

# 청정생산기술

김 상 용  
한국생산기술연구원

산업은 수천가지의 제품과 제조공정을 수반하고 있어서 기업시스템을 분산되도록 하게 한다. 오염방지로의 기술적 진보 역시 경제적 고려사항에 따라 달라지고 수천가지의 서로 다른 산업공정중의 하나로 특성화 되기 때문에 분산된다고 볼 수 있다. 일반적으로 현재의 오염방지기술은 전통적인 공학적 접근법을 사용하고 있다. 처리나 제어에서 오염방지 중심으로 바뀔 때조차도 공학자들은 그들의 목적을 이루기 위해 처음에는 이용가능한 기술을 사용할 것이다. 그러나 미래에는 환경을 위해 설계는 좀더 혁신적이 될 것이다.

폐기물축소나 청정기술과 같은 산업오염방지기술은 재료가 산업지역을 통과할 때 그 경로를 관찰함으로써 이해될 수 있다. 재료가 이 지역에 도착하기 이전에도 우리는 독성이 약한 대체물질이 있을 때는 독성재료를 사용하지 않을 수 있다. 가장 바람직한 방법은 폐기물축소나 청정기술을 이용해서 환경을 위한 설계를 하는 것이라 할 수 있다. 폐기물축소는 아래에 기술된 원천감소와 환경적으로 안전한 재활용을 포함한다. 청정기술은 원료와 에너지, 수자원을 아끼고 폐기물을 적게 또는 아예 발생하지 않으며 폐기물이 폐쇄계에서 유용한 재료로 재활용되도록 한다. 즉 폐기물의 생성을 감소시키기 위해서는 현재의 제조공정을 변경할 수도 있다.

산업오염방지기술은 5가지 그룹으로 일반화시킬 수 있는데; 공장작업개선, 공정내 재활용, 공정개조, 원료와 제품대체, 재료분리가 그것이다.

<연 재>

## 1. 공장작업개선

생산자들은 다양한 경영의 개선이나 대기오염감소에 도움이 될 수 있는 보수유지를 수행할 수 있다. 그들은 환경감사를 할 수 있고 정기적 방지유지(preventive maintenance)를 수행할 수 있으며 알맞은 재료 취급절차를 구체화시키고 기록과 보고자료뿐 아니라 피고용자 교육을 실시할 수 있다.

### - 환경감사

환경감사는 경력과 기술이 서로 다른 개인들에 의해 여러 가지 다른 배경에서 실행될지도 모르지만 각각

의 감사는 어떤 공통의 요소를 가지는 경향이 있다. 공장작업과 관련된 문제들을 확인하고 바로 잡는데는 폐기물생산을 최소화하는 것이 더 바람직하다. 개선된 공장작업의 한 가지 측면으로서 비용절약을 들 수 있는데 제조비용과 처분비용은 공장작업을 개선 시킴으로써 동시에 삭감시킬 수 있다.

또한 환경감사를 실시함으로써 정밀하게 어떤지역에서의 작업을 조사하고, 필요하다면 필요조건들을 충족시키는 경영을 돕기위해 개선이 요구되는 지역을 확인할 수 있다. 필수적인 단계로 (1) 정보와 사실 수집 (2) 수집된 정보와 사실에 대한 평가 (3) 특정기준으로 감사된 프로그램 형태에 관한 결론 유도 (4)

개선이 필요한 측면 확인 (5) 적절한 경영에 대한 결론 보고를 들 수 있다.

환경감사의 실행은 특히 유익한 초기오염방지활동이다. 감사는 제조자가 재고조사와 투입화학물질을 추적할 수 있도록하며 특정공정으로부터 얼마나 많은 폐기물이 생산되는지 알게 해 준다. 따라서 폐기물을 감소시킬 수 있는 지역을 효과적으로 선정할 수 있게 하고 이를 이루게 하는 추가적인 전략을 고안할 수 있게 한다. 감사는 조심스런 공장작업의 검토와 폐기물 흐름, 평가를 위한 특정흐름 혹은 작업의 선택으로 구성된다. 이것은 시설이 유해폐기물과 비유해폐기물을 어떻게 감소 또는 제거할 것인지 진단하는 매우 유용한 도구이며 법적 규제의 준수와 환경보호에 초점을 맞추고 있다.

