



접착제품 제조 VOC 규제 대응

Response to VOC Regulations in Manufacturing Adhesive Products

西村光男 / 린테크(주) 환경보전실

1. 접착제품 제조업계 개요

접착제품의 기원은 2,000년 전으로 거슬러 올라가지만, 19세기 후반부터 번성하여 현재에 이

르게 되었다.

지금은 그 편리함 때문에 접착제품(라벨, 셀, 테이프 등)은 수 많은 분야에서 사용되고 있다.

그러나 사용하는 접착제는 고무계통의 수지와

[표 1] 인쇄용 접착제품 출하통계

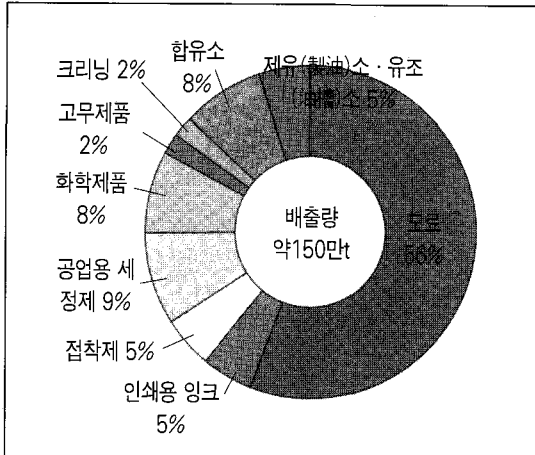
(만m²/월)

| 구 분 | | 2002년 | 2003년 | 증감(%) |
|-------|---------------|--------|--------|-------|
| 종이 | 상질(上質) 종이 | 2,875 | 3,071 | 106.8 |
| | 아트지 | 771 | 925 | 120.0 |
| | 캐스트코트지 | 2,068 | 2,101 | 101.6 |
| | 써멀(thermal)지 | 2,133 | 2,263 | 106.1 |
| | 호일지 | 168 | 161 | 95.8 |
| | 기타 | 462 | 491 | 106.3 |
| 종이 합계 | | 8,477 | 9,012 | 106.3 |
| 필름 | PET | 607 | 679 | 111.9 |
| | PVC | 140 | 135 | 96.4 |
| | 합성종이 | 515 | 571 | 110.9 |
| | 써멀(thermal)필름 | 185 | 204 | 110.3 |
| | 오버라미네이트 | 275 | 283 | 102.9 |
| | 기타 | 116 | 125 | 107.8 |
| 필름합계 | | 1,838 | 1,997 | 108.7 |
| 총합 | | 10,315 | 11,009 | 106.7 |

※라벨신문사, 출하통계에 따름



(그림 1) 고정발생원 VOC 배출량 추계



주1: '화학제품'에는 도료, 인쇄잉크, 접착제, 공업용세정제 생산에 관한 VOC 배출량을 포함한다.
 주2: '도료', '인쇄잉크'에서의 배출량은 수십 퍼센트의 오차 가능성이 있다(원재료사용량, 대기배출량의 데이터 등의 정도에 문제가 있기 때문).
 주3: '제유소·유조소'에서의 배출량은 과소추계의 가능성이 있다(탄화수소의 배출에 대한 조레에서 규정되어져 있는 지역의 조사결과를 가지고 전국추계를 하고 있기 때문).
 출처: '2002년도 휘발성유기화합물(VOC)배출에 관한 조사 ~VOC배출 인벤토리~'
 (2003년3월, 사단법인 환경정보과학센터)

아크릴계통의 수지를 주성분으로 하고 있으며, 유기용제에서 희석하여 사용하는 것이 전체의 절반을 점유하고 있는 것으로 추측되고 있다.

[표 1]은 인쇄용 접착제품(라벨용)의 수량을 나타내었지만, 그 밖에 접착테이프 등도 거의 같은 양이다.

