

**B-12**

**도장작업에서의 폭발 및 화재 위험성에 관한 연구**

**박건형, 박승일\*, 오규형\*\***

호서대학교 산업안전공학과, \*호서대학교 대학원, \*\*호서대학교 소방학과

**A study on the explosion and fire risk during the paintings**

**Gun Houg Park, Seung-il Park\*, and Kyu-Hyung Oh\*\***

*Dept. of Industrial Safety Eng. Hoseo University, \*Graduate School of Hoseo University,*

*\*\*Dept of Fire Protection Eng. Hoseo University*

**1. 서론**

공업생산물이나 구조물, 시설 등의 제작 설치 공정에서의 마지막 단계는 제품의 왜관 및 내구성을 위해 대부분 도장작업을 하게 된다. 이러한 도장작업에 사용되는 페인트 종류는 크게 유성과 수성으로 나눌 수 있으며, 건물의 내 외벽에 사용하는 경우를 제외하고는 대부분 유성 페인트를 사용한다. 이러한 유성페인트는 페인트 자체에도 인화성이 있는 것들이 많으며 실제 페인트 작업을 위해서는 희석제로 유기 용매들이 사용되고 있다. 희석제인 유기 용매는 일반적으로 신나(Thinner)라고 부르며 그 성분은 C<sub>6</sub>~C<sub>7</sub>의 탄화수소 혼합물인 것으로 알려져 있다. 이 희석제는 도료의 부피의 30~40%를 첨가하여 희석하고 있다. 현재 4 l 용량의 1갈론 용기에 시판되고 있는 에나멜 페인트로는 약 4~5평(13~16m<sup>2</sup>)을 도장할 수 있으며 표면조건과 초벌, 재벌 등 공정에 따라 약간씩 달라 질 수 있다.

산업현장에서 도장작업 후 건조공정 등에서 실내나 밀폐공간 등에서 이 페인트 건조 공정에서 발생된 유기용매에 의한 폭발 사고들이 보고된 바 있으며, 페인트 도장 부스 등에는 이러한 폭발위험성을 고려하여 전기설비를 방폭구조로 하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 도장 작업에서의 유기용매에 의한 폭발 및 화재위험성을 이론적 농도 조성에 대한 개략적 계산과 실험을 통해 알아 보고 폭발 및 화재를 방지하기 위한 대책을 제안하고자 한다.

**2. 이론적 배경**

페인트 희석제로 사용되는 유기 용매는 앞에서 언급한 것처럼 C<sub>6</sub>~C<sub>7</sub>의 탄화수소 혼합물로서 C<sub>6</sub>~C<sub>7</sub>에 해당하는 Heptane, Heptene, Hexane, Cyclo-hexane 및 휘발유 등이 이러한 유기용매 범위에 속하며 이들에 대한 인화점 및 연소범위등을 살펴본 것을 표 1

표 1. 유기 용매들의 인화점 및 연소범위

물질	Heptane	Cylo-hexane	Heptane	Heptene	Gasooline
인화점 (°C)	-22	-18	-1	-1	-20~-40
연소범위 (vol)%	1.1~7.5	1.0~6.7	1.0~6.7	1.0~6.5	1.4~4.7
증기압 (20°C) (mmHg)	120	130	38	40	200

에 나타내었다. 시중에 판매되는 희석제의 경우는 제조회사마다 화학적 조성이 다르기 때문에 인화점이나 연소범위에 대한 값은 발표된 자료가 없으나 표 1에 있는 C<sub>6</sub>~C<sub>7</sub>에 해당하는 탄화수소의 값들과 유사한 정도로 이해해도 가능할 것으로 판단되며 여기서 개략적인 계산을 위해서 hexan을 예를 들어 설명하겠다.

페인트용 희석제의 종류는 크게 락카 신나와 에나멜신나로 구분할 수 있으며 이들에 대한 증기압을 측정된 결과 20°C에서 각각 약 120mmHg 와 약 150mmHg를 나타내었다. 앞에 설명한 바와 같이 일반적으로 페인트 작업을 위해 도료 페인트의 약 30~40%의 희석제를 혼합하여 도장작업을 하고 있으며 4ℓ 용기의 페인트로 약 16㎡의 면적에 도장하는 경우를 고려하여 이때 사용되는 유기 용매의 양과 이들의 건조과정에서 발생하는 증기의 농도로부터 폭발 위험성을 고찰해 본다.

4ℓ 용기 페인트의 40%를 유기용매로 희석할 경우 유기용매(신나)의 부피는 약 1.2ℓ 가 사용된다. 이 유기용매를 Hexane으로 가정하여 정리해 보면 Hexane 1.2ℓ 는 약 0.8kg으로 9.2몰에 해당하며 상온에서 기체의 부피로 환산하면 약 210ℓ 에 해당된다.

따라서 16㎡로 둘러싸인 공간의 최대 부피는 구를 가정할 경우 직경 2.26m에 해당되며 이 경우 부피는 약 6㎡가 된다. 이 경우 증기의 농도는 3.4%가 되어 연소범위 1.1 -- 7.5Vol%의 농도에 포함되며 Hexane이 가장 착화되기 쉬운 농도 2.5 vol% 보다 높다.