- 정기 방지유지

방지유지는 윤활, 시험, 측정, 마모되거나 고장난 부품의 교체를 포함한 정기검사와 공장장비 유지를 수반한다. 실(seal)과 가스켓과 같은 장치는 새는 것을 방지하기 위해서 정기적으로 교체를 해야 한다. 방지유지로 인해 장치의 효율성과 수명을 높일 수 있고 장비고장으로 인한 임시휴업과 조업단축이 거의 발생하지 않게 되고 불량품을 줄일 수 있는 이득이 있다. 유지는 누출, 화재와 같은 것에 바로 영향을 미치며 이를 줄일 수 있게 해준다. 효과적인 유지 프로그램은 검사를 위한 장비확인, 주기적 검사, 적당한 장비 보수와 교체, 검사 기록유지를 포함한다.

보정 유지는 어떤 공정의 설계수준 변화시와 간접요소의 수정이 요구될 때 필요하다. 이런 종류의 유지는 장비고장 신호를 인식하고 보수가 필요하거나 기계의 전반적인 효율을 향상시킬 수 있는 부분을 예상하는 것이 필요하다. 육안검사는 공정 시스템의 모든 요소들이 적절히 작동하는가를 확인하는데 필요한 정기검사들이지만 이들이 좀더 완벽한 연례 일치 조사를 대체할 수는 없다. 각각의 육안검사 후에 결과를 서류화하고 보정사전조치의 효율성을 평가하는 것이 중요하다.

- 재료취급과 저장

저장과 취급작업은 바람직한 실천으로 향상될 수 있는 잠재력이 큰 부분이다. 적절한 재료취급과 저장은 원료가 해당공정에 이르기까지의 누출과 기타 폐기물을 생산할 수 있는 다른 종류의 손실을 피하게 한다. 폐기물을 줄일 수 있는 바람직한 조작법에 대한 몇가지 기본 지침으로 다음과 같은 것들이 있다.

- 검사를 용이하게 하기 위한 대형용기
- 물질확인, 위해도, 응급조치 요령을 모든 용기에 라벨로 부착
- 부적합한 무게분포로 인한 용기의 파손을 막기 위해 제조자 지침에 따라 쌓아 올림
- 교차오염을 막고 재고조절을 용이하게 하기 위해 다른 유해물질간 분리
- 바다 수분으로부터 용기부식을 막기 위해 보조지대 설치

- 피고용인 교육

피고용인 교육은 어느 산업 오염방지 프로그램의 성공적인 수행보다도 우선되어야 하는 것이다. 모든 공장작업 반장은 프로그램의 목적과 요소에 따라서 훈련되어야 한다. 훈련은 누출방지, 대응, 보고절차, 적합한 보수유지, 재료관리 실천, 적절한 연료보급과 저장절차를 포함해야 한다. 적절한 훈련을 받은 피고용인들은 좀더 효율적으로 누출을 방지할 수 있고 오염물질 배출을 줄일 수 있다.

이렇게 훈련된 피고용인들은 폐기물 감소에 관한 좋은 의견을 내놓을 수 있다. 공장직원은 폐기물 발생에 있어서의 비용과 책임사항들을 완전히 숙지해야 하며 각자의 독특한 임무와 관련해서 폐기물의 종류와 발생장소를 파악하고 있어야 한다. 또한 폐기물이 배출되는 이유와 그것이 의도된 것인지 아닌지에 대한 기본적인 사항들을 알고 있어야 한다.