2. VOC 규제 상황

환경청의 데이터에 의하면 2002년도의 VOC 배출량은 150만톤으로 추계된다(그림 1). VOC

가 대기 중에서 화학반응을 일으켜서 광화학옥시던트와 부유입자상물질(SPM)의 발생원인(그림 2)이 된다는 것에 지난 해 5월 26일에 개정대기오염방지법이 공시되었다. 2년 후의 시행을 위해 규제내용을 환경청 환경관리국장의 자문기관 '휘발성 유기화합물 배출억제 대책 검토회'가 개설되어져 검토되고 있다. 구체적으로는 다음의 6개의 시설유형으로 검토하고 있다.

- ① 도장(塗裝)시설 및 도장 후의 건조·열처리시설
- ② 화학제품 제조에 있어서의 건조시설
- ③ 공업용 세정시설 및 세정 후의 건조시설
- ④ 인쇄시설 및 인쇄 후의 건조·열처리 시설
- ⑤ VOC의 저장시설
- ⑥ 접착제 사용시설 및 사용 후의 건조·열처리 시설

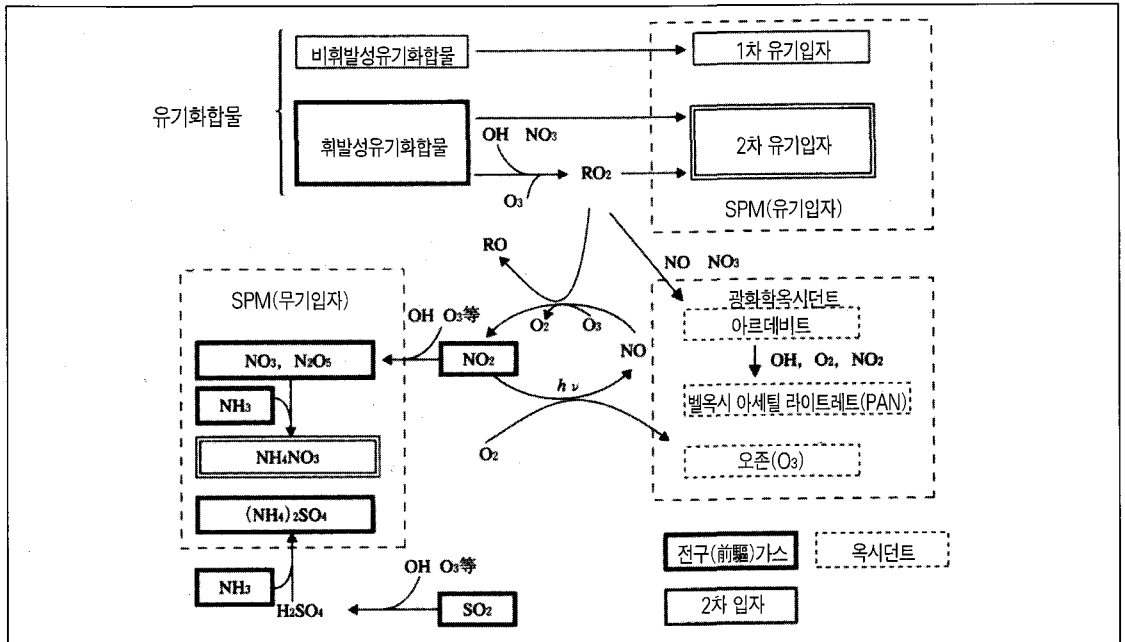
접착제품 제조는 ⑥의 유형에 포함된다.

규제내용은 8~12월의 사이에 소위원회가 5회 열릴 예정으로[표 2], 같은 시기에 각 배출시설에 대한 실태조사를 행하여 내년 3월에 답신될 예정이다. 그리하여 2006년에는 개정대기오염방지법이 시행된다.

