

Spray 도장 작업장의 안전대책

이 형 섭
(방재시험소 연구원)

1. 머리말

가연성 유성도료의 스프레이 도장 작업장은 쉽게 인화, 연소할 수 있는 액체와 증기, 가연성 잉여도장분(이하 “잉여분”)이 존재하기 때문에 화재와 폭발위험성을 많이 지니고 있다.

스프레이 도장방법은 피도장물에 자동적으로 직접 도료를 분사하게 하는 것으로서 정전(electro static) 스프레이, 촉매(catalytic) 스프레이, 열(hot) 스프레이, 수증기(steam) 스프레이, 무공기(airless) 스프레이, 건조공기(vapor) 스프레이 도장 등이 있으며, 도장효율 개선, 용제사용량 감소 및 도료의 질적인 개선 등의 방향으로 발전되어 가고 있다.

도장작업장의 위험정도는 소화설비, 위치, 배열, 관리 및 장치의 조작에 따라 다르며, 작업장의 안전대책은 다음에 의한다.

- ① 자동스프링클러 소화설비
- ② 다른 대상물과의 이격 또는 차단
- ③ 스프레이 실에서의 잉여분의 배출
- ④ 스프레이 작업시의 발화원 제거
- ⑤ 스프레이 작업시 도료의 양 제한
- ⑥ 초과 잉여분 축적의 제거

본 고에서의 미국의 FM(Factory Mutual) Loss Prevention Data 및 NFPA(Nation Fire Prevention Association) Code의 안전기준 및 화재사례를 중심으로 분석함으로써 유성도료의 스프레이 도장 작업장의 안전 대책을 강구하기로 한다.

2. 안전 기준

가. 작업장의 위치

1) 도장작업장은 격리된 단층건물이거나 외벽으로 구획된 1층에 위치되어야 하며, 도장실은 다른 작업장,

저장소 또는 가연성 건축물로부터 적어도 1m 이상 이격되어야 한다.

2) 작업장의 벽은 최소한 1시간 내화도를 가지며 출입문은 갑종 방화문으로 하고, 창은 되도록 없게 한다. 만약, 유리창이 필요하면 자동으로 폐쇄되는 형태로 하고 철제프레임에 망입유리로 한다.

3) 작업장 내에서 작업이 불가능한 것은 화재시 열의 확산을 방지할 수 있도록 도장작업장 외부에 불연성 Draft Curtain을 설치한다.

Draft Curtain은 스프레이 지역으로부터 최소 3m, 천정으로부터 1.5m 떨어지게 위치한다.

Draft Curtain의 지붕에는 자동 열배출기를 설치하고 환기면적 0.1㎡당 바닥면적 4.6㎡으로 한다.(그림 1)

나. 작업장의 구조

1) 불연재(철 등)나 화재억제력이 있는 재료로 건축하여야 한다.

2) 잉여분의 축적을 방지하기 위하여 공기의 흐름은 전면에서 배출기 방향으로 한다.

3) 내부(벽) 표면은 청소하기 쉽게 미끄러워야 한다. 만약 바닥이 가연재이면 표면을 미끄럽게 하거나 불연성 재료로 도장한다.

4) Baffle판은 쉽게 결합하거나 제거할 수 있도록 배치하고, 양끝에 청소가 용이하게 청소구를 만든다.

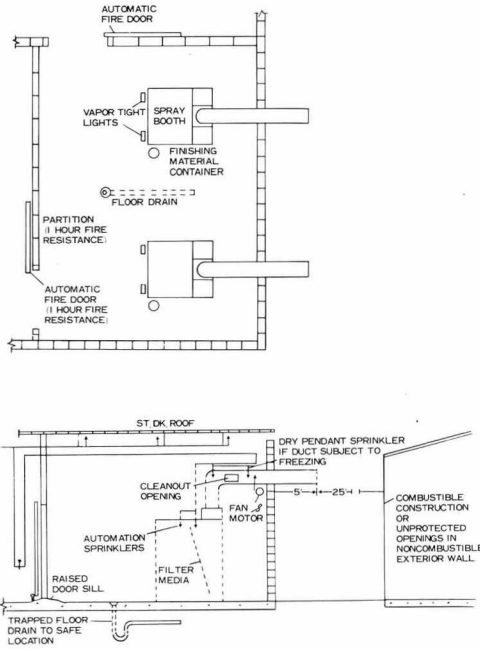
5) 배기덕트는 철 또는 불연성 재료로 하고, Baffle는 배기덕트 내에 설치해서는 아니된다.