따라서 이 조건에서도 폭발이 충분히 가능하며, 완전 밀폐되지 않고 약간의 개구부가 있는 경우 농도가 낮아지면서 착화하기 용이한 농도 범위를 지나게 되며 이런 상황에서 착화원이 존재할 경우 혼합가스 폭발이 일어나며 이 화염에 의해 주위의 가연물을 점화시켜 화재로 발전할 가능성이 존재한다.

### 3. 실험장치 및 실험방법

실험장치의 개략도는 다음 그림 1과 같으며, 페인트와 희석제를 5 : 2로 희석한 것을 용기 내부 면적만큼 도장하여 용기 내부에 넣고 개구부를 폐쇄한 후 일정 시간 후 점화원을 작동시켜 폭발유무와 폭발화염에 의한 화재 발생현상을 관찰하도록 하였다.

### 4. 결과 및 고찰

실험 결과 도료가 건조되는 시간을 정확히 측정하기는 어려워 내부의 농도를 예측할

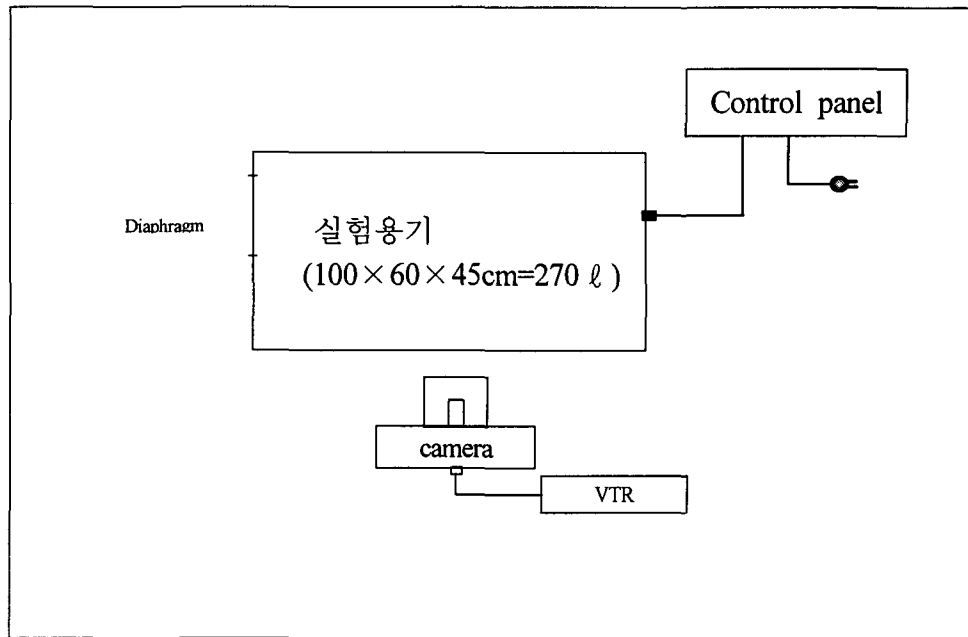


그림 1. 실험장치 개략도

수는 없었으나 전기스파크에 의한 점화 결과 폭발화염의 발생과 화재가 발생하는 현상을 관찰할 수 있었다.

따라서 밀폐공간내 유기 용매를 사용한 도장작업 시 담뱃불이나 전기 스파크 가타 화기 작업을 할 경우 폭발사고의 위험성이 매우 높으며 이러한 도장 작업시 또는 건조 후 발생하는 유증기에 의한 폭발사고를 방지하기 위해서는 작업 공간내에 충분한 환기가 필요하며 작업공간 내에 점화원이 될 수 있는 것을 반입되지 못하도록 조치를 취해야 될 것이다. 또한 건조 후에라도 공간내에서 작업하기 전에 반드시 유증기의 농도를 측정하여 안전을 확인한 후 다른 공정이 이루어져야 한다.

### 참고문헌

1. Gonul Gunduz, Experimental determination and simulation of explosion limits of benzene-inert gas-air mixtures, Chemical Engineering & Technology, V. 18 N. 6, (1995)
2. Zabetakis, M. G., "Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors", U. S., Bur. Mines Bull., pp. 20-42, (1965)
3. 井上 俊, 池田 正之, 艇方 正名, "わか國における 工業用有機用濟使用の實態 に関する調査研究", 産業醫學, Vol. 26, pp. 518-538, (1984)
4. 신용철, 이광용, "조선업의 도장작업시 취급하는 도료중 유해물질 성분에 관한 연구", 한국산업위생학회지 Vol. 9, No 1, pp. 156-172, (1999)
5. 김영수, 이민세, 신창섭, "可燃性 蒸氣의 爆發限界 및 爆發特性에 관한 研究", 한국 산업안전학회지, Vol. 13, No. 2, pp. 116-121, (1998)