

활성탄 및 고분자 흡착제에서 MEK의 흡·탈착 특성

이화웅 · 김진수 · 한 춘* · 송형근 · 나병기†

한국과학기술연구원 청정기술연구센터

*광운대학교 화학공학과

(1998년 9월 7일 접수, 1998년 11월 9일 채택)

Adsorption and Desorption Characteristics of MEK with Activated Carbon and Polymer Adsorbents

Hwaung Lee, Jinsoo Kim, Choon Han*, Hyung Keun Song and Byung-Ki Na†

Clean Technology Research Center, Korea Institute of Science and Technology

*Dept. of Chemical Eng., Kwangwoon University

(Received 7 September 1998; accepted 9 November 1998)

요 약

공장에서 대기 중으로 방출되고 있는 폐유기용매 중의 하나인 MEK(Methyl Ethyl Ketone)를 흡착법으로 회수하기 위하여 가장 적합한 흡착제를 선정하였다. 입상활성탄, 섬유상활성탄 및 고분자 흡착제를 사용하여 흡착량과 탈착량을 비교 검토하였다. 흡착제를 흡착탑에 충전하고 시료가스를 흘리면서 출구에서의 MEK농도를 분석한 과과실험을 통하여 흡착량을 측정하였다. 입상활성탄 및 섬유상활성탄은 초기의 MEK 흡착량이 많은 반면에 상온에서 재생 후에는 흡착량이 감소하였다. 반면에 고분자 흡착제는 초기의 흡착량도 매우 높았으며 상온에서 재생 후의 흡착량도 초기흡착량과 비슷하였다. 진공 탈착을 하면서 MEK의 회수율을 측정한 결과를 살펴보면, 활성탄에 비해서 고분자 흡착제가 높은 회수율을 나타내었다.

Abstract—A reliable adsorbent for MEK (Methyl Ethyl Ketone) was selected to recover it from the ducts of plant, which can solve related environmental problems. Granular activated carbon, activated carbon fiber, and polymer adsorbents were tested with the adsorption and desorption amounts of MEK. The adsorbents were loaded into the column and breakthrough experiments were performed by analyzing the outlet gas from the column by a gas chromatography. Granular activated carbon and activated carbon fiber had high adsorption amounts at first adsorption. After regeneration of the adsorbents at room temperature under vacuum the adsorption amounts decreased. Polymer adsorbents had high adsorption amount at first adsorption and the second adsorption amount was almost equal to the first one after regeneration. During the regeneration MEK was collected with a liquid nitrogen trap. Polymer adsorbents had higher recovery than the activated carbons.

Key words : Solvent Recovery, MEK, Adsorption, Desorption, Polymer Adsorbent, Activated Carbon

1. 서 론

최근에 환경에 대한 관심이 높아지면서 대기오염을 방지하는 기술의 개발에 대한 중요성이 대두되고 있다. 대기 중으로 배출되는 폐유기용매를 회수하여 재사용할 수 있는 장치의 개발은 수입대체 효과와 공정의 경제성을 높인다는 경제 및 산업적 측면에서 매우 중요하다. 또한, 대기 환경오염과 폭발 및 화재의 원인이 되는 유기용매의 배출을 억제하여 작업장 환경을 개선함은 물론 쾌적한 환경을 만들어 국민건강에 이바지한다는 사회 및 문화적 측면에서도 중요하다. 특히 세계적으로 강화되고 있는 환경오염 규제에 대비하여 무공해, 저오염 공정의 보급을 촉진하고 나아가 환경보존기술의 국제경

쟁력을 획득하기 위해서는 폐용매의 처리와 재활용 기술의 개발이 절실하다 하겠다.

용매 회수란 제품 생산 과정에서 발생하는 유기용매들을 공존하는 공기에서 분리한 후에 정제하여 재사용이 가능하도록 하는 것을 말한다. 용매 회수방법에는 응축법, 흡수법 및 흡착법 등이 있으며 용매증기의 조성, 성질, 발생량, 회수율 등의 인자에 의해 회수방법이 결정된다[1, 2]. 응축법은 배출되는 용매의 농도가 5,000 ppm 이상으로 높으면서 비등점이 비교적 높은 용매에 사용된다. 비등점이 낮은 용매는 공기의 온도를 매우 낮게 유지해야 하므로 운전비가 증가하여 응축법을 사용하지 않는다. 흡수법은 처리하고자 하는 용매의 선택적 용해도가 큰 용액을 사용하여 용매를 제거하는 방법이며, 처리량이 많은 배출가스에 주로 이용된다. 하지만 용매가 용해되어 있는 용액에서 용매를 다시 분리해야 하며, 용액 자체가 환경오염을

†E-mail : nabk@kistmail.kist.re.kr

유발할 수 있는 가능성이 있다. 일반적으로 희박한 농도의 유기용매를 배출하는 공장의 배기가스와 같은 경우에서 흡착법이 많이 이용되고 있으며, 본 연구에서는 흡착법을 이용하여 폐유기용매를 회수하는 장치를 개발하기 위하여 최적의 흡착제를 선정하고자 하였다.