담판(damper) 또는 팬(fan)에는 Limit Switch에 의한 연동장치(interlock) 또는 경보장치를 설치한다.

6) 스프레이실로부터 배기덕트는 ① 방화벽 또는 바닥을 통과하거나 ② 가연성 구조물로부터 2m 이내에 방출되거나 ③ 가연성 구조물 또는 난연성 외부벽의 노즐 개구부의 직선거리 7.5m 이내에 방출되게 설치하면 안된다.

7) 배기다트 또는 굴뚝이 가연성 구조물이나 근처 가연성재료를 통과할 경우에는 다트 외부에 25mm 두께의 질석 또는 퍼얼라이트판으로 단열시키거나 50mm 내화벽돌로 단열시켜야 하고, 주위에는 최소한 15cm 이상 다른 물질과 격리시켜야 한다.

8) 공기실, 배기다트의 엘보관, U자관에는 잉여분이 축적될 수 있으므로 다트에서 스프링클러헤드 배열과 같이 각 3.5m마다 청소구를 만들어야 한다.



〈그림 1〉 도장작업장의 구조의 예

다. 소방설비

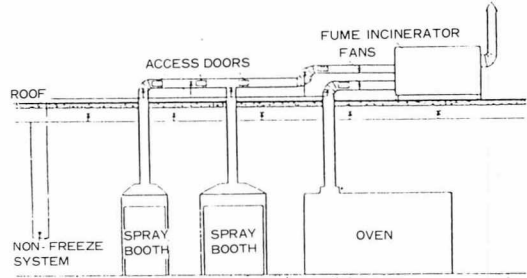
1) 스프링클러설비

(가) 스프링클러설비는 스프레이지역은 물론 배합과 환기지역 및 건조지역에 설치하며, 배기다트 내에도 설치한다. 만일 배기다트가 여러개가 있다면 스프링클러는 각실 연결부분에 설치한다. 〈그림2〉

(나) 스프링클러는 가능한한 습식으로 한다. 건물 외부의 다트 또는 굴뚝은 동파를 방지하거나 건식 스프링클러 설비 또는 열감지기에 의한 개방형 설비로 한다. 다트 또는 굴뚝내의 물이 정지되어 있거나, 동파가 될 우려가 있을 시에는 이를 방지하기 위하여 건식

상향형 헤드나 열과이프에 의하여 동파 등을 방지한다.

(다) 자동 스프링클러설비는 스프레이실이 소규모



〈그림 2〉 스프링클러 설치 예

이거나 간헐적으로 사용하고, 불연성 재료로 건축된 장소에는 생략될 수 있으며, 이러한 실은 다음 조건으로 한다.

- ① 니트로셀룰로즈상의 도료는 사용하지 않는다.
- ② 총 도포량(두께)은 10gal(40dm³)을 초과하지 않는다.
- ③ 건조상태로 잉여분 축적 두께가 0.8mm 이상이면 언제든지 제거한다.

2) CO₂ 소화기나 분말소화기는 가연성 액체화제에 대비하여 비치하고, 물 소화기 또는 스프레이 노즐은 잉여분 화재를 위하여 설치한다.

라. 배수

1) 높이가 10cm인 물받이(ramp 또는 curb)를 스프레이 작업장의 모든 출입구와 Draft Curtain 주위에 설치한다. 모든 창에는 흠을 설치하고, 방해물의 지장을 받지 않게 한다.

2) 흠(trapped floor)에 의한 배수는 65mm 호스로 방수하는 물과 작업장 또는 커튼 지역내에 스프링클러의 방수량을 안전하게 방수할 수 있는 용량으로 한다.

3) 물에 의하여 심한 피해를 입을 수 있는 작업장은 배수관을 설치하고 바닥은 방수처리를 한다.

마. 스프레이실의 환기

1) 스프레이실 내에서의 발화를 방지하기 위하여는 실내의 가연성 증기 농도를 폭발 범위의 하한(Lower Flammable Limit)의 25% 이하로 유지하고 잉여분을 가급적 줄여야 한다.

2) 실내의 전체 공기를 배출해내기 위해서는 적절한

환기설비가 필요하며, 이러한 경우 실 인접지역에 대한 별도의 기계적인 환기설비는 필요없다.

