

## SM6) 도장시설에서의 유해대기오염물질 배출특성

### Characteristics of Emission for Hazardous Air Pollutants in Coatings Industry

김대곤·차준석·최양일·박일수·홍지형·석광설·김진영

국립환경연구원 대기연구부 대기공학과

#### 1. 서론

도장시설은 현재 미국, 유럽, 일본 등을 포함하여 세계적으로 유기용제를 가장 많이 사용하고 있는 시설 중의 하나로 휘발성 유기화합물질의 배출원으로 가장 큰 부분을 차지하고 있는 시설이다. 국내에서 도장시설에서의 휘발성 유기화합물질의 배출량산정에 관한

구는 미국의 배출계수자료(AP-42)중 도료에 대한 배출계수값과 국내의 도료사용량에 근거하여 몇몇 연구기관에서 산정한 바 있으나, 도장시설을 각 공정별로 구분하고 각 공정에서 사용된 도료중 유기용제의 양을 MSDS(Material Safety Data Sheet)자료등을 활용하여 비교적 구체적으로 배출계수 및 배출량을 산정한 경우는 없었다. 따라서 본 연구에서는 현재 유럽에서 배출량산정에 사용되고 있는 CORINAIR 프로그램에 따라(유기용제의 사용을 코드별로 구분하여 배출량 산정방법을 제시하고 배출량을 산정하였음) 도장시설을 크게 7개의 부문(자동차, 선박, 건축, 금속, 가구·목재, 전기·전자, 항공기)으로 구분하고 각 공정에 대한 국내의 연간 도료사용량을 파악한 후, 각 공정의 주요회사의 현장방문을 통해 입수된 MSDS자료 및 배출원조사 등을 토대로 하여 공정별 오염물질의 성분분석 및 방지시설의 효율평가, 공정별 배출계수와 배출량의 산정등 도장시설에서의 유해대기오염물질의 배출특성을 살펴보았다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 도장과 관련된 국·내외 관련 연구자료를 수집, 조사 및 검토하였고 이를 토대로 도장시설을 7개의 부문으로 분류하여 각 부문의 배출사업장을 선정, 현지방문하여 배출원조사를 실시하였다. 먼저 각 도장시설별로 도료사용량 및 도료중 용제함유율을 MSDS 자료를 토대로 정밀조사하였고 이를 근거로 도장시설의 배출공정별로 배출계수와 배출량을 산정하였다. 한편, 유해대기오염물질의 시료채취 및 분석을 통하여 도장시설에 설치되어 있는 방지시설의 효율도 평가하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 가. 도장시설별 도료사용 특성 및 VOC 배출량

도장시설에 대한 공정별 배출계수는 현장조사와 조사표자료를 근거로 각 도장공정에서 사용되고 있는 도료의 총량과 이들 도료에 함유되어 있는 용제의 함유율은 토대로 산출하였으며 도료중 용제함유율에 대한 비교적 정확한 데이터를 얻기위해 MSDS(Material Safety Data Sheet)자료를 수집하여 이를 근거로 산출하였다. 자동차도장 부문에서는 국내 주요회사들의 도장시설들이 비교적 양호하여 영국의 배출계수와 비슷한 수치로 나타났고, 건축도장부문에서는 전체 사용도료의 70~80%가 수성으로 전체 도료생산량 대비 대기중 용제의 휘발량이 비교적 적게 나타났으며, 전기·전자부문 도장에서는 대부분 분체도료를 사용하고 있었으며 다른 부문 또한 분체도료의 사용량이 점차 증가하고 있어 VOC 발생량이 점차 감소하고 있음을 알 수 있었다. 금속도장 또한 대부분이 분체 및 수성을 사용하고 있었으며 이에 따라 도료생산량에 비해 VOC 발생량이 훨씬 적게 발생하였다. 한편, 현장조사 및 조사표를 통해 VOC배출량을 산정해 본 결과 건축도장(유성부분)에서는 17,933톤이 발생하였고, 자동차제조도장에서는 43,428톤, 선박도장에서는 62,899톤, 목재·가구도장에서는 16,201톤, 전기·전자제품도장에서는 19,946톤, 항공기도장에서는 492톤, 금속도장에서는 27,893톤이 발생된 것으로 나타났다. 그 결과 선박도장, 자동차도장, 금속도장 순으로 VOC가 발생되었다.