기존의 흡착법을 이용한 용매회수 장치는 대부분이 활성탄을 흡착제로 사용한다[3-7]. 이 경우에 활성탄과 용매가 강한 흡착을 하므로 흡착된 용매를 탈착시키기 위하여 수증기를 사용한다. 따라서 회수된 용매는 물과의 혼합물로 존재하고 이를 분리하기 위하여 증류탑을 추가로 설치해야 하므로 장치비가 증가하게 되며, 수증기를 만들기 위해 에너지가 필요하게 된다. 본 연구에서는 입상활성탄, 섬유상활성탄, 고분자흡착제의 흡착 및 탈착 성능을 비교하여 흡착량이 많으면서도 탈착이 용이한 흡착제를 선정하고자 하였다. 흡착제에서 용매의 탈착이 쉬우면 수증기를 사용하지 않고 진공을 이용할 수 있으므로 증류탑의 건설이 필요없게 된다. 흡착량은 압력의 함수이므로 상압에서 용매를 흡착시키고 탈착시에 진공을 걸어 주면 용매가 회수되므로 이를 바로 재사용 할 수 있게 되어 경제적이다. 고분자 물질의 용해에 많이 사용되고 있는 MEK(Methyl Ethyl Ketone)를 용매로 선정하여 기초실험을 통해 흡탈착 특성을 파악하였고 이를 기초로 MEK 흡착 및 탈착 실험을 수행하여 최적의 흡착제를 찾고자 하였다.

2. 실험

2-1. 기초 흡·탈착 실험

본 연구에서 이용한 흡착질로는 유기용매인 MEK를 사용하였으며 이 용매의 주요 성질을 Table 1[8]에 나타내었다. 흡착제로는 삼천리사의 입상활성탄(SGT100)과 일본 Mitsubishi사의 고분자 흡착제 3종류(HP20, SP207 및 SP850)를 선정하여 사용하였다. 입상활성탄의 표면적은 1,400 m²/g이다. 세 종류의 고분자 흡착제 HP20, SP207 및 SP850은 스타이렌과 디비닐벤젠의 공중합체이며 표면적은 각각 511, 627 및 1,000 m²/g이다. 흡착탑에 충전한 흡착제의 양은 입상활성탄, HP20, SP207 및 SP850에 대하여 각각 0.530, 0.882, 1.11 그리고 0.967 g이었다.

실험은 각 흡착제의 흡착량을 측정하기 위하여 Fig. 1과 같은 장치를 이용하였다. 원료기체는 30 °C로 유지되는 항온조에 MEK를 넣은 3구 플라스크를 넣고 헬륨가스로 bubbling하여 만들어진다. 플라스크 위에는 응축기를 설치하여 도입되는 원료기체가 일정한 농도로 공급되도록 하였다. 흡착탑은 10 cm 길이의 1/4 inch 스테인레스 스틸 관을 사용하였고 흡착탑으로부터 미세입자가 유출되는 것을 방지하기 위하여 탑의 상, 하부에 그물망을 설치하였다.

먼저 흡착제를 100 °C에서 6시간 동안 활성화시킨 후 흡착탑에 충전한다. He 가스의 유량을 조절하여 원하는 조성과 유량의 원료기체를 만들어 흡착탑에 도입시키고 흡착탑 출구와 입구의 MEK 조성이 같아질 때까지 흡착을 진행시킨다. 흡착탑의 입구와 출구에서 일정 간격으로 시료를 채취하고 G.C.(5890, Hewlett-Packard)를 이용하여

Table 1. Physical properties of MEK

Formula	CH ₃ COCH ₂ CH ₃
Molecular weight, g	72.12
Specific weight, d ₄ ²⁰	0.8047
Boiling point, °C	79.6
Vapor pressure, mmHg, 25 °C	100
Critical temperature, °C	260
Critical pressure, atm	43.3
Flash point, °C	-5.6
Explosion limit, %	1.81-9.05
Permissible concentration, ppm	200

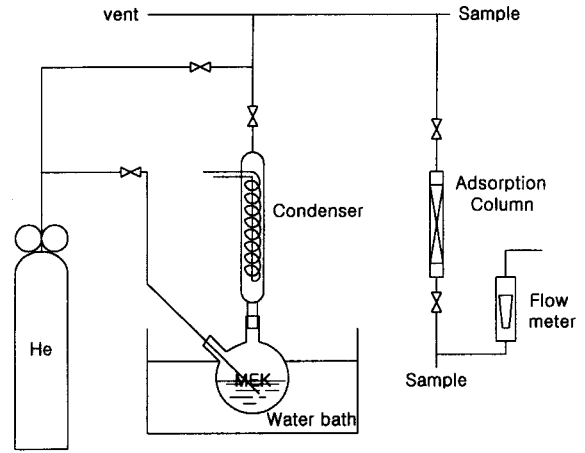


Fig. 1. Schematic diagram of basic adsorption experiment.

분석한다. 원료가스의 농도는 10,000 ppm이었으며, 기체의 유량은 40 ml/min을 유지하였다. 그 후, 흡착탑에 100 ml/min의 질소를 흘려 주면서 60분간 진공(30 torr) 탈착을 수행하였다. 탈착 후 흡착과 탈착을 3회 반복하여 흡착제의 재생성을 관찰하였다.

