

# 靜電粉體塗裝設備

## 1. 분체도장공정

정전분체도장공정은 피도장물에 유기분체를 건조 단계에서 적용시키며, 분체도료의 전착은 유도전압을 발생하여 접지상태에서 피도장물이 도장되고 있는 동안 분체에 정전하를 유도함으로써 이루어진다. 피도장물 주위의 대전된 입자들이 미립자화에 의해 균일한 분체도장이 이루어지며, 대부분의 경우에 입자들은 DC전원을 사용하여 정전기를 띠게된다. 정전기 대전량의 변화는 또한 도장 두께를 변화시킨다.

열은 연속도장시 분체층의 용해, 응해에 사용되며 입자화 및 적합한 도장에 사용된 방법에는 분무 또는 유동층설비의 이용을 포함하고 있다. 분무방법은 밀폐된 분무부스내에서 피도장물에 입자화된 분체를 운반한다.

Spray gun의 선단은 정전하를 분체에 적용시키는 부분이다. 유동층방법은 상승기류에 의해 유동층 상태를 지속되도록 하는 개방식 분체탱크를 사용한다. 정전기 노드(node)는 입자의 대전을 위한 분체층 표면 근처에 위치하게 된다. 접지된 피도장물은 도장을 수행하기 위해 유동층을 관통 또는 근처를 통과하게 된다.

두가지 방법중, 분무에 의한 분체의 적용은 좀더 일반적으로 사용된다. 대표적인 분체도장설비는 피도장물의 세척을 위한 다중 수 세척 공정, 완전건조(dry-off) 오븐, 분무부스 및 분체를 적용시키고 잉여분체를 재생하는 회수설비 및 경화용 오븐으로 구성되어 있다. 부가적으로, 행거(hanger) 컨베이어설비는 공정을 통해서 도장된 물체를 운반하는데 사용된다.

컨베이어는 접지가 유지되어야 한다. 피도장물이 컨베이어 행거에 걸려 있을 때는 또한 접지되어야 한

다. 분무부스는 하향통풍 배기설비가 정상적이다. 이러한 종류의 부스는 부스의 긴쪽을 통과하는 컨베이어의 각 끝에 개구부가 설치되어 있다.

또한 부스의 바닥은 분체회수설비를 유도하는 개구부가 설치되어 있으며, 부스를 통한 공기의 흐름은 외부로 배출하고, 바닥 개구부를 통해 하향통풍된다. 잉여분체는 회수설비를 통하여 공기흐름에 의해 이송된다.

분체분무설비나 gun은 분무부스의 측면 개구부를 따라 설치되고, 수동식 또는 자동식 분무설비가 설치될 수 있다. Spray gun은 수동식 또는 완전 자동식 설비로 설계할 수 있다.

분체도료는 공급호퍼로 부터 가요호스를 통해서 압축공기에 의해 Spray gun에 이동된다. Spray gun에는 대개 이중 가요선을 사용한 고전압, 저전류의 DC전원이 설치되어 있다. 이 전류는 Spray gun을 통과하는 분체에 정전기를 대전시켜준다. 도장설비에 사용된 전압은 30~120kv 범위로 할 수 있으며, 더욱이 전류는 수 밀리암페어 이하로 제한되어 있다.

Tribe-charging이라 불리는 또 다른 방법은 때때로 정전기 전위를 발생시키는데 사용되어 진다. 이러한 종류의 설비는 전하를 발생시키는 Spray gun을 통해서 유동하는 분체로부터 마찰력을 이용하며, 이러한 방법에서는 외부전원은 필요치 않다.

과잉분무라고 불리는 피도장물에 부착되지 않은 분체는 분체회수설비의 하향통풍 환기공기에 함께 이송된다. 회수설비내부는 최소폭발농도(MEC)이상의 분진을 발생시키는 가장 위험한 장소이다.

