrane Sci.*, **56**, 289 (1991).
6. W. Lee, S. Furusaki, K. Satio, T. sugo, and K. Makuuchi, *Biotechnol. Prog.*, **12**, 178 (1996).
7. I. Szleifer, *Biophys. J.*, **72**, 595 (1997).
8. L. Furlan, V. T. de Favere, and M. C. M. Laranjeira, *Polymer*, **37**, 843 (1996).
9. T. Sugo and K. Saito, *Membrane*, **13**, 272 (1988).
10. T. Hori, K. Saito, S. Frusaki, T. Sugo, and J. Okamoto, *Chem. Soc. Jpn.*, **12**, 1792 (1986).
11. T. Sugo and K. Saito, *Membrane*, **71**, 58 (1990).
12. J. Okamoto, T. Sugo, A. Katakai, and H. Omichi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **30**, 2967 (1985).
13. S. Tsuneda, K. Saito, and S. Frusaki, *J. Membrane Sci.*, **58**, 221 (1991).
14. J. S. Park, Y. C. Nho, and T. S. Hwang, *Polymer (Korea)*, **21**, 701(1997).
15. J. S. Park, Y. C. Nho, and J. H. Jin, *Polymer(Korea)*, **22**, 39 (1998).
16. O. H. Kwon, Y. C. Nho, and H. S. Yang, *J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry*, **8**, 934 (1997).
17. E. Trommsdorff, H. Kohle, and P. Lagally, *Markrol. Chem.*, **1**, 169 (1948).
18. R. D. Engelken and H. E. Mccloud, *J. Electrochem. Soc.*, **32**, 568 (1985).
19. W. G. Son, S. M. Moon, J. H. Baek, D. C. Kim, J. K. Park, and H. Y. Song, *Polymer(Korea)*, **19**, 433 (1995).