피고용인훈련은 3단계로 즉, 직무할당 전과 직무훈련 중, 그리고 고용된 동안 계속해서 실시될 수 있다. 직무할당 전, 피고용인은 그들이 취급할 모든 유해물질에 노출되는 것과 관련된 독성과 건강에의 위험에 대해 잘 알고 있어야 한다. 뿐만 아니라 이들 물질

의 화재나 폭발시 그 영향력에 대해서도 잘 알아야 한다. 따라서 그들은 필요한 보호의류나 보호장구 및 그 사용법에 대한 것도 배워야 한다. 직무훈련 중에는 장비를 안전하게 작동시키는 법과 재료배출 방법과 표시, 누출의 발생시 대처방안에 대해 배워야 한다. 교육진행 중에는 정기적인 훈련과 조작과 세척기술에 대한 최신 정보교환, 다른 직원과의 안전회의 등이 이루어져야 한다.

오늘날 교육과 훈련의 과제라 하면 폐기물처리와 처분기술을 적용하기에 앞서서 통합된 폐기물 방지를 통해 대기, 수질, 토양 오염관리를 조정하는 방법이라 할 수 있다. 멀티미디어계획은 오염방지를 실행하는데 도움이 될 것이다. 교차 교육훈련은 학생과 훈련생으로 하여금 멀티미디어 오염방지 원리 및 전략의 중요성을 이해시키며 오염방지 실천을 가능토록 한다.

### - 작업지침서와 기록유지

양호한 문서관리는 폐기물 감소와 함께 공장에 많은 이득을 줄 수 있다. 공정절차나 제어변수, 작업자 책임사항들, 지침서에 있는 위험이나 일련의 지침서 등에 대한 문서들은 안전하고 효과적인 작업에 도움을 줄 것이다. 이것은 또한 전체적으로 견고하게 하여줌으로써 폐기될 불량품의 발생률을 줄여준다. 운영지침서는 작업자가 폐기물 발생을 추적하고 의도되지 않은 폐기물 배출을 확인하는데 도움을 줄 것이고 아울러 장비고장에 있어서도 도움이 될 것이다.

폐기물 생산과 취급 및 처분 비용, 누출에 대한 성실한 기록유지는 운전작업이 향상되어야 할 지점을 확인하는데 도움을 주어서 나중에는 그러한 개선된 작업의 결과를 평가하는 데 쓰일 것이다. 기록유지는 환경규제 수준을 확실히 하는데 유용할 것이고 그 부분에 대한 회사의 관심과 신뢰의 표시가 된다. 산업오염방지 프로그램은 누출이나 다른 방출, 사고성 배출량과 정도, 현지검사, 유지활동과 프로그램의 효율성을 강화시키는 기타 정보에 대한 기록을 포함해야 한다. 아울러 모든 기록은 적어도 3년간 유지되어야 한다.

## 2. 공정내 재활용

재료는 열과 압력, 또는 촉매존재하에 임의의 제품생산공정을 거친다. 재료들이 반응하고, 결합하고, 모양을 갖추고, 칠해지고, 도금되고, 다듬어질 때 후속단계에서는 필요없는 과량의 재료들은 종종 제품에서 과량을 세정하기 위해 사용되는 독성용매와 결합하여 폐기물이 된다. 산업은 이들 폐기물을 생산적으로 재활용하던지, 대기 수질, 토양으로 폐기시키던지 하여 처분하게 된다. 마지막 처분전에 폐기물의 독성이나 오염물질을 줄이는 데는 종종 값비싼 비용이 들게 된다. 이 제조공정의 각각의 단계에서의 이들 액상, 고상 혹은 기상 폐기물들은 오염의 원인이 된다. 폐기물을 제조공정으로 되돌리는 현지재활용을 통해 제조자는 종종 오염발생을 줄일 수 있다.

용매는 많은 산업공정에서 재활용되고 있다. 그러한 용매 재활용의 현 목표는 동일한 공정에서 재이용되기 위해 처음 용매와 비슷한 순도로 혹은 다른 공정에 사용될 수 있을 정도의 충분한 순도로 회복시키고 정화하는 것이다. 재활용은 현지나 타지 모두에서 실시될 수 있다. 현지재활용은 (1) 어떤 공정에서 폐기물의 직접이용 또는 재이용이다. 이것은 폐기물이 재이용되기전에 축적되도록 한다는 점에서 폐쇄고리 재활용과는 다르다. 그리고 (2) 별개의 최종사용을 위한 2차 재료를 회수시키거나 불순물 제거에 의한 재이용이다.