초기 분체도장설비는 일상적으로 재래식 회수설비로서 언급된 회수공정을 이용하고 있다. 이러한 종류의 회수설비에서 내부 분진의 폭발 잠재성은 개방식

카트리지설비로 일컬어지는 좀더 최근에 설계된 설비보다 매우 높은 것으로 간주되어 졌으며, 개방식 카트리지 회수설비가 갖는 또 다른 이점은 높은 효율, 작은 공간의 사용과 조작이 용이하다는 것이다.

재래식 분체회수설비는 사이클론설비, 집진설비 및 여과기로 구성되도록 설계를 하고 있다. 이러한 종류의 설비는 대개 가연성 분체에 폭발성 회오리를 발생시킬 수 있는 잠재성이 존재하는 장소에서 공정용 덕트의 상호 접속에 필요한 긴 길이를 필요로 한다.

더욱이, 오늘날 설치된 대부분의 분체도로 회수설비는 분체도로 분무부스의 전체 구성요소의 일부이며, 개방식 카트리지 여과기와 집진장치를 사용한다. 이러한 종류의 설비는 대규모의 공정용 덕트의 필요성을 없애주고 분체 분무부스에 직접 연결한 1차 카트리지 여과기를 사용한다.

대부분의 잉여분체는 이러한 높은 효율의 여과기 내부에 집진되며, 자동적으로 분체 이송설비에 회수되고, 이것은 다음의 분체 분무시 처음 사용하는 분체와 혼합하는데 사용된다. 분체는 1차 카트리지 여과기에 의해 집진되지 않은 것은 2차 여과기 유닛(Final Filter Unit)로 간다.

개방식 카트리지설비는 한 방향의 공기흐름을 발생함으로써 분진의 위험성을 최소화한다. 이러한 종류의 공기흐름은 이들 설비를 연결하는 공간을 방호구획시키고 여과기설비 내부에서 소용돌이 효과를 제거함으로써 분체의 잠재적 폭발능도를 경감시킨다.

새로운 분체 분무 및 회수설비는 산업의 안전분야와 NFPA의 기준을 충족시키는 이러한 설비를 설계, 시험 및 승인한 조립식 부품(Pre-Engineered Components)으로 구입된다. 그러한 기준에 일치되게 설계 및 운전되는 분체 도장 설비내의 화재 또는 분진폭발을 일으킬 수 있는 위험은 완전한 안전장치를 갖추지 않은 설비와 비교할 때 매우 감소시킬 수 있다.

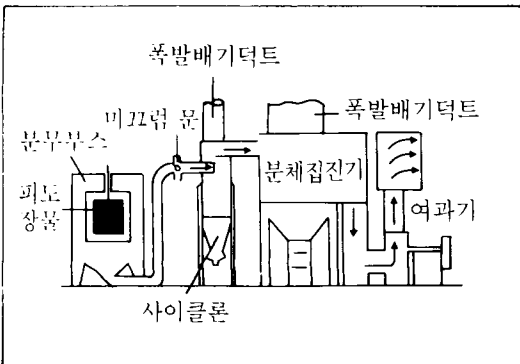
## 2. 분체도장설비와 관련된 잠재적 위험

### 2.1 공정라인장치

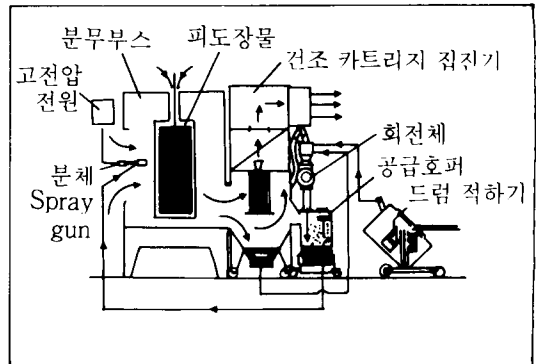
분체 도장공정을 작동시킬 때 재산손실을 발생시킬 수 있는 잠재성은 공정의 많은 분야에서 존재한다. 손실 예방 측정의 중요성은 공정과 관련된 주변의 모든 장치뿐만 아니라 분체 도장 분무부스에서 직접적으로 행해져야 한다.