2-2. MEK 흡·탈착 및 회수실험

실험장치는 원료 가스의 농도를 일정하게 맞춰주기 위한 부분과 흡착제를 균일하게 충전한 흡착탑 부분, 그리고 탈착과 회수를 위한 진공펌프와 액체질소 트랩 부분으로 구성되어 있으며, 흡착장치의 개요도를 Fig. 2에 나타내었다. 흡착탑은 직경 5 cm, 높이 10 cm의 스테인레스스틸로 제작하였으며, 내부에 스테인레스스틸 망으로 만들어진 지지판을 탑의 상부와 하부에 설치하여 흡착제가 외부로 누출되는 것을 방지하였고, 탑의 상부, 중앙 및 하부에 열전대를 설치하여 흡착과 탈착시에 온도변화를 관찰할 수 있도록 하였다.

본 실험에 사용한 흡착제는 입상활성탄[SGT100, 삼천리(주)], 고분자 흡착제 SP850(Mitsubishi), 그리고 섬유 형태로 되어 있는 섬유상활성탄(Kuractive, Kuraray Chem.)을 사용하였다. 각 흡착제는 건조로에서 120 °C로 6시간 이상 건조시키면서 습기를 제거한 흡착제를 흡착탑에 균일하게 충전시켰다. 흡착탑에 충전한 흡착제의 양은 입상활성탄, SP850 및 섬유상활성탄에 대하여 각각 65.07, 61.07 그리고 20.66 g이었다.

원료 가스는 일정한 유량으로 조절된 공기에 실린지 펌프를 이용하여 MEK를 소량씩 일정하게 주입하며, 공기 유량과 MEK의 주입량을 변화시켜 원하는 조성으로 조절하였다. 본 실험에서는 공기의

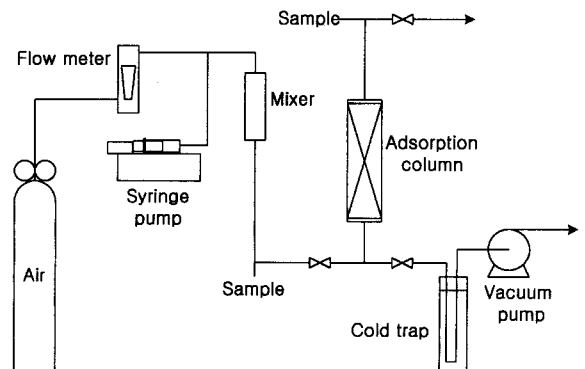


Fig. 2. Schematic diagram of solvent recovery system for adsorption and desorption of MEK.

유량을 8 l/min으로 고정하고, 실린지 펌프로 MEK의 주입량을 바꾸어 가며 원료가스의 조성을 2,000 ppm에서 8,000 ppm 사이에서 조절하였다. 흡착제를 흡착탑에 충전한 후에 일정한 농도를 가진 공기를 통과시키면서 출구에서 시간에 따르는 용매의 농도를 측정하여 파과곡선을 구하였다. 이 파과곡선의 면적을 이용하여 흡착탑에 흡착된 용매의 양을 계산할 수 있었다. 흡착탑이 완전히 포화되면 진공 펌프를 이용하여 흡착제를 일정한 시간동안에 탈착시켰는데 먼저 진공으로 10분간 탈착시킨 후 흡착탑 상부로 질소를 100 ml/min의 유속으로 흘려주며, 50분간 진공으로 탈착시켰다. 진공펌프 앞에는 액체질소트랩을 연결하여 탈착되는 용매를 응축시켜 회수되는 양을 측정하였다. 흡착탑에서 탈착되지 않고 남아있는 유기용매는 100 °C로 가열된 질소를 장시간 흘려주어 완전히 탈착시킨 후에, 용매의 농도를 바꾸어 가면서 위의 실험을 반복하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 흡착제에 따른 파과곡선

각 흡착제 별로 재생성을 살펴보기 위하여 Fig. 1에 보인 기초 흡착량 측정장치를 이용하여 비슷한 농도의 원료 가스를 가지고 3번씩 흡착, 탈착을 반복 실험하였다. 여기서 원료 가스의 농도는 MEK를 He으로 bubbling하여 나온 MEK 증기와 우회관을 지나온 He의 유량을 조절하여 맞추었으며, bubbling하면서 나오는 He과 액상의 MEK가 정상상태로 접촉을 하지 못하고 접촉시간이 그리 크지 않아 일정한 농도의 MEK 증기를 얻기는 어려웠다. 농도를 안정화시키기 위하여 응축기를 설치하여 MEK가 일정한 증기압을 유지하게 하였으며 도입 농도를 기준으로 10 % 내외의 변동을 유지하였다.

