

도장작업 관련 유해인자

도장 작업(페인트 및 코팅)에 대해

많은 산업 및 기업에서 널리 사용되는 페인트 및 코팅은 여러가지 작업에서 위험할 수 있습니다. 대부분의 경우 적절한 개인안전보호구를 선택하여 위험에 대한 노출을 줄이는 방식을 택합니다.

호흡기 및 피부 접촉 위험은 많은 분야에서 쉽게 일어나는데요. 특히 페인트와 코팅은 유형과 사용 조건에 따라 위험 요소가 달라집니다. 대표적인 위험 요소로는 화재 및 폭발 위험, 감전, 추락 위험, 과도한 소음이 있으며, 도장 작업에서 일어나는 위험요소와 그에 알맞는 개인안전보호구를 선택하기 위해서는 해당 분야에 대해 잘 알고 자격을 갖춘 보건 및 안전 전문가의 위험 평가가 필요합니다.

페인트 유형

산업용 페인트 및 코팅은 물리적 성상에 따라 두 가지 유형으로 분류할 수 있습니다. 수성/유성 페인트 및 코팅제 같은 액체 형태와, 분체 도장 등에 사용하는 고체 형태입니다. 두 유해인자는 상이하게 대응해야 합니다.

수성 및 유성페인트는 포함된 유기 용제(휘발성 유기 화합물/VOC)의 양과 유형에 따라 구별됩니다. 에멀전 페인트라고도 불리는 수성 페인트는 일반적으로 휘발성 유기화합물이 적습니다. 이름에서 알 수 있듯이 용제기반 또는 알키드 페인트라고도 불리는 유성페인트는 더 높은 수준의 유기용제를 포함합니다. 일반적인 유기용제에는 자일렌, 톨루엔 및 에틸아세테이트가 있습니다. 유성 페인트와 비교하여 수성 페인트의 휘발성 유기 화합물(VOC) 양이 적기 때문에 호흡기 및 피부 접촉 위험으로 인한 노출 위험이 줄어듭니다.

산업용 분체 도장은 일반적으로 수지, 경화제, 안료 및 첨가제를 혼합하여 생산됩니다. 최종 혼합물은 미세 입자 또는 분말로 분쇄됩니다. 이러한 분말은 분체 도장을 작업물에 효율적으로 전달하기 위해 입자의 정전하를 포함하는 가압 스프레이를 통해 적용됩니다. 경화 오븐을 통해 도장된 작업물을 운반하면 공정은 끝납니다. 분체 도장 공정은 휘발성 유기 화합물(VOC)에 노출이 아주 적거나 없는 편입니다.

호흡기 손상 위험

페인트 유형 및 사용 방법에 따라 호흡기 위험이 달라집니다. 우선 수성 및 유성 페인트에는 페인트 사용 방법에 상관없이 휘발성 유기 화합물(VOC)에 대해 약한 노출이 발생합니다. 페인트를 브러싱하거나 롤링하는 작업만 한다면 휘발성 유기 화합물(VOC)에 대한 노출만 발생합니다. 다만 가압식 산업용 분무기 또는 간단한 에어로졸 용기와 같은 스프레이로 페인트를 도포하는 작업을 할 때는 에어로졸(입자)이 생성되어 노출이 많이 일어납니다. 이때 휘발성 유기 화합물 VOC와 에어로졸을 모두를 포집할 수 있는 정화통과 필터가 필요할 수 있습니다. 이럴 때 노출을 줄이기 위해 전통식 호흡기도 추천드립니다. 앞서 설명한 것처럼 분체 도장 페인트는 에어로졸 노출만 발생하는 경우가 많습니다.

유성 페인트의 경우 구성 성분으로 인해 호흡기 위험의 심각성이 큼니다. 유성 페인트를 사용하는 동안 환원제(유기 용제) 및 광유 또는 테레빈유와 같은 세척 용제의 사용으로 인해 노출 위험이 증가합니다. 수성 페인트를 사용할 때는 따뜻한 비눗물로 세척하면 추가 휘발성 유기 화합물(VOC)에 대한 노출을 최소화 할 수 있습니다.