타지에서 상업적 재활용 용역은 폐기물을 적게 배출하는 경우에 적합하는데 그 이유는 현지 재활용을 정당화하기에는 폐기물 용매의 양이 충분하지 않기 때문이다. 상업적 재활용 시설은 폐기물 재활용 장치를 운영하는 것에서부터 중앙시설에서 용매 폐기물을 받아들이고 재활용하는 것에 이르기까지 다양한 서비스를 제공하는 회사들이 사적으로 소유운영하고 있다.

### (a) 현지 재활용의 이점

- 적은 양의 폐기물 배출
- 재생된 용매순도 제어

- 책임 및 타지로의 폐기물 운송비 감소
- 보고 감소
- 재생된 용매의 가능한 낮은 단위비용

(b) 반드시 고려되어야 할 현지 재활용의 단점

- 재활용 장비에 대한 자산 부담
- 부적절한 장치운전으로 인한 노동자의 건강상태나 화재, 폭발, 누출이나 기타 위험들에 대한 책임사항들
- 작업자 훈련에 대한 필요한 것들
- 추가적인 운전비용

3. 공정개조

공정특성에 따라 여러 가지 다양한 방법들로 오염을 방지될 수 있다. 많은 산업공장들은 제조공정들을 개조함으로써 성공적으로 오염을 방지해 오고 있다. 그와 같은 공정개조는 다양한 공정개조, 세척공정 변경, 화학축매, 폐기물의 격리와 분리를 통해 좀더 진보된 기술을 채택하는 것을 함축하고 있다.

- 공정변수 제어

재료가 산업공정에 이르러 취급될 때 온도와 압력이 결정변수가 되는데 이들은 독성물질의 형성에 영향을 줄 수 있다. 개선된 재료혼합 조절기구, 향상된 반응측정 감지기, 레이저와 같은 더욱 정확한 가열기술 등의 발전이 있을 수 있으며 컴퓨터를 이용해 모든 조작을 자동화할 수 있다.

- 세척공정 변경

부속과 장비, 저장 용기의 세척은 오염의 주원인이다. 독성 부착물이 장비의 벽에 흔히 있을 수 있다. 그런 오염을 제거하는 용매를 사용하는 것은 두가지 문제를 일으키는데 오염의 처분과 세척공정 그 자체로부터의 배출이 그것이다. 독성용매 대신 수용성 세척제의 사용이나 장비벽에 붙지 않는 안감(liner) 사용, 부식의 원인인 산화를 막는 질소 덮개(nitrogen blankets)

의 사용, 수세척시 고압노즐을 사용하는 용매 최소화 기술과 같은 것을 사용함으로써 이를 방지할 수 있다.

예를 들면 Sandia Laboratory는 다음과 같은 것으로써 전자조립과 값비싼 기계부품 제조에 사용되는 세척공정의 부산물인 유해 액상 폐기물을 줄이는 프로그램에 투자하고 있다.

- (1) 전자조립 제조과정동안 땀납 찌꺼기를 줄이기 위해 사용되는 대체용매
- (2) 세라믹 header 가공에 사용되는 대체용매
- (3) 장착에 앞서 정밀광학부품의 용매세정이 필요한 대체 제조공정

- 화학축매

축매가 화학반응을 촉진시키기 때문에 화학축매는 오염방지 연구에서 선호되고 있다. 더 나은 축매와 그것들을 새로 보충 혹은 재활용하는 더 나은 방법은 완벽한 반응과 함께 폐기물을 줄일 것이다. 현 축매와 더 잘 반응하는 feedstock 재료로 대체하여 동일한 목적을 성취할 수 있다.