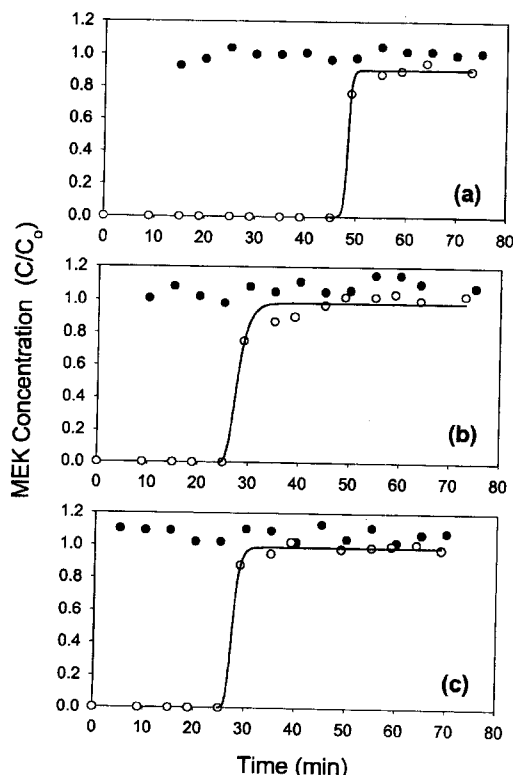


Fig. 3. Breakthrough curves of MEK on granular activated carbon. (a) adsorption on clean bed, (b) second adsorption after regeneration, (c) third adsorption after regeneration. ● inlet concentration; ○ outlet concentration.

각 흡착제별 파과곡선을 Fig. 3-6에 나타내었다. 여기서 검정색으로 표시된 것은 원료 가스의 MEK 증기 농도이며, 하얀색으로 표시된 점은 흡착탑을 통과해 나온 MEK 증기의 농도이다. 흡착량은 원료가스의 농도와 파과곡선으로 둘러 쌓여진 면적이 되며, 그 값은 파과곡선의 수치들을 수치적분하여 구하였다.

Fig. 3은 흡착과 탈착, 재생에 따른 활성탄의 파과곡선을 나타낸 것으로, (a)는 초기 흡착시의 파과곡선, (b)는 초기흡착이 끝난 후 바로 탈착시키고 두 번째 실시한 실험에서 얻은 파과곡선, 그리고 (c)는 같은 방법으로 세 번째 실험에서 얻은 파과곡선을 나타낸다. 최초 흡착 시에는 단위 흡착제당 흡착량이 0.291 g으로 많은 양이 흡착하였으나, 다시 반복하여 흡착시킬 경우는 단위 흡착제당 흡착량이 0.174 g으로 급속도로 흡착량이 떨어졌으며, 그 다음부터는 단위 흡착제당 흡착량이 0.170 g 정도의 비슷한 흡착량을 보이는 것으로 나타났다.

Fig. 4-6은 세 가지 고분자 흡착제들의 흡착횟수에 따른 파과곡선을 나타낸 것이다. 전체적으로 고분자 흡착제들의 재생에 의한 흡착은 비슷한 경향을 보이며, 반복횟수에 상관없이 거의 동일한 흡착량을 보이고 있다. 세 가지의 고분자 흡착제의 단위 흡착제당 흡착량을 비교하면, 평균적으로 HP20이 0.092 g, SP207이 0.103 g, SP850이 0.206 g으로 SP850이 단위 흡착제당 흡착량이 가장 많은 것으로 나타났다.

위의 결과들을 비교하여 보면, 활성탄의 경우는 화학적 흡착(chemical adsorption)이 물리적 흡착(physical adsorption)보다 우세한 것으로 생각된다. 초기 흡착시 MEK와 활성탄이 화학반응을 하여 흡착력이 강한 흡착점들을 차폐하게 되며 탈착을 행하여도 재생이 완전히 되지 않아 두 번째 흡착시의 흡착량을 감소시킨다. 그러나 이미 화학 반응에 의하여 차폐된 흡착력이 강한 흡착점들을 제외한 흡착력이 약한 흡착점들은 물리적 흡착이 우세하여 탈착이 용이하고, 그 이후

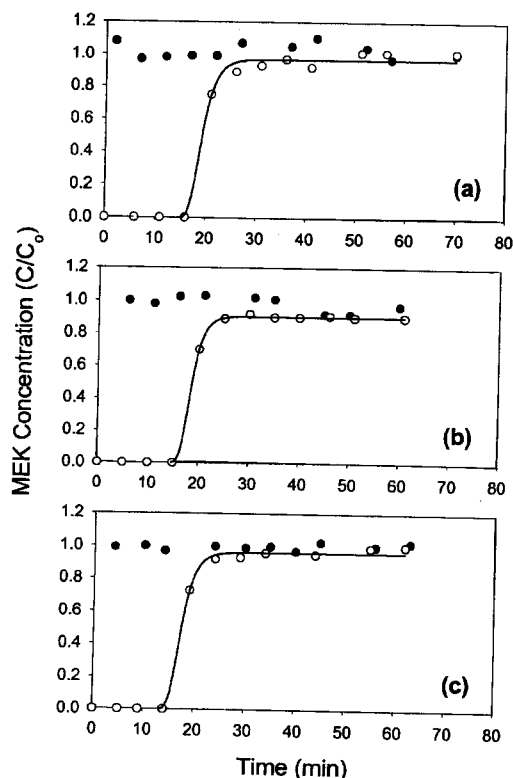


Fig. 4. Breakthrough curves of MEK adsorption on HP20. (a) adsorption on clean bed, (b) second adsorption after regeneration, (c) third adsorption after regeneration. ● inlet concentration; ○ outlet concentration.