##### 나. 방지시설의 현황 및 개선점

방지시설로는 자동차도장(제조,보수)에서는 흡착시설, 세정집진시설, 직접연소시설(RTO시설포함), 촉매연소시설등이 많았고. 선박, 목재·가구도장, 항공기도장등의 분야에선 대부분이 흡착시설을 이용하고 있었으며, 전기·전자 및 금속도장부문에선 주로 세정흡수시설을, 건축도장부문은 방지시설을 갖추지 않은 것으로 파악되었다. 각각의 방지시설의 전·후단에서의 채취 및 분석을 통해 방지시설의 효율을 평가해본 결과, 직접연소시설부문은 90%이상의 방지효율을 나타내었고, 세정집진시설 및 촉매연소시설등은 70~80%정도의 방지효율을 나타냈다. 그러나 흡착시설의 경우, 활성탄의 종류, 활성탄의 교체시기, 활성탄 흡착효율의 차이점 등으로 방지효율의 범위가 20 ~ 80% 정도로 아주 크게 나타났다. 따라서, 방지효율이 가장 높은 직접연소시설(RTO시설포함)로의 교체가 가장 적합하나 시설처리용량에 비해 설치비 및 운영비등이 너무 고가라는 단점을 가지고 있다. 흡착시설은 비교적 저렴한 설치비 및 운영비로 인해 현재 많은 사업장에 설치되어 있었다. 도장시설에서의 근본적인 VOC 저감대책으로는 현재 생산중인 도료의 성분을 분체 및 수성으로 점차 대체하는 방법과 유성도료중의 용제함유량을 낮추는 것이 최선의 방법으로 판단된다.

Table 1. Emission factors and amount of emission in each coating process

구분	산정결과				영국
도장 공정	방지시설유무(종류)	방지효율 (%)	배출계수 (kg/ton)	배출량 (ton/yr)	배출계수 (kg/ton)
건축 도장	무	-	582	17,933	740
자동차도장	무	-	650	43,428	675
	유(흡착시설)	50	325	14,114	
	유(RTO)	99	6.5	2,823	
	유(세정집진)	74	169	7,339	
	유(촉매연소)	60	260	11,291	
선박도장	무	-	513	62,899	750
	유(흡착시설)	64	185	11,636	
목재·가구	무	-	520	16,201	750
도장	유(흡착시설)	60	208	3,370	
전기·전자	무	-	518	19,946	
제품 도장	유(흡착시설)	80	104	2,074	
항공기도장	무	-	470	492	750
	유(흡착시설)	75	118	58	
금속 도장	무	-	221	27,893	
	유(흡착시설)	80	44	1,227	
	유(세정시설)	50	110	3,068	

### 참고 문헌

1. 한국화학공학회(1998, 1999) 유해화학물질 환경배출량 산출방법 표준화에 관한 연구(1 & 2)
2. 정일록 등(1995, 1996) 유해가스 배출량 산정에 관한 조사연구, 국립환경연구원
3. 도장기술의 이론과 실무(1997), 대한전문건설협회, p24 ~ p91
4. Compilation of Air Pollutant Emission Factor(1995), Vol. 1, Stationary Point and Area Sources, AP-42, p4.2.2.1 ~ p4.2.2.8
5. AEA Technology-Environment (1998), Emissions of Non Methane Volatile Organic Compounds from Processes and Solvent Use, p3 ~ p64
6. Warren spring Laboratory(1993), Emissions of Volatile Organic Compounds from Stationary Sources in the UK, p A.3 ~ p A.45