이소시아네이트

이소시아네이트는 특정 솔벤트 기반 페인트에서 발견되는 화학 화합물의 일종으로 알코올 그룹을 포함하는 다른 화합물과 반응하여 폴리우레탄 폴리머를 생성합니다. 두 개의 이소시아네이트 그룹을 포함하는 화학물질을 디이소시아네이트라고 합니다. 일반적인 예로는 톨루엔 디이소시아네이트(TDI), 헥사메틸렌 디이소시아네이트(HDI) 및 메틸렌 디페닐메탄 디이소시아네이트(MDI)가 있습니다. 디이소시아네이트를 포함하는 이소시아네이트는 폴리우레탄 페인트를 포함한 모든 폴리우레탄 제품을 구성하는 원료입니다.

이소시아네이트 노출이 건강에 미치는 영향에는 피부 자극, 흉부 압박감 및 호흡 곤란이 포함될 수 있습니다. 이소시아네이트는 개인에 따라 호흡기에 심각한 악영향을 미치는 것으로 알려져 있습니다. 근로자의 5% ~ 20%가 이소시아네이트에 민감해질 수 있는 것으로 추정됩니다. 민감화는 민감한 개인이 흡입하거나 만진 물질에 대한 신체의 알러지 유사 반응을 의미합니다. 민감한 사람은 다른 사람에게 영향을 미치지 않을 수 있는 직업적 노출 한도 미만의 매우 낮은 수준에서도 이소시아네이트 노출에 반응할 수 있습니다. 폴리우레탄 페인트를 분무할 때의 주요 위험은 에어로졸 방울(미스트)을 호흡하고 이소시아네이트 및 기타 성분을 폐로 흡수하는 것입니다.

호흡기 유해인자 관리

페인트 작업을 위한 노출을 줄이는 방법으로는 다운드래프트 시스템과 같은 국소 배기 장치가 가장 기본적입니다. 이 시스템은 공기 중의 휘발성 유기 화합물(VOC)과 에어로졸을 작업자가 호흡하는 구역에서 없앨 수 있도록 설계되었습니다. 모든 국소 배기 장치는 올바르게 설계되고 올바르게 작동하도록 검사 및 유지 관리되어야 합니다.

호흡기 보호는 종종 국소 배기 장치와 함께 2차적으로 노출을 줄이기 위해나 전략으로 사용하는 방법입니다. 국소배기장치 또는 기타 관리적 대책이 실용적이지 않거나 실행 가능하지 않은 경우에는 호흡기 보호가 주요 대책 전략이 될 수 있습니다.

도장 작업 시 호흡보호구 선택

호흡보호구 선택은 페인트 유형(수성, 솔벤트 기반 또는 분체 도장), 특히 페인트 오염 물질 및 공기 중 농도에 따라 달라집니다. 페인트 작업에 사용되는 호흡기 보호구에는 대부분의 호흡보호구 유형이 포함될 수 있습니다. 대표적인 호흡보호구로는 산업용 콤프레서 또는 공기 공급원을 통해 공기를 제공하는 송기 마스크나 정화통과 필터를 통한 전동식 호흡 보호구가 있습니다.