3. VOC 배출 시설 개요

접착제품제조에 있어서는 약 40%의 접착제가 에멀션(emulsion)화와 핫멜트(Hot melt)화되어있어 VOC를 발생시키지 않으나, 나머지 60%가 유기용제를 사용하고 있다(그림 3). 즉, 박리지(剝離紙)(박리제로 실리콘수지코트)의 위에 유기용제로 용해한 접착제를 코트하고 건조하여 표면재료와 접착할 수 있는 접착제품이

[그림 2] 대기중 VOC 반응 메커니즘



출전 : 탄화수소류에 관계한 과학적 기초정보조사(미츠비시 화학안전과학연구소)

[표 2] 점착소위원회 검토사항과 스케줄

| 구분 | 점착소위원회 | 중앙환경심의회 | 비고 |
|-----|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 7월 | | 대기환경부회(자문) 제1회 배출억제전문위원회 | ↑ VOC 배출 농도실측 조사실측 ↓ |
| 8월 | 제1회 점착소위원회 | | |
| 9월 | 제2회 점착소위원회 (프레젠테이션) | | |
| 10월 | 제3회 점착소위원회 (규제대상시설, 배출기준 등의 검토) | | |
| 11월 | 제4회 점착소위원회 (규제대상시설, 배출기준 등의 검토) | 제2회 배출억제전문위원회 | |
| 12월 | 제5회 점착소위원회 (의론의 정리) | | |
| 1월 | | 제3회 배출억제전문위원회 | |
| 2월 | | 의견모집 | |
| 3월 | | 제4회 배출억제전문위원회 대기환경부회(자문) | |



[표 3] 접착제 도공배기구 VOC 농도 및 풍양 예

| 구 분 | | 제품 A | 제품 B | 제품 C |
|------------|--------------------------|---------------|---------------|----------|
| 접착제 | | 용제형접착제(토르엔계) | 용제형접착제(초산에틸계) | 에멀션형 접착제 |
| 건조구역 배기구 | VOC농도 (ppm) | (1,000~3,000) | 1,000~3,000 | 0 |
| | 풍양 (m ³ /ppm) | (300) | 300 | 300 |
| 용제회수장치 배기구 | VOC농도 (ppm) | 30~60 | - | - |
| | 풍양 (m ³ /ppm) | 300 | - | - |

된다. 이때 건조 장소에서 VOC가 휘발하여 배출되게 된다. 이 VOC는 용제회수나 연소처리가 되는 경우(40%)와 처리하지 않고 배출되는 경우(20%)가 있다.

4. VOC 배출량

용제형 접착제의 사용에 있어서는 접착제를 유기용제로 용해·희석시켜 도공하기 때문에 접착제제품제조사업소의 2002년도 PRTR 공표 데이터에 있어서 배출량총계 1만9,500t(주로 톨루엔을 나타냄)으로 많다.

5. VOC 배출 실태

접착제도공에 있어서 배기구의 VOC 농도와 풍양을 일례로 하여 [표 3]에 정리하였다. 이에 같은 코터에서 품종에 따라 배출되는 VOC 농도가 크게 차이가 난다. 토르엔 단일용제의 경우는 용제회수를 하는 것이 많으나, 초산에틸 등은 배수로의 혼입 등의 문제로 회수에 적절하지 못하며 직접 방출되는 것이 일반적이다. 또한 같은 코터에서 전혀 VOC를 포함하지 않은 에멀션형의 접착제를 도공하는 경우도 있다. 그 경우에는 VOC는 검출되지 않는다[표 3].

6. VOC 억제 대책

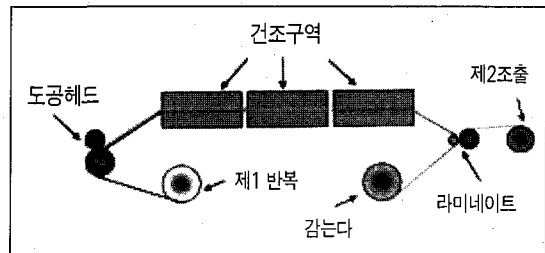
VOC의 처리로서는 용제회수나 연소식탈취처리가 있으며, 또한 접착제로부터 VOC를 배제하는 방법으로서 핫멜트형 접착제나 에멀션형 접착제도 사용되고 있다.