에는 거의 같은 수준의 흡착량을 보인다. 반면에 고분자 흡착제의 경우는 흡착제와 유기용매인 MEK 사이의 흡착이 화학적 흡착보다는 물리적 흡착이 우세한 것으로 판단된다. 따라서 분자간에 작용하는 van der Waals 힘에 의한 결합만이 존재하며, 쉽게 탈착이 이루어져 반복횟수에 관계없이 거의 동일한 흡착량을 유지하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기초 실험 데이터를 통하여 세 가지 고분자 흡착제 중 SP850을 선택하여 실제 흡·탈착 및 회수 실험을 수행하였다.

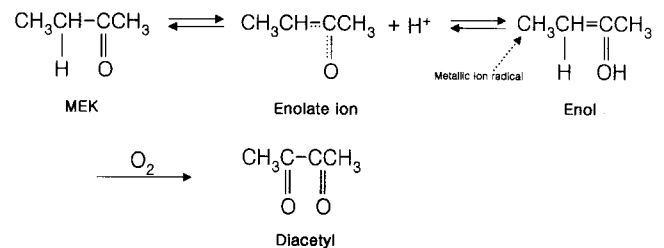
3-2. 입상 활성탄을 이용한 흡착과 탈착-회수 실험

이상의 기초실험을 통하여 가장 좋은 성능을 보인 고분자 흡착제인 SP850과 두 종류의 활성탄(임상활성탄 및 섬유상활성탄)을 대상으로 하여 Fig. 3에 보인 좀더 큰 규모의 흡착탐을 이용하여 흡착 및 탈착-회수 실험을 행하였다. 각 흡착제에 대한 정확한 비교를 위하여 초기 파과실험시에는 120 °C로 6시간 이상 열처리한 새로운 흡착제로 교환하여 실험에 이용하였다.

먼저 입상화설탄을 이용하여 실험을 행하였는데 Fig. 7에 입상화설탄의 원료가스 농도에 따른 파괴곡선을 나타내었으며 이 수치들을 수치적분하여 흡착량을 구하였다. 파괴시간을 살펴보면, 원료가스 농도가 증가함에 따라 파괴가 빨리 일어남을 알 수 있으며, 파괴곡선의 기울기도 커진다. 일정한 양의 흡착제에 원료 가스 농도가 커질수록 더욱 많은 양의 용매가 흡착됨에 유입되므로, 흡착제를 포화시키는 시간도 짧아지고 물질전달영역은 줄어진다. 흡착량은 원료가스의 농도가 커짐에 따라 증가하였으며, 2,000 ppm의 농도에서는 흡착제 무게의 25%, 4,000 ppm에서는 흡착제 무게의 29.9%, 6,000 ppm에서는 흡착제 무게의 33% 정도의 용매를 흡착하는 것으로 나타났다.

탈착은 진공을 이용하였으며, 그 중간에 액체질소트랩을 달아 회수하였다. 탈착-회수량은 흡착한 양에 비해 적은 양이었으며, 농도의 증가에 따라 회수량도 증가하였다. 진공으로 10분간 탈착시킨 후 흡착탑 상부로 질소를 100 ml/min의 유속으로 흘려주며, 50분간 진공으로 탈착시켰을 때의 흡착량에 대한 회수량인 회수율을 살펴보면, 13.8-16.2%로 별로 높지 않은 회수율을 보이고 있다. 이는 회수율이 적은 만큼 탈착이 잘 안되며, 상대적으로 흡착을 강하게 하기 때문으로 생각된다. 활성탄을 이용한 실험 데이터를 Table 2에 나타내었다.

회수된 용매를 살펴보면, 연한 황색으로, MEK 이외의 냄새를 감지할 수 있었다. 이는 흡착시 부반응이 일어나 미량이나마 MEK가 다른 물질로 분해되었음을 의미하며, 그 주요 부산물은 diacetyl로 그 생성 기구는 다음과 같이 보고되어 있다[9, 10]. 활성탄을 이용한 흡착인 경우는 대개 부반응을 동반, 부산물을 생성하며, 부반응을 억제하기 위한 연구가 많이 행해지고 있다.