다음은 페인트 작업에 일반적으로 사용되는 호흡보호구 유형에 대한 일반 정보입니다

- 안면부 여과식 호흡보호구로 불리는 **방진 마스크**는 주로 에어로졸(먼지 또는 미스트)용으로 설계되었습니다. 방진 마스크는 OSHA PEL과 같이 직업적 노출 한도 미만의 유해 수준의 유기 증기를 대상으로 하는 활성탄으로 제작된 면체가 있습니다. 방진 마스크는 분체 도장 및 라텍스 코팅과 같은 특정 수성 페인트를 할 때 고려할 수 있습니다.
- 방독면이라고도 불리는 **직결식 호흡보호구**는 반면체 및 전면형 모델이 있으며 가스 및 증기 정화통(예: 유기 증기) 및 특급, 1급, 2급으로 구성되어 있습니다. 시간 경과에 따라 정화통 용량이 저하 되기 때문에 사용 조건을 고려해 정화통/필터 교체 일정을 알고 있어야 합니다. 방독면은 페인트 작업에 사용되는 가장 대중적인 호흡보호구입니다.
- **전동식 호흡보호구**도 정화통을 사용하여 주변 공기에서 오염 물질을 걸러냅니다. 전동식 호흡보호구는 직결식 호흡보호구 면체와 tight-fitting 형태로 착용할 수도 있고 loose-fitting 형태로 헤드탑과 조합해서 사용할 수 있습니다. 방독면과 마찬가지로 전동식 호흡보호구 정화통의 교체 일정도 알고 있어야 합니다. 흔히 사용하는 밀착 호흡보호구와 달리, loose-fitting 의 전동식 호흡보호구를 사용하면 밀착검사가 필요하지 않기 때문에 수염을 기른 분들도 사용할 수 있습니다. 조합에 따라 전동식 호흡보호구는 할당 보호 계수(APF) 최대 1000의 높은 수준을 제공합니다. 그래서 페인트에서 광범위하게 사용됩니다.
- **송기식 호흡보호구**는 tight-fitting 되는 직결식 호흡보호구(방독면) 또는 loose-fitting 되는 헤드탑과 사용할 수 있습니다. 송기마스크에는 압력 디맨드형과 일정 유량형이 있습니다. 송기마스크에는 정화통이 따로 필요없지만 Grade D 이상의 공기질을 만족해야 합니다.(OSHA 기준) 대부분의 송기마스크는 전동식 호흡보호구과 비슷한 수준의 호흡기 보호 성능을 가지며, 유성 페인트 사용 시 많이 사용합니다.

작업장에서 NIOSH 인증 호흡기를 사용하려면 OSHA 29 CFR 1910.134에 명시된 완전한 호흡기 보호 프로그램이 수반되어야 합니다. 호흡기 보호 프로그램의 중요한 구성 요소에는 문서화된 표준 사용 절차가 있는지, 의학적 평가, 적합성 테스트(해당되는 경우), 사용자 교육, 호흡기 세척 및 유지 관리, 호흡보호구의 정화통/필터 교체 일정과 같은 사항이 있습니다.

tight-fitting 형식의 호흡보호구를 선택할 때는 착용 지침을 주의 깊게 읽고 따르며 호흡보호구를 착용할 때마다 사용자 밀착 검사를 수행하는 것이 매우 중요합니다.

피부 노출 위험

유기 용제 및 이소시아네이트를 포함한 많은 페인트의 요소는 피부접촉 위험으로 인해 개인안전보호구 또는 다른 방법으로 노출을 최소화하는 방법이 필요합니다. 수성 및 용제 기반 페인트에서 발견되는 유기 용제(VOC)는 직접적인 피부 접촉으로 인해 다양한 건강 영향을 유발하는 것으로 알려져 있습니다. 다량의 유기 용제에 노출되면 피부의 지방과 기름을 탈지시켜 건조하게 만들고 벗겨지게 하여 자극을 줍니다. 특정 유기 용제에 장기간 접촉하면 알레르기 접촉성 피부염이 발생할 수 있습니다. 어떤 유기 화합물은 피부를 통해 흡수되어 간, 신장 및 심장에 장기적인 전신 영향을 주기도 합니다. 페인팅 작업 중에서 특히 직접적인 노출이 많이 일어나는 작업은 믹싱 작업이나 청소 작업입니다. 페인트 분무 시 페인트 에어로졸(미스트 또는 파우더)로 인한 피부 노출도 위험합니다.

폴리우레탄과 같은 디이소시아네이트 기반 페인트를 뿌리거나 사용할 때 피부 보호가 더욱 중요해집니다. 이러한 제품은 피부와 눈 모두에 자극을 유발할 수 있습니다. 일부 연구에 따르면 직접적인 피부 접촉은 호흡기 감작을 유발할 수도 있습니다. 사용된 페인트 또는 코팅에 대한 일반적인 건강 영향은 안전 보건 자료(SDS)를 참조하십시오.