6-1. VOC 배기가스 처리 설치

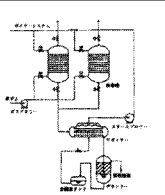
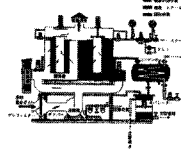
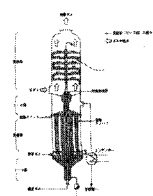
배기가스처리는 크게 나뉘서 용제회수와 연소 방식이 있다(NITE*의 배기가스처리기술개요 참조). 어느 방식도 설비비가 고가(高價)로 부담이 된다. 용제회수장치[사진 1]는 단일용제의 경우는 효과적이지만 복합용제의 경우는 재이용이 어려우며 회수의 효과를 발휘하기 힘들다.

한편 연소식(燃燒式) 중에 직접연소방식은 장치가 크며, 열 회수를 하지 않으면 러닝코스트가 상당히 높아진다. 축열연소방식(蓄熱燃燒方式)

[그림 2] 코터의 기본구조



[표 4] VOC 처리방식 I

| 처리방식 | 흡착법 (응계회수를 포함) | | |
|---------------|---|---|---|
| | 고정상식(固定床式) (입자상의 활성탄) | 고정상식(固定床式) (섬유상의 활성탄) | 유동상식(流動床式) (비조상태의 활성탄) |
| 개요 | 입자상 활성탄의 고정층에 의한 흡착·이탈처리 1930년대부터 실적이 있다. 입자상의 활성탄 형태 : 4~6mm의 입자 세공 : 마이크로포어, 트레이드셔널포어, 매크로포어 혼재 비표면적 : 1,000 ~ 1,200m ² /g | 섬유상 활성탄의 고정층에 의한 흡착·이탈 처리 1975년경부터 실용화 형상 : 10~20mm의 섬유상태 섬유상활성탄 세공 : 대부분이 마이크로 포어 비표면적 : 1,500 ~ 1,700m ² /g | 섬유상 활성탄의 고정층(固定層)에 의한 흡착·이탈 처리 일본에서는 2사가 1974년부터 판매. 비조상활성탄 형상 : 0.6~0.8mm경의 구(球)상태. 세공 : 입자상의 활성탄과 동일 비표면적 : 800 ~ 1,200m ² /g |
| 장치도 |  <p>(증기재생장치삽입방식)</p> |  <p>(증기재생장치부착방식)</p> |  |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> · 흡착용량이 크며 혼합공제에 대해서도 높은 성능을 발휘 할 수 있다. · 부하변동에 영향을 받지 않는 안정된 운전이 가능. · 이탈물(離脫率)이 높으며 반응성공제에 대한 분해율도 작기 때문에 높은 안전성이 유지가능하다. · 적절한 유지관리를 하면 활성탄의 수명이 길게, 정기적으로 안정된 고성능의 유지가 가능하다. · 유동상식을 이용한 활성탄흡착장치와 비교하여 조작이 용이하다. · 풍양이나 농도변화에 대응하기 쉽다. | <ul style="list-style-type: none"> · 흡착·탈착속도가 빠르며 분해성물질의 처리에 적합하다. · 장치를 경량·콤팩트화가 가능하다. · 부하변동에 영향을 받지 않는 안정적인 운전이 가능하다. · 흡착열에 의한 온도상승이 적으며 안전성이 높다. | <ul style="list-style-type: none"> · 질소(공기)이탈에서는 배수(응축수)가 적기 때문에 배수처리설비가 불필요하다. · 따라서 일부응용성, 수용성공제의 회수가 가능하다. · 운전비가 적다(열손실이 적다, 이탈가스로서 질소, 공기의 사용) · 장소절약(연속화를 위해 높이는 높아지나 설비면적은 작다.) · 압력 손실이 적다. · 착화안전성이 높다.(질소이탈) · 국소적으로 고온이 되는 부분이 적다. · 케톤(Ketone)류도 안전하게 회수가 가능하다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> · 응축배수의 처리설비(배수처리)가 필요하다. · 수용성공제를 회수하기 위해서는 증류장치가 필요하다. · MBK 등의 케톤(Ketone)계의 공제를 처리할 때에는 발화방지 등의 충분한 안전대책이 필요하다. | <ul style="list-style-type: none"> · 작동 · 작동 · 섬유상의 활성탄은 가격이 비싸다. | <ul style="list-style-type: none"> · 운전관리가 복잡하다. · 흡착효율을 높이기 위해서 여러 차례 반복할 필요가 있다. · 활성탄의 파손·마모가 심하다. · 지속적인 운전이 아닌 경우에는 불리하다. · 설치면적은 작지만 높이는 높아진다. |
| 유기염소계 물질의 처리 | <ul style="list-style-type: none"> · 트리클로로에틸렌에서는 화학공업, 기계공업, 금속공업, 전기·전자 공업에서의 실적이 많다. · 테트라클로로에틸렌은 트리클로로에틸렌과 거의 같지만, 그 밖에 드라이클리닝으로의 적용이 많다. · 디클로로메탄, 클로로포름은 화학공업을 중심으로 최근에 설치되는 곳이 늘어나고 있다. | <ul style="list-style-type: none"> · 유기염소계 물질처리 예가 특히 많다. | <ul style="list-style-type: none"> · 유기염소계 물질처리 예가 특히 많다. |
| 처리실적 | <ul style="list-style-type: none"> · 유기염소계물질 및 벤젠에 적용례가 많다. · 아크릴로니트릴, 포름알데히드에도 소수 적용. | <ul style="list-style-type: none"> · 작동 | <ul style="list-style-type: none"> · 작동 |
| 설치에 있어서의 유의사항 | <ul style="list-style-type: none"> · 배기가스성상의 유의(대상물질의 흡착특성, 활성탄 열화물질 이상발열 등의 안전성) · 응제회수의 유의(회수공제의 품질) (유기염소계(有機鹽素系)공제의 수증기직접탈착시의 HCl생성, 수분율의 상승, 안정제의 유출) · 수증기직접탈착시의 배수로의 응온. (수탁법(水濁法) 재어물질 : 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 벤젠, 디클로로메탄, 1,2-디클로로에탄의 배수처리) | <ul style="list-style-type: none"> · 작동 | <ul style="list-style-type: none"> · 작동 |