3-3. SP850을 이용한 흡착과 탈착·회수 실험

기초실험결과 가장 좋은 결과를 보인 고분자 흡착제인 SP850을 이용하여 같은 실험을 수행하여 MEK 농도에 따른 파과곡선을 구하

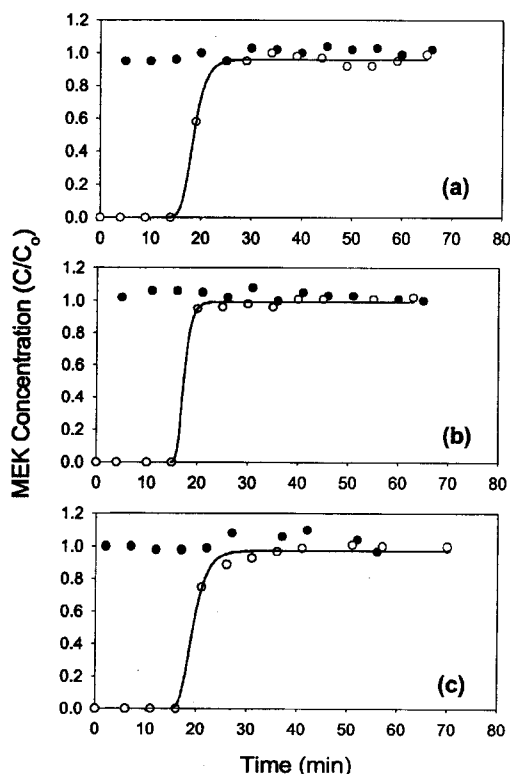


Fig. 5. Breakthrough curves of MEK adsorption on SP207.

(a) adsorption on clean bed, (b) second adsorption after regeneration, (c) third adsorption after regeneration. ● inlet concentration; ○ outlet concentration.

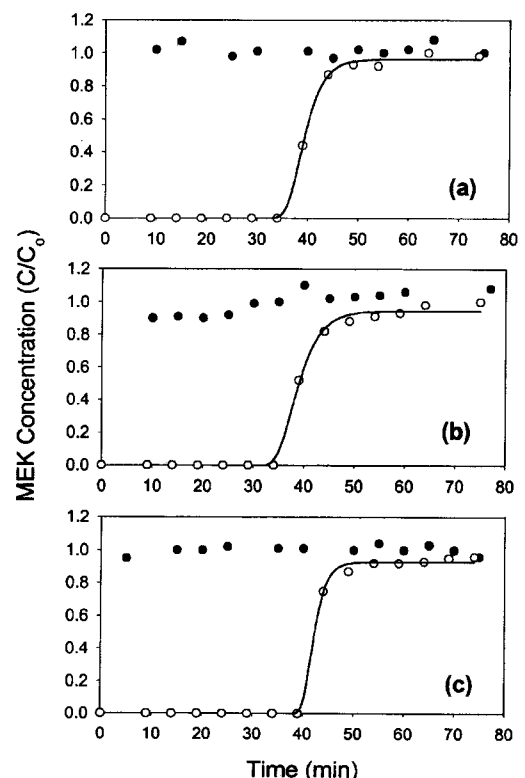


Fig. 6. Breakthrough curves of MEK adsorption on SP850.

(a) adsorption on clean bed, (b) second adsorption after regeneration, (c) third adsorption after regeneration. ● inlet concentration; ○ outlet concentration.

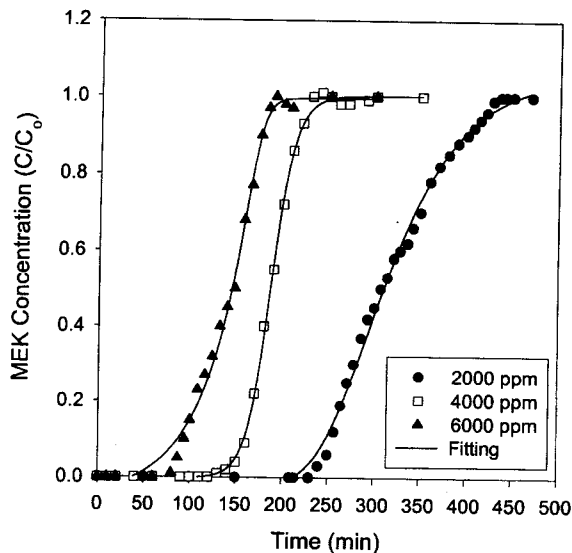


Fig. 7. Breakthrough curves of MEK on granular activated carbon with various concentrations.

Table 2. Experiment data of granular activated carbon(adsorbent weight : 65.07 g)

Concentration (ppm)	Adsorbed amount (g)	Adsorbed amount per unit weight of adsorbent(g/g)	Recovered amount (g)	Recovery (%)
2000	16.24	0.250	2.24	13.8
4000	19.46	0.299	2.74	14.1
6000	21.48	0.330	3.48	16.2

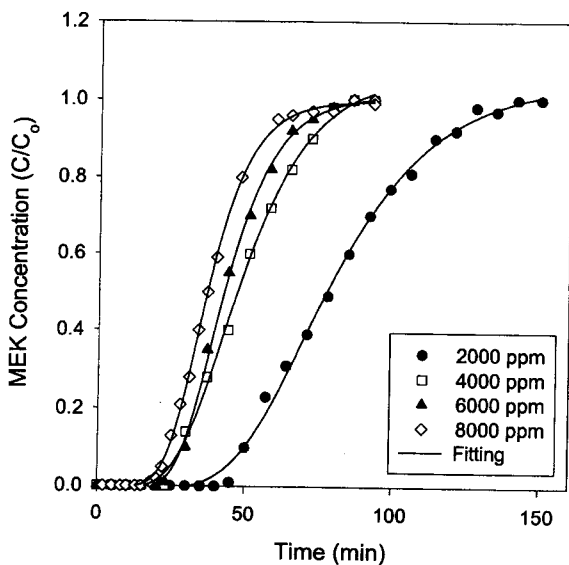


Fig. 8. Breakthrough curves of MEK on SP850 with various concentrations.