대표적으로, 가열된 세척공정과 적절하게 설계되고 운전되지 않는 가스연소 버너설비를 갖춘 공정용 오븐은 손실의 원인이 될 수 있다. 이러한 가능성을 최소화하기 위해서, HPR부서는 모든 버너설비의 완전한 완전 연소 안전제어를 요구하고 있다.

부가적으로, 모든 오븐은 운전 개시시 특별히 고려할 사항 즉, 연동댐퍼의 위치, 필요한 배출설비의 설계 및 폭발 안전 배기 설계에 관한 NFPA No.86, "Standard for Ovens and Furnaces"에 일치하도록 설계되어야 한다.



[그림 1] 재래식 분체 적용/ 집진설비



[그림 2] 개방식 카트리지 분체 적용/ 회수설비

공정용 소결 오븐은 도료의 자연발화를 피하기 위하여 온도를 제한하는 동안 피도장물에 분체도료의 적합한 용융을 필요로 한다. 이러한 위험을 제어하기 위하여, 오븐은 적어도 소결될 물질의 자연 발화온도인 50°F(10°C)이하에서 운전되어야 한다.

분체 소결용 배출설비의 설계는 눈에 보이지 않는 증기를 발생시키는 분체도료 물질이 용융된 이후에 공정 증기성분의 배출이 없도록 가스버너의 입량과 일치하도록 등급되어야 한다. 이러한 자료는 단지 용융 오븐의 설계목적에 이용되어야 한다. 이것을 사용하도록 설계되지 않는 오븐에 입력되는 솔벤트-기체 도료의 유입은 최소폭발기준을 초과하는 증기-공기 혼합을 일으킬 수 있다.

부가적으로, 오븐에 유입되는 분체도장된 피도장물외의 물질은 잠재적으로 발화원이 될 수 있다. 종이 또는 플라스틱 제품과 같은 모든 연소성 물질은 자연연소를 일으킬 수 있는 자연 발화점 근처의 온도까지 상승시킬 수 있다. 많은 정전도장설비에 설치된 부속적인 가스연소설비는 금속 컨베이어라인의 행거를 청소하기 위해 사용되는 burn-off 오븐이다.

잉여분체는 개개의 설비를 통과하는 동안 집적되고, 만약 거는고리를 주기적으로 청소하지 않는다면 피도장물과 컨베이어설비에 많은 저항을 발생시키므로서 정전공정의 효율성을 감소시킨다.

정상적으로 거는고리는 1메가오옴이하의 저항을 가져야 한다. Burn-off설비는 대개 이중버너 설비를 갖춘 batch오븐이며, 그 중 하나는 2차버너 또는 재연소장치로 사용되고, 오븐 연도는 1200°F(650°C)를 초과하여 운전시 배출한다. 이러한 종류의 설비의 중요한 특징은 고체 분체의 분해 역제와 연동에서 발생하는 높은 온도를 안정화시키기 위한 물분무설비의 사용이다.

만약, 물분무설비가 작동되지 않았다면, 높은 온도는 즉시 설비를 손상시키는 원인이 될 수 있다. 추가로, 이러한 종류의 설비에서 가스연소 안전 특성과 제한온도의 제어에는 적절한 보호조치가 필요하고, 물분무설비를 위한 연동감시설비가 설치되어야 하는 하나의 중요한 특징이다.

## 2.2 분무부스 및 회수설비

도장설비의 분체도료 분무부스와 회수설비를 고려해 볼때, 1차위험은 분체흐름에서의 발화이거나 분진폭발로 발생하는 재산 및 사업중단손실을 초래할 수 있다. 게다가, NFPA No. 33에 포함된 분체 분무설비의 설계 및 안전상 특징은 발화원의 가능성을 제거 또는 최소화 및 분진폭발을 일으킬 지도 모를 제어조건에 적용되어야 한다.

분체도장설비는 이러한 것을 달성할 수 있도록 모든 감시장치와 안전감시설비에 대한 중앙제어설비를 갖추고 있다. 불안정한 조건을 지시하게 되면, 경보를 발하고 다음의 모든 원인에 의해 도장작업이 중단되어야 한다.