3) 실내의 전 공간의 일정한 공기 흐름이 3~5분마다 이루어 진다면 인화성 증기가 체류되는 것을 방지할 수가 있으며, 수동적인 경우는 스프레이실에서 평균 풍속이 약 30.5m/min를 곱한 양이 되어야 한다. 그러나 스프레이작업이 광범위하거나 캐노피 또는 하향통풍(down-draft) 스프레이실과 같이 특수한 목적의 실인 경우에는 부가적인 환기가 필요하다.

4) 환기팬의 용량(m^3/min)은 실의 출입구, 콘베이어 개구부 등의 전체 개구부 면적(m^2)에 $30.5m^3/min$ 를 곱한 양이 되어야 한다. 그러나 스프레이작업이 광범위 하거나 캐노피 또는 하향동풍(down-draft) 스프레이실과 같이 특수한 목적의 실인 경우에는 부가적인 환기가 필요하다.

5) 잉여분과 용매증기를 적게 발생하는 정전스프레이 도장은 일반적으로 폭발범위 18.3m/min 이하로 유지하면 된다.

바. 전기설비

1) 스프레이실, 도료저장실 및 도료공급실은 1종 위험장소로서 전기설비는 내압방폭구조 이상으로 설치한다.

2) 스프레이실로 부터 사방 6m 이내 및 상부 3m 이내는 2종 위험장소로서 가연성가스 또는 증기가 체류하고 있으므로 설치된 전기설비는 안전증방폭구조 이상으로 한다.

3) 고전압의 그릿(grid), 전극, 정전분무기와 이들의 접속기를 제외한 변압기, 고전압 공급장치, 제어장치 및 기타 모든 전기장치 설비는 작업실 밖에 설치한다.

4) 콘베이어나 고리(hanger)는 피도장물과 대지 사이에 $1M\Omega$ 이하의 저항이 되도록 피도장물이 접지되어야 하고, 항상 피도장물과 전극 또는 정전분무기 사이에는 안전거리를 유지한다.

5) 고전압하에 있는 것을 제외하고 스프레이 지역에 있는 도료용기, 세척통, 안내판 및 기타 전기도체 등은 적절한 접지를 한다.

6) 수동정전 분무기인 경우 손잡이는 금속성 도체에 의해서 대지에 접지하고, 정상 작업위치의 작업자가 접지된 손잡이와 확실한 전기적 접촉상태가 유지되어

작업자의 몸에 정전하(static charge)의 형성을 막아줄 수 있도록 한다.

사. 건조설비

1) 건조설비는 내화구조로 하고 도장 장소로부터 격리시킨다.

2) 건조설비는 가능한 견고한 구조로 한다.

3) 내부의 폭발성 혼합가스를 배제할 수 있는 충분한 환기시설을 한다. 가스검지경보설비와 환기설비를 연결시킨다. 또한 위험상태일 때에는 피도장물이 들어 가지 못하도록 연동장치로 한다.

4) 열원과 건조물 사이는 안전거리를 유지하고 직접적인 불꽃은 피하도록 한다.

5) 가스나 액체를 열원으로 하는 경우에는 연소안전장치를 설치한다.

6) 건조설비의 운전은 이상고온을 방지하기 위해 열원과 내부의 온도조절을 자동으로 수행하게 한다.

아. 유지 관리

1) 스프레이실내의 가연성 증기가 배출되도록 작업 시간간, 그리고 작업종료후 최소 5분 이상 급·배기팬을 가동시켜 환기한다.

2) 건조로는 강제배기가 되도록 하고, 건조로 내의 모든 부분에서 공기순환이 일어나도록 가동 전후에 환기한다.

3) 콘베이어, 고리 등은 피도장물과 전기적인 접촉이 유지되도록 정기적인 청소를 실시한다.

4) 스프링클러설비 등 소화설비는 항상 정상 작동이 될 수 있도록 정기적인 점검 및 정비를 실시한다.

5) 도장작업복의 세탁은 전용세탁 및 건조실에서 하도록 하고, 도장작업복은 금속제 옷장에 보관토록 관리한다.

3. 화재사례 분석

FM에서 최근 5년동안 가연성 도료의 스프레이 작업중에 발생한 174건의 화재중 \$100,000 이상의 피해액을 낸 화재는 모두 22건이었다.