- 코팅과 페인팅

페인트 및 코팅 산업은 환경방지기표표를 달성하기 위해서는 많은 기술들을 바꾸어야만 할 것이다. 강화되는 환경규제하에 건축 코팅 제조업자들은 유성제품을 수성 코팅으로 대체함으로써 코팅에 함유된 휘발성 유기성분을 줄일 수 있다. 특히 페인트 산업은 수성페인트와 분말코팅, 고형분 함량이 높은 에나멜, 반응성 희석제, 열경화 코팅제에 의해 코팅효율을 증가시키고 재구성하는 연구의 중심에 있다. 독성폐기물의 일반적 배출감소에 대한 기술적 향상은 정전기 시스템과 로봇과 같은 더 나은 분사장치와 비드살포와 같은 대체기술을 포함한다.

- 폐기물 격리와 분리

순수한 용액에 단 한방울의 오염물질이 섞인다해도 그것은 오염된 것으로 간주된다. 폐기물 및 비폐기물 격리는 취급해야할 폐기물의 양을 줄인다. 다양한 기

## 실 무 환 경

술적 변화와 개조로 비등점이나 빙점, 밀도, 용해도와 같은 재료의 서로 다른 성질의 잇점을 고려해서 폐기물 흐름에서 서로 완전히 혼합된 재료들을 좀더 정확하고 믿을 수 있게 분리할 수 있다. 증류, 초임계 추출, 분리막, 역삼투압법, 한외여과, 전해투석, 흡착과 같은 분리기술은 오염물질이나 혼합된 폐기물을 분리해서 그것들의 구성성분으로 되돌린다. 원리적으로는 간단하지만 이들 공정은 재활용과 처리 및 처분과 같은 단계에서 다른 선택기술과 함께 적용되어 원활히 작동될 때 정밀도에 있어 첨단기술로 간주된다.

### 4. 재료와 제품 대체

재료와 제품 대체에 수반되는 논점은 복잡하며 기술적 고려사항뿐 아니라 경제와 소비자 기호를 포함하고 있다. 분명히 제조과정중 보다 적은 독성물질 재료를 사용함으로써 지방분권화된 사회에서는 효과적으로 오염을 방지할 수 있다. 과학자 및 공학자들은 재료의 독성평가 및 측정에 있어서 활발한 활동을 하고 있으며 더욱 안전한 재료를 개발중에 있다. 또한 전과정 접근법(life-cycle approach)은 제품이 원료 단계에서 마지막 처분단계를 통해 서로 밀접히 연관되어 설계되도록 하고 있다. 제품의 전과정 접근법의 예로는 패스트푸드 포장물, DDT, PCB, CFC, 유연연료의 대체 등이 있다.

#### - 재료대체

산업공장은 비교적 덜 유해한 재료나 오염을 줄이는 효율적인 투입을 이용할 수 있을 것이다. 많은 기업들이 용제첨가코팅에서 수용성으로 대체함으로써 재료코팅공정에서의 투입물 대체는 특히 성공적일 수 있을 것이다. 수용성 코팅은 에너지를 보전하면서 휘발성 유기성분 배출을 줄인다.

#### - 제품대체

제조업자는 비교적 덜 유해한 최종제품을 재설계하

거나 재조성화함으로써 오염을 줄일 수 있다. 예를 들어 화학약품 같은 것은 분말 대신 알약 형태로 제조되어 포장된다면 먼지형태로 폐기되는 양을 훨씬 줄일 수 있을 것이다. 표백되지 않은 종이제품은 표백된 것으로 대체될 수 있을 것이다. 불확실한 소비자의 선택으로 인해 이러한 제품 재설계는 산업영역에서 오염방지에 대한 가장 도전적인 접근수단중의 하나일 수 있을 것이다. 게다가 제품 재설계는 제조 기술 및 투입에 있어서 실질적인 개조를 요구하지만 제품 라벨링과 같은 세련된 시장연구와 소비자 교육 전략으로 소비자 지지를 얻을 수 있을 것이다.

최종제품에 있어서의 변화는 환경적 고려사항을 합친 그 제품의 필요조건의 재조성화와 정비를 수반할 수 있다. 예를 들어 그 최종제품은 재생자원에서 만들어 지고 에너지 절약형 과정을 거치며 수명이 길고 재이용 및 재활용이 용이할 뿐 아니라 비독성일 수 있다. 새로운 제품 설계시 이러한 환경적 고려사항들은 프로그램 필요조건의 필수적인 부분이 될 수 있다.