- (1) Spray gun에 공급되는 DC전원의 차단
- (2) Spray gun의 전원공급 중단
- (3) 회수설비의 공기유동 정지
- (4) 컨베이어라인의 중단

이러한 행위는 발화장소로부터 연료(전원)를 차단하고, 회수설비내로의 화재확산을 최소화시킨다. 분무부스지역에 연속적인 화재를 크게 감소시킬 수 있는 중요한 감시설비는 자동화재탐지설비이다.

전형적으로, 이러한 설비는 화재탐지제어기의 비정상적인 상태를 통보해주는 분무부스 내부에 설치된 하나 또는 그 이상의 스파크 및 화염감지장치로 구성되어 있다. 화재탐지장치가 가능한 발화 화염을 탐지하였을 때, 설비의 완전한 중단은 0.5초이내로 제한된다. 이러한 종류의 자동화재탐지설비는 NFPA No. 33, Chapter 7에 의해 자동화된 분무설비에 사용된 모든 도장설비에서 요구되어지고 있다. 이러한 요구사항은 발화 위험이 없는 동안 분무작업의 가능성에 기인한다.

자동화재탐지설비는 또한 수동 분무작업에 대해서도 강력히 요구되고 있다. 사이클론 집진기에서 사용하고 있는 재래식 회수설비는 또한 분진폭발의 위험성을 감소시키기 위한 추가적인 보호장치가 요구되고 있다. 건물 외부로의 폭발 안전 배출설비는 사이클론 및 집진설비에 설치되어야 하고 신속한 폭발 진압설비의 작동은 전체 회수설비에도 필요하다.

부가적으로, 자동폐쇄 차단문은 회수설비의 입구 측에 설치되어야 하고, 비상 작업 중단의 어떤 신호에 가깝도록 연동되어야 한다. 이러한 설비는 회수설비로부터 분체의 유입을 차단시킨다.

### 3. 분체도장설비의 유지관리

기계식 설비를 갖춘 것으로서, 예방적인 유지관리 수단 및 대규모의 완전한 유지관리 실무는 최대의 효율성에서 분체도장작업과 설비내에서의 재산손실 발생 잠재성을 경감시키는데 필수적이다. 제조업체는 고품질의 도장을 달성하기 위해 분무부스와 회수설비, 오븐, 세척공정 및 컨베이어라인을 포함하는 포괄적인 유지관리 프로그램의 중요성을 강조하고 있다.

도장설비 설치가 계획중일 때, 다른 플랜트와의 분리는 다른 위험으로부터 노출을 감소시키고, 깨끗한 환경을 유지하기 위해 바람직하다. 도장공정지역내에서의 불필요한 물질의 저장은 피해야 되며, 스프링클러설비가 설치된 지역의 피상 분체도료 레진은 격리저장하는 것이 바람직하다.

예방적인 유지관리 수단은 분체도장공정에 다음 사항을 포함시키는 것으로 조사되어졌다.

- (1) 분무부스와 Spray gun은 매일 청소를 할 것. 집적분진의 배출을 위해 압축공기를 사용하지 말 것. 또한, 오븐 배출설비의 검사주기는 청소의 필요성에 따라 결정되어야 한다.
- (2) 분체가 탐지부의 렌즈에 집적되지 않도록 확실하게 하기 위하여 화재탐지부는 매일 검사하여야 하고 화재탐지설비는 적절한 작동을 보증하기 위하여 매월마다 시험되어야 한다.
- (3) 전기적 고장감지설비, DC전원설비 및 Spray gun 안전설비는 자주 시험할 것. 제조업체의 요구사항은 최소 시험주기로서 지켜져야 한다.
- (4) 집진을 필요로 하는 모든 장치 및 설비에 대한 주기적인 검사
- (5) 회수설비 여과장치 및 공기 취급설비의 유지

관리는 제조업체의 요구사항에 일치되어야 한다.