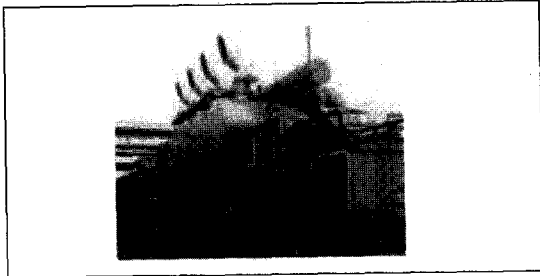


[표 4] VOC 처리방식 II

| 흡착법 | 열소방식 | | |
|--|--|---|---|
| 하니컴형 흡착식 농축장치 | 직접 | 축열 | 축매산화 |
| <ul style="list-style-type: none"> 저농도의 배기가스에서 탄화수소류를 분리하여 작은 풍량으로 농축하는 장치. 단독으로 배기가스를 처리하는 것이 아닌 농축시킨 탄화수소를 연소법 또는 활성탄흡착법 회수장치 등과 조합하여 처리한다. 최근까지 하니컴 소재로서 대부분이 활성탄이었으나 소수성 제올라이트의 채용으로 가연성에 대한 안전성이 크게 향상되었다. | <ul style="list-style-type: none"> 주로 탄화수소류와 악취물질의 처리(탈취)에 적용되어져 있다. 폐열회수기술의 진보에 의해 현재에도 널리 사용되고 있다. 고온하에서 산화(연소분해)한다. 일반적온도 : 650℃~800℃ 체류시간 : 0.3초 이상 (특수한 경우에는 1.0초 이상) | <ul style="list-style-type: none"> 내열성, 축열성을 갖고있는 고정층을 가지고 이것을 매체(媒體)로하여 수방열(受放熱)을 행함과 동시에 온도(800~1,000℃)로 접촉시켜 산화시킨다. 축열체 : 세라믹, 모래 | <ul style="list-style-type: none"> 대상물질을 산화(연소분해)하는 방법, 촉매를 사용하는 것으로 통상 200~350℃로 분해하는 것이 가능하다. SV치 : 20,000~50,000m³/m³hr정도 활성물질 : 백금주체 + 팔라듐 일부 담체 : 활성알루미나, 코제라이트, 금속 등 매체형상 : 하니컴, 구상(球狀), 발포금속상 체류시간 : 약0.05~0.1초 |
| <p>(회전모터방식)</p> | <p>(로터리 벨브식)</p> | <p>(로터리 벨브식)</p> | <p>(로터리 벨브식)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 대풍량(大風量), 저농도의 경우 풍양 1/5~1/15, 농도 5~15배 농축, 운전비 및 설비비 모두 다른 방식에 비하여 저렴하다. 가스로 탈착하기 때문에 배수가 없다. 압력손실은 거의 없다.(200~500Pa 정도) | <ul style="list-style-type: none"> 고온에서 연소하기 때문에 상당히 높은 효과를 얻을 수 있다. 처리효율의 경시변화가 적다. 부하변동에 따른 처리효율의 저하가 적다. 처리원리가 단순하여 장치의 구조도 단순하기 때문에 조작 및 보수관리가 용이하다. 거의 모든 물질에 적용이 가능하며 타르·미스트의 영향이 적다. 폐열의 이용방법이 많으며, 투자효과가 크다. | <ul style="list-style-type: none"> 열 회수율이 높으며(95%), 연료비가 극히 적다. 토르엔 환산 400ppm정도로 자체 연소하여 연료가 불필요하다. 분해율이 높으며(99%), 열 안전성이 높은 가스도 사용가능하다. 중·저농도의 대기의 가스처리에 적합하다. 처리가스의 농도변화에도 대응가능하다. 직접연소와 비교하여 NOx의 발생이 적다. 보수점검이 용이하다. 고정층의 수명은 반영구적이다. | <ul style="list-style-type: none"> 촉매에 의해 저온에서의 연소가 가능하다. 직접연소법에 비해 연소비가 적다. 새열(thermal)NOx의 발생이 극히 적다. 산화분해온도가 빠르기 때문에 장치가 콤팩트하다. 장치는 저온으로 사용되기 때문에 경량이다.(케이싱은 금속재로서 고온내열체는 불필요하다.) 열풍, 온수 등의 폐열이용이 가능하다. 미처리 가스와 처리가스가 섞일 가능성이 적다. |