도장 작업 시 피부 및 눈 보호구 선택

피부와 눈에 대한 노출을 제어하는 일은 일반적으로 개인안전보호구와 안전한 작업 관행이 함께 이루어져 합니다. 개인안전보호구에는 보호복, 보안면 및 보안경 및 내화학성 장갑이 있습니다. 보호복을 선택할 때는 해당 페인트 유형에 따라 액체 튀김 및 분진에 대한 내성이 있는지 살펴봐야 합니다.

보안경은 ANSI(미국국가표준협회) 표준 Z87.1의 요구 사항을 충족해야 합니다. Z87.1-2015 요구 사항에 따라 충격 등급 안경류는 "+" 또는 "Z87+"로 표시됩니다. 보안경은 액체 튀김 방지용으로 설계된 경우 "D3"로 표시되고 분진 보호용은 D4로 표시됩니다. 렌즈 주변에 스펀지 처럼 폼이 있어 내부로부터 보호가 되는 고글 형태의 보안경은 분체 도장작업과 같이 먼지가 많은 환경에 적합합니다. 보안면은 보조적인 보호구로 반드시 보안경과 고글과 함께 사용해야 합니다.

페인트로부터 피부를 보호하기 위해 니트릴 또는 네오프렌 소재의 장갑을 선택해야 합니다. 구체적인 장갑 소재는 사용하는 페인트 및 환경 조건에 따라 달라질 수 있습니다.

피부와 눈의 노출을 최소화하기 위해서는 작업 방식을 바꾸는 것도 중요합니다. 일단 유성 페인트를 수성 페인트로 대체하면 일반적으로 VOC(유기 용제) 함량이 낮아집니다. 안전한 믹싱이 이루어질 수 있도록 안내하고 살포 및 청소 작업이 이루어질 때 적절한 작업자 교육을 병행하는 것은 매우 중요합니다.

화재 및 폭발 위험

용제 기반 페인트는 화재 및 폭발로 이어질 수 있어 발화 위험성이 아주 높습니다. 이러한 위험은 저장하는 장소와 실사용 장소 모두에 존재합니다. 유기 용제는 액체가 발화성 혼합물을 형성하는 증기를 발산하는 최저 온도인 인화점에 따라 가연성 등급이 매겨집니다. OSHA는 가연성 액체를 화씨 약 200도 미만의 인화점을 가진 액체를 의미하는 것으로 정의합니다. 용제 기반 페인트는 일반적으로 수성 페인트에 비해 인화점이 낮기 때문에 화재 위험이 더 높습니다.

미세한 유기 입자로 구성된 분체 도장은 올바른 사용 조건에서 폭발을 일으킬 수 있습니다. 유성 페인트와 분체 도료 모두 공기 중 오염 물질(용제 증기 또는 분진)의 농도가 폭발 하한선(LEL)과 폭발 상한선(UEL) 사이에 있을 때 폭발이 발생할 수 있으며, 점화가 일어날 수 있습니다. 발화원에는 뜨거운 표면이나 화염, 전기 방전 또는 스파크 및 정전기 방전 등이 포함됩니다.

유성 페인트 및 분체 도료 사용 작업에서 화재 및 폭발을 방지하려면 잠재적인 발화원을 차단하도록 장비를 설계해야 합니다. 전동식 호흡보호구를 사용할 때는 방폭 안전 인증을 받았는지 또한 어느 정도 등급을 만족하는 꼭 살펴보아야 합니다. 장비 사양이 도장 작업에서 요구되는 방폭 기준을 충족하는지 확인하려면 전동식 호흡보호구 제조업체에 문의하여 알아볼 수 있습니다.

참조

1. OSHA, 이소시아네이트, <https://www.osha.gov/SLTC/isocyanates/index.html>
2. CEPE, 안전 분말 코팅 가이드라인, 7판 <http://powder-coater.com/safe-powder-coating-guidelines.pdf>