현 제품의 재설계나 신제품의 설계시 추가되는 환경적 필요조건은 적용될 방법 및 수반되는 절차에 영향을 줄 것이다. 이러한 새로운 환경 기준은 전통적인 기준표에 추가될 것인데 제품설계에 대한 환경 기준은 다음과 같다.

- 재생 천연자원 재료 이용
- 재활용 재료 이용
- 독성이 약한 용매 이용 혹은 독성이 약한 용매로의 교체
- 여분 재료 및 과량의 재료의 재이용
- 용매첨가 잉크 대신 수성잉크의 이용
- 포장조건의 감소
- 교체가능한 부품 제조의 확대
- 제품 필터 최소화
- 좀더 견고한 제품 생산
- 소비자에 의해 재이용가능한 상품 및 포장 제조
- 재활용가능한 최종제품 제조

그림1은 새로운 환경적 필요조건을 충족시키는 제품

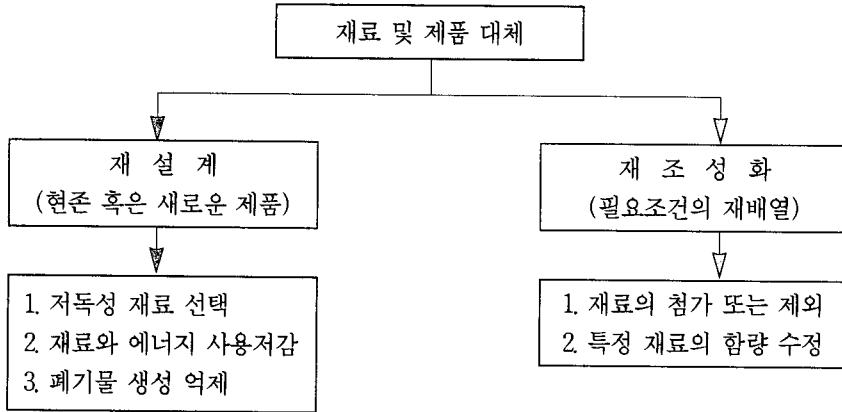


그림 1 재료 및 제품 대체

의 재설계나 재조성화를 통하는 재료 및 제품 교체를 보여 주고 있다.

목표로 하는데 이로써 폐기물의 양을 줄이고 원료의 이용을 향상시켜 더욱 바람직한 에너지 경제를 낳게 된다.

그림2에 규모크기에 대한 다양한 분리기술들의 관계와 물리적 선택 변수를 보여주고 있다.

### 5. 재료 분리

화학공정산업에서 분리공정들은 투자와 에너지 소비에서 상당히 많은 비중을 차지하고 있다. 예를 들어 액체의 증류는 화학산업에서 주도적인 분리공정이다. 오염방지기술은 증류보다 더 좋은 방법을 찾는 것을

#### - 초임계추출

초임계추출은 임계조건이상에서 용매 대신에 압축된 가스를 이용하는 유체 추출공정이다. 이 추출의 특성은 압축 가스나 혼합물의 용매성질에 바탕을 두고

물리적 선택 매개변수

크기	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1
막산도			막 투과	막 투과				
전하			전기 이온	전기 이온				
분자간인력			중유 / 증류	중유 / 증류				
용해도			용매 추출	용매 추출				
비 린도			초원심 분리	초원심 분리	원심 중	분리	분리	분리

이온범위      거대분자 범위      미립자 범위      미세분자 범위      균온인자 범위

그림 2 입자크기에 따른 분리기술의 상관관계

있다. 우리는 이미 100년 이상동안 임계초과의 가스나 유체의 용매성질을 알고 있었지만 1970년대에 와서야 이를 처음 산업에 적용하기 시작했다.