| <ul style="list-style-type: none"> 압축가스처리기, 재생열풍발생장치가 필요하다. 토털처리시스템으로서 장치가 복잡하여 저풍양에서는 설비가 비교적 비싸다. 흡착제, 구조의 제약에서 흡착효율 90%정도. | <ul style="list-style-type: none"> 적절한 폐열회수가 되지 않는 경우에는 연비가 높다. 일반적으로 처리하는 물질의 농도가 낮아질수록 경제성은 나빠진다. 연료로서 중유를 사용하는 경우에 SOx가 발생한다. NOx가 발생한다. | <ul style="list-style-type: none"> 전력사용량이 비교적 높다. 정처중량이 비교적 무겁다. | <ul style="list-style-type: none"> 촉매독의 영향으로 촉매가 저하한다. 촉매저하 상태를 알기 힘들다. |
| <ul style="list-style-type: none"> 오염수 폭기(曝氣)시에 발생하는 저농도의 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌처리나 세정공정 등으로부터 발생하는 디클로로메탄처리에 실적이 있다. | <ul style="list-style-type: none"> 연소에 의해 염화수소가 발생하므로 배기가스의 처리에 충분한 유리가 필요하다. | <p>좌동</p> | <p>좌동</p> <ul style="list-style-type: none"> 실적의 예가 적으며 촉매수명의 데이터가 부족하다. |
| <ul style="list-style-type: none"> 저농도 배기가스처리의 실적은 높여가고 있다. 특히 각종도장부스, 실내 환경공기, 반도체 제조라인, 인쇄 등의 실적이 많다. | <ul style="list-style-type: none"> 일반의 유기화합물로의 적용은 많다. | <ul style="list-style-type: none"> 대부분의 유해대기오염물질의 소각에 적용가능하다. 최근의 경향으로는 소각·기열로가 주류가 되고 있다. | <ul style="list-style-type: none"> 촉매산화법의 역사는 오래되었으며 여러 업종에 폭넓게 도입되고 있다. 도장, 인쇄, 접착, 건조공정 배기가스처리의 실적은 특히 많다. |
| <ul style="list-style-type: none"> 배기가스특성의 유의.(대상물질의 흡착특성, 불순물) 정화가스의 농도를 고려하여 농축배출을 결정. | <ul style="list-style-type: none"> 배기가스 양이 적으며 고농도에 적합하다. 적절한 폐열회수가 필요하다. 유기염소계물질의 경우에 고농도에서는 HCl 대책이 필요하다. | <ul style="list-style-type: none"> 타르, 미스트, 더스트 혼입의 케이스에서는 베이킹을 고려한다. 산성가스가 발생하는 경우는 알칼리 스크래버의 추가설치가 필요하다. | <ul style="list-style-type: none"> 촉매의 열 저하, 촉매의 피독(被毒)에 유의. 좌동 |