가. 피해요인

\$100,000 이상의 22건에 대하여 피해요인을 조사하

면 <표1>과 같다. 요인이 1개인 경우는 별로 없고, 대부분 2~3가지이며, 많은 경우 5가지가 있다. 가장 일반적인 요인은 스프링클러설비의 미비로 11건이나 된다.

<표1> \$ 100,000 이상의 22건에 대한 피해요인

요 인	요인수(총22건)
① 스프링클러설비의 미비(스프링클러 없음 : 6 불완전한 설비 : 5, 작동 지연 : 2)	13
② 불충분한 차단	8
③ 정돈 부족	8
④ 니트로셀로우스 상의 락카 잉여분 (화재 전파속도가 빠름)	8
⑤ 가연성 액체의 부적절한 저장	3
⑥ 수원의 부족	3
⑦ 소방서에 통보 지연	2
⑧ 건식 스프링클러 설비	1

이 건수 중 6건은 스프링클러설비가 설치되지 않은 것이며, 5건은 실과 스프레이지역(area)에 자동 스프레이가 설치되어 있으나 환기다트 등이 비효율적이었으며, 2건은 스프링클러 작동이 지연되어 효율이 저하되었다.

다음으로 스프레이실과 다른 부분간의 불충분한 차단으로 공정중에 피도장물의 피해가 우려되며, 스프레이실 외부의 장치에 피해를 준다.

만약, 스프링클러설비가 부족하면 화재는 소방서가 도착하기 전에 다른 Plant에 확산 될 수 있다. 또한 스프레이도장작업중 일부가 스프링클러헤드의 감열부에 쌓이게 되어, 이것이 축적되면 결과적으로 스프링클러헤드의 온도감지기능을 저하시킨다. 스프레이실의 바닥, 반자 또는 환기설비의 외부에 쌓인 잉여분은 인접 스프레이실에 화재를 확산시킬 우려가 있다.

니트로셀로우스상의 락카 잉여분은 스프레이 작업시 가장 위험성이 큰 것으로 이로 인한 화재중 6건은 화재초기에 소화기를 사용하여 진압을 시도하였으나 실패하는 수가 많았다. 실 외부의 잉여분으로 인화되면서 순식간에 넓은 지역으로 확산되어 연소되었으며 또한 연기는 빠른 속도로 스프레이 지역으로 확산되었다.

자동 스프레이는 작업장과 실 구조물 및 닥트 장치를 보호할 수 있다. 실 사이에 잉여분이 연속되어 축적되어 있다면 한 실에서 다른 실로의 화재 확산은 막을

수 없다. 수막실은 스프레이 지역의 잉여분 감소에 가장 효과적이다. 스프레이 지역의 가연성 액체의 저장된 양이 초과되거나 개방된 저장용기인 경우가 주 화재요인이 된다.

나. 피해원인

정전스프레이 도장과 비정전스프레이 도장에서의 피해원인은 <표2>, <표3>과 같다. 자연발화와 스파크가 일어나는 장치(절단 또는 용접토치, 그라인드 등)는 비정전 도장에서 가장 자주 일어나는 피해원인이다.

<표2> 비정전 도장의 피해원

원 인	비 율
잉여분의 자연 발화	28%
Spark 발생 작업 (절단, 용접토치, 그라인드)	26%
전기 장치 (스프레이 지역의 비분류된 전기장치)	25%
마찰(닥트상의 잉여분과 배기팬, 부적절한 윤활 베어링)	15%
연 기	6%

스프레이 지역내 도장시설에 대한 미접지 부적절한 접지장치로 인한 아크, 청소하기전에 접지와 무부하 상태가 되지 않은 도장설비는 정전도장에서 가장 자주 일어날 수 있는 피해 원인이다. Ⓜ

<표3> 정전 도장의 피해원인

원 인	비 율
접지되지 않음. 부적절한 피도장물 접지 (용제용기 미접지: 22) (피도장물이 분무기와 너무 가까와 도장작업 중에 피도장물이 날아가는 것: 20) 청소하기전에 접지와 무부하 상태가 되지 않은 도장설비: 13) (도장중에 피도장물의 적절치 못한 접지 8)	63%
잉여분의 자연 발화	15%
전기설비 (도장지역 부근의 부적절한 전기설비)	11%
마찰 (닥트상의 잉여분과 배기팬, 부적절한 윤활베어링)	4%
연 기	4%
유지관리	3%