환경적 관점으로 보면 추출 가스의 선택은 매우 조심스럽기 때문에 오늘날까지 환경적으로 합당한 해결책으로서 이산화탄소만을 사용하는 것이 적합했다. 화학공학적인 관점에서 보면 초임계추출의 장점은 가스와 액체의 적합한 성질로 결합되어 있다는 것이다. 즉, 고밀도에 낮은 점도를 가지고 있어서 운송하기에 적합한 특성을 가지며 용매로서도 적합하다. 게다가 임계조건 이상에서는 압력과 온도변화에 따라 용매적 특성이 넓은 범위에 걸쳐 다양하다.

### - 분리막

분리막은 현대식 분리공정에 중요한데 연속적인 흐름 상에서 사용되기 때문에 쉽게 자동화되며 분자크기나 이온특성, 극성, 친수성 및 공수성과 같은 몇가지 물리적 변수에 맞도록 변경될 수 있다.

정밀여과, 한외여과, 역삼투압법은 막에 의해 분리시킬 수 있는 분자나 입자 크기에 있어서 주로 다르다. 분리에 있어서 새로운 막 분리방법을 제시하는 액체막기술은 한외여과 역삼투압법처럼 전통적인 막공정에서처럼 구멍에 침투하는 것이 아니라 액체막으로 분리되려는 성분의 용해도에 의해 영향을 받는다. 분리된 성분은 연속상에서 액체막 표면으로 추출되어서 액체상 안쪽으로 확산된다. 다양한 부문에 걸쳐 응용을 할 수 있고 대안책으로서의 분명한 장점을 지니고 있다. 다만 액체막 추출은 아직 널리 쓰이고 있지 않다.

### - 한외여과

한외여과는 분자량이 다른 두 성분을 분리하는데 쓰인다. 막은 0.002에서 0.05 $\mu\text{m}$ 인 미세한 구멍으로 구성된다. 용매의 막투과성은 일반적으로 아주 높아서 막 표면 가까이 있는 raffinate 막에 축적물을 형성해서 여과저항력을 높이게 된다. 즉 막 분극작용과 역확산을 일으킨다. 그러나 교차식 분리막 주입흐름을 이용해 막 분극작용을 효과적으로 줄일 수 있다.

### - 역삼투압법

역삼투압법은 일반적으로 대부분이 물인 용매쪽으로만 투과되는 막을 이용한다. 막의 양쪽에 있는 용액의 농도차에 기인하는 삼투압은 막을 통해 용매가 흐르도록 하기위해 농축물쪽에 가해지는 외부압력에 의해 억제된다. 물을 담수화하는 기술은 이미 이 역삼투압법을 이용하는 분야이다. 미래의 주요 연구영역은 막흐름을 높일 것이며 역삼투압에 의한 탈염과 담수화에 필요한 현 운전압력을 낮출 것이다.

### - 전해투석

전해투석법은 반투막을 이용해 전기장에서 이온성분을 분리하는데 쓰인다. 염화불소산과 같은 이온성분의 회복이나 염분이 있는 물의 탈염공정 및 담수화에 응용된다.

### - 흡착

흡착은 기체나 액체상의 분자와 고체표면의 분자사이의 인력보다는 약한 이들 분자상호간 인력에 의해 일어난다. 흡착에 의해 기체나 액체의 흐름에서 오염물질을 어떤 고체표면으로 흡착시켜 제거시킬 수 있다. 효율을 결정짓는 흡착의 강도는 고체표면의 분자특성과 주변조건에 좌우된다.

흡착제는 극성 혹은 비극성일 수 있는데 극성 흡착제는 수증기에 대해 높은 친화력을 가져서 어느 정도 습도를 가지고 있는 가스 흐름에서는 비능률적일 것이다. 따라서 산업공정과 관련된 가스의 흐름은 습기를 가지던지 수증기로 포화되어야 할 것이다. 비극성 흡착제인 활성탄은 대부분의 휘발성 유기성분 제거에 효과적이다. 기스형태의 오염물질 분리에 쓰이는 흡착제로는 활성탄, 활성 알루미나, 실리카겔, molecular sieves, 목탄, 지올라이트가 있다.

<계 속>