고 이를 Fig. 8에 나타내었다. 역시 MEK 농도가 높은 경우 파괴시간은 짧아지는 경향을 보였다. 그러나 고농도의 경우를 보면, 2,000 ppm 인 경우를 제외한, 4,000 ppm, 6,000 ppm, 8,000 ppm의 농도에서는 파괴곡선이 거의 겹치며, 기울기도 같음을 볼 수 있다. 이것은 4,000 ppm 이상의 농도에서는 흡착량이 농도에 비례하여 일정하게 증가함을 의미한다. 즉 선형등온식의 경향을 보여주는 것이다. 선형등온식은 다루기 쉽고, 매개변수를 구하기 쉬운 장점이 있으나, 농도가 낮

Table 3. Experiment data of SP850(adsorbent weight : 61.07 g)

Concentration (ppm)	Adsorbed amount (g)	Adsorbed amount per unit weight of adsorbent(g/g)	Recovered amount (g)	Recovery (%)
2000	3.93	0.064	2.08	52.9
4000	5.95	0.078	2.98	49.7
6000	6.38	0.104	4.53	71.0
8000	7.37	0.121	4.64	63.0

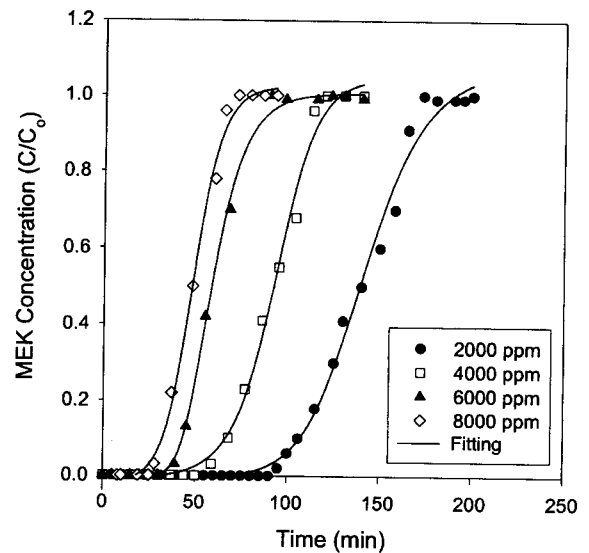


Fig. 9. Breakthrough curves of MEK on activated carbon fiber with various concentrations.

은 범위에서는 흡착량이 작다는 단점이 있다.

SP850에서 MEK 농도에 따른 흡착량과 회수율을 Table 3에 나타내었다. 흡착량은 3.93-7.37g으로 단위흡착제당 흡착량으로 계산하면 6.4-12.1%로 비교적 적은 양이다. 그러나 회수율을 살펴보면 2.08-4.64g으로 흡착된 양에 대한 값으로 환산하여 보면 49.7-71.0%로 높은 수치를 보이고 있다. 이것은 고분자 흡착제의 특징을 잘 나타내 준다. 즉, 비록 흡착량은 활성탄 흡착제에 비해서 많이 떨어지지만, 반면에 회수되는 양은 오히려 많은 것으로 나타났다. 또한, 고분자 흡착제를 이용하여 회수할 때에는 활성탄 흡착제 사용시 부반응으로 생산되었던 diacetyl같은 부산물이 없고, 무색 투명한 순수 MEK를 얻을 수 있었다.

3-4. 섬유상활성탄을 이용한 흡착과 탈착-회수 실험

본 실험에 사용한 섬유상활성탄은 섬유 형태로 성형되어 있으며 밀도가 낮은 특징이 있다. 섬유와 같이 넓게 펼쳐있는 섬유상활성탄을 흡착 column에 맞게 재단하여 균일하게 말아서 충전하였다. 충전한 무게는 20.66g으로 같은 부피의 흡착 column을 충전하는데 다른 흡착제가 60g이 넘게 들어간 것과 비교하면 아주 적은 양이다.

Fig. 9는 섬유상활성탄의 MEK 농도에 따른 파괴곡선을 나타낸 것이며, 앞에서 실험했던 입상활성탄과 흡착량은 차이가 있지만 경향은 거의 비슷한 것으로 나타나고 있다. 농도가 증가함에 따라 파괴시간은 짧아졌으며, 파괴곡선의 기울기도 커짐을 알 수 있다. 그러나 흡착량은 7.13-9.74g으로 단위 무게당의 흡착량으로 환산하면 34.5-47.1%로 높은 흡착량을 보이고 있다. 한편, 회수된 양을 살펴보면 1.84-3.42g으로 흡착된 양의 25.8-35.1%이다. 이 값을 앞에서 사용한 흡착제들(입상활성탄과 고분자 흡착제)과 비교하여 보면, 흡착량

Table 4. Experiment data of activated carbon fiber(adsorbent weight : 20.66 g)

Concentration (ppm)	Adsorbed amount (g)	Adsorbed amount per unit weight of adsorbent(g/g)	Recovered amount (g)	Recovery (%)
2000	7.13	0.345	1.84	25.8
4000	9.03	0.437	2.82	31.2
6000	9.60	0.465	3.29	34.3
8000	9.74	0.471	3.42	35.1

에 있어서는 가장 우수한 것으로 나타났으며 회수율에 있어서는 고분자 흡착제에는 못미치지만 입상활성탄보다는 훨씬 좋은 것으로 나타났다. Table 4에 MEK 농도에 따른 흡착량과 탈착량을 나타내었다.