출처 : 독립행정법인 제품평가기술기반기구 화학물질관리센터

[사진 1] 활성탄 흡착식 용제회수장치



[사진 2] 축열소각식 탈취장치



[표 5] 배기가스 처리장치 도입 코스트

| 처리방식 | | 이니설코스트 | 러닝코스트 / 년 | 비 고 |
|----------|---------|--------|-----------|------------------------|
| 용제회수장치 | 흡착식 | 200 | 5~20 | 회수불가의 경우가 있다. |
| 연소식 탈취장치 | 직연(直燃)식 | 100 | 15~20 | 이산화탄소 배출이 많다. |
| | 축열식 | 100 | 13~15 | 연속연소가 아닌 경우는 적당하지 못하다. |
| | 축매식 | 100 | 13~15 | 축매독의 문제가 있다. |

에 있어서도 연속조업을 행하는 경우는 자체연소(즉, VOC 배기가스만으로 계속 탈 경우)하지만, 조업이 정지된 다음에 재개할 때에는 장치의 온도를 높이기 위해서 추가로 연소시킬 필요가 있다. 설비비는 개략 [표 5]와 같으며 큰 부담이 되고 있지만, 기업의 사회적 책임과 PRTR 데이터공표의 영향으로 처리장치의 설치쪽으로 움직이고 있다. 그러나 코스트의 상승요인으로 중소기업자는 대응에 어려움을 겪고 있다.

6-2. 접착제 에멀션화

표면재료가 종이인 경우는 에멀션화가 행해지고 있다. 필름의 경우도 환경대응 면에서 앞으로 에멀션화가 진행될 것으로 보인다.

6-3. 접착제 핫멜트화

접착테이프에 있어서는 핫멜트화가 상당히 진행되고 있으나 일반라벨에서는 소수에 머물러

있다. VOC의 배출이 없으며 제조설비도 비교적 간단하므로 메리트도 있지만, 성능 면에서 개선이 필요하다.

7. 리텐크 VOC 규제 대응

리텐크에서는 1994년 이후로 배기가스처리(탈취처리)의 설치를 순차적으로 만들고 있지만 처리 효율이나 러닝코스트의 문제가 많아서 전체로의 전개가 이루어지지 못했었다. 그러나 1999년 7월에 화관법(化管法) PRTP 제도의 시행이 결정되어 전면적으로 배기가스처리를 행하는 방향으로 되어 '용제대책검토팀'을 발족하여 배기가스처리의 중기계획을 책정하였다. 2001~2003년도에 걸쳐서 VOC 배출설비에 배기가스처리기를 설치하였다. 그 결과 현시점에서는 유기용제 사용량의 약 80%를 처리하고 있다. 한편 비VOC화 추진도 적극적으로 진행하고 있다. [6]