- (6) 모든 가스연소 제어설비에 대한 연동 안전설비의 시험은 매년 실시
- (7) 적합한 NFPA 코드에 일치하게 화재진압설비에 대한 검사와 시험

많은 제조공정은 이중조작설비를 갖추고, 만약 하나의 설비가 중단되면 그 공정은 다른 설비가 수행할 수 있다. 대부분의 설비는 단지 하나의 도장설비 및 도장 능력 손상으로 생산중단의 원인이 될 수 있다.

### 4. 요약

모든 주변장치를 포함하고 있는 잘 설계된 분체도장설비에는 안전장치가 설치되어야 하고, 화재 또는 폭발의 잠재성을 최소화하기 위해 적합하게 유지관리되어야 한다.

다음의 체크리스트는 NFPA No. 33 "The coating industry and the Kemper National Insurance Companies HPR Department"에 의해 요구된 몇 가지 분체도장설비의 안전장치를 포함하고 있다.

설비 제조업체의 사양뿐만 아니라 다른 적합한 기준 모두를 포함하지 않은 목록은 이러한 공정의 설비를 계획중일 때 고려되어야 한다.

- (1) 오븐은 NFPA No. 86, "Standard for Ovens and Furnaces"에 일치하도록 설계되고 유지관리되어야 한다. 소결 오븐의 작업온도는 적어도 도료물질의 자연 발화점인 50°F(10°C)이하여야 한다.
- (2) 가스 연소장치는 적합한 연소 안전 제어설비가 설치되어야 한다.
- (3) 재래식 분체 회수설비는 폭발 안전 배기설비와 설비의 입구측에 자동차단문이 설치되어야 한다. 폭발진압은 또한 재래식 회수설비에 필요하다.
- (4) 정전 분체 도장설비는 NFPA No. 33, "Standard for Spray Application Using Flammable and Combustible Materials"에 따라야 한다. 자동식 분무설비는 분체분무를 사

동 중단시킬 수 있는 화재탐지설비를 설치해야 한다.

- (5) Spray gun설비는 분체 도장작업에 적합해야 한다. 승인된 설비의 사용시 적합한 전기적 안전장치를 갖춘 것인지를 확인한다.
- (6) UL의 목록에는 NFPA No. 33에 일치하도록 분무부스와 주변지역에 Class II 방폭설비를 설치하도록 되어 있다.
- (7) DC전원 설비내의 전류장애 상태에서 전체설비의 작업중단을 제한하도록 하여야 한다.
- (8) 정전기 방전을 예방하기 위하여 모든 전기적 도체에는 적합하게 접지되어야 한다.
- (9) 분무부스의 설계시 최소 공기흐름은 60feet / min(0.3m/sec)로 되어 있다.
- (10) 모든 회수설비의 여과기는 공기흐름의 장애를 지시하는 과도한 압력 강하를 감시하도록 되어야 한다.
- (11) 스프링클러설비 또는 그밖의 형태의 적합한 화재진압설비는 분체도장설비의 피난지역, 분체레진의 저장에 사용된 지역 및 분무지역 내부에 설치되어야 한다.

현재 거래되고 있는 대부분의 분체도장부스 및 회수설비는 구입자에게 유용한 매우 안전한 안전 설비를 갖추게 될 것이다. 게다가, 수년동안 사용되어진 설비는 NEPA 코드에 일치하는 모든 필요한 안전설비를 근본적으로 갖추고 있지 않다.

예를들면, 자동화재탐지설비, 재래식 회수설비를 위한 방폭설비 또는 완전한 전기적 결합 감시설비는 구형설비에서는 설치되어 있지 않다. Ⓜ

[참고자료]

NFPA 33, Standard for Spray Application Using Flammable and Combustible Materials, 1989.

NFPA Fire Protection Handbook, Seventeenth Edition, Chapter 2.

NFPA 86, Standard for Ovens and Furnaces, 1990.

NFPA 654, Standard for The Prevention of Fire and Dust Explosions in the Chemical, Dye, Pharmaceutical, and Plastic Industries, 1988.