회수된 MEK를 살펴보면, 입상활성탄을 이용하여 회수된 MEK보다는 덜하지만 그래도 약간의 황색을 띠고 있었으며, 냄새도 MEK 이외의 냄새를 확인할 수 있었다. 역시 용매와 부반응을 일으켜 diacetyl과 같은 부산물이 생성된 것으로 보여진다. G.C로 회수된 MEK를 분석한 결과 99% 순도의 MEK였다.

4. 결 론

본 연구는 화학공장에서 대기로 배출되는 폐유기용매인 MEK를 흡착 공정을 이용하여 회수함으로써, 유기용매 사용량을 절감하여 수입대체 효과를 얻고 공정의 경제성을 높이는 것을 목적으로 하였다. MEK 회수를 위한 기초 실험에서, 10,000 ppm 농도로 흡·탈착을 3회 반복하면서 얻은 단위 흡착제 무게당 흡착량은 입상활성탄의 경우 0.291 g으로 고분자 흡착제들에 비해 많은 양이 흡착하였으나 탈착 후 두 번째 흡착 이후에는 흡착량이 급격히 감소하였으며 세 번째 흡착 이후에는 일정한 값을 유지하였다. 고분자 흡착제들은 입상활성탄과는 달리 흡·탈착 횟수와 관계없이 거의 일정한 흡착량을 보였다. 흡착제 단위무게당 평균 흡착량은 HP20이 0.092 g, SP207이 0.103 g, SP850이 0.212 g 그리고 입상활성탄이 0.216 g이었다. 초기 흡착량의 경우는 입상활성탄이 가장 많았으나, 흡착제 재생 후 두 번째 이후부터는 고분자 흡착제 중 표면적이 가장 큰 SP

850이 가장 많은 흡착량을 나타내었다. 재생성에 있어서는 흡착량이 많은 흡착제일수록 흡착제와의 강한 결합으로 인해 재생성이 낮은 것으로 관찰되었다. 실험을 통하여 MEK 회수를 위한 최선의 흡착제는 고분자 흡착제인 SP850인 것을 알 수 있었다.

또한 흡·탈착 및 회수 실험을 통해 흡·탈착 특성을 고찰하였는데, 활성탄, SP850 그리고 섬유상활성탄을 이용하여 MEK 농도를 변화시키면서 흡착, 탈착-회수 실험을 행한 결과, 고분자 흡착제는 흡착량이 활성탄에 비해 낮지만 물리적인 흡착으로 인하여 부반응이 없고 탈착이 용이하여 반복적인 흡·탈착에 있어서 우수한 재현성을 나타내었다. MEK의 농도가 증가할수록 흡착량과 회수율은 증가하는 현상을 보이며 단위 흡착제당의 흡착량에 있어서는 섬유상활성탄이 0.35-0.47 g으로 0.25-0.33 g인 활성탄과 0.064-0.121 g인 고분자 흡착제에 비하여 우수한 흡착량을 보였고, 회수율은 고분자 흡착제가 52.9-71.0%로 가장 우수하였으며, 입상활성탄과 섬유상활성탄은 각각 13.8-16.2%와 25.8-35.1%로 비교적 낮은 회수율을 보였다.

참고문헌

- Moretti, E. C. and Mukhopadhyay, N.: *Chem. Eng. Prog.*, **89**(7), 20 (1993).
- Ruddy, E. N. and Carroll, L. A.: *Chem. Eng. Prog.*, **89**(7), 28(1993).
- Forbert, R. and Schlunder, E.-U.: *Chem. Eng. Process.*, **34**, 49(1995).
- Lovett, W. D. and Cunniff, F. T.: *Chem. Eng. Prog.*, **70**(5), 43(1974).
- Elssmann, R. N. and Douglas Le Van, M.: *Ind. Eng. Chem. Res.*, **32**, 2752(1993).
- Stenzel, M. H.: *Chem. Eng. Prog.*, **89**(4), 36(1993).
- Ruhl, M. J.: *Chem. Eng. Prog.*, **89**(7), 37(1993).
- Grayson, H.: "Encyclopedia of Chemical Technology", John Wiley & Sons, New York(1978).
- Takeuchi, Y., Nishinaka, K. and Yoshimura, Y.: *The 3rd Korea-Japan Symp. on Separation*, Seoul, Korea, 63(1993).
- Na, K., Moon, I., Kim, J., Na, B.-K., Chung, Y. and Song, H. K.: *Proceeding of KICChE '95, Theory and Applications of Chem. Eng.*, **1**(2), 319(1995).