

자동차공업의 화재사고 분석(2)

(화재사례3) 00 자동차 도장부스 화재

1. 사건개요

- (1) 출화일시 : 2000년 6월 오전 8시 45분 경
- (2) 출화 및 피해 현황 : 자동차 도장부스 내에 승용차 연료인 LPG 누출로 위험분위기가 형성된 상태에서 폭발음과 함께 화재가 발생되어 작업자 2명이 전신화상을 입고, 1명이 사망한 사고임.

2. 사고발생 과정

- (1) 사고발생 설비 사양
 - 승용차
 - 연식 : 94년식
 - 연료 : LPG (탱크 용량 70리터)
 - 배기량 : 2,000 cc
 - 도장열처리 부스
 - 크기 : 4.8 m <가로> × 3.0 m <세로> × 6.8 m <길이>
- (2) 사고 당시 작업상황

사고 1일 전 승용차 전체 도색 작업을 위하여 입고되어 16시 ~ 19시 까지 사고 발생한 도장열처리 부스 내에서 외부 전체 도장작업과 30분 동안의 열처리 작업을 마친 뒤 도장부스 내에 승용차를 그대로 놓은 채 퇴근함 (도장작업 시 승용차 유리부분은 신문으로 테이프를 이용하여 부착한 후 도장작업을 실시하였고 부스문은 닫혀 있었음).

사고 발생일 출근 직후인 8시 45분 경 승용차의 도색상태 확인 및 차량을 부스에서 출고하기 위하여 부스 전면 작업자 출입구를 통하여 도장공과 판금공이 들어간 직후에 “핑” 하는 소리와 함께 화재가 발생되어 부스 내로 들어간 2명이 전신화상을 입음.

긴급 출동한 소방차에 의해 화재는 진압되었으나, 판금공이 화상으로 사망하고, 자동차 도장부스는 전소되어 부스 내에 있던 승용차 및 인근에 있어 승용차 3대가 전소되었음.

3. 사고발생 원인

(1) 화재 및 폭발위험장소에서 화기 사용

도장열처리 부스 내에 13시간 동안 놓여 있던 쏘나타 승용차에서 연료인 LPG가 엔진부위의 연료 공급 배관부위에서 누출되어 부스 내가 화재 및 폭발위험분위기가 형성되어 있는 가운데 라이트 등을 켜는 순간 화재 및 폭발이 발생한 것으로 추정됨.

☞ 추정근거 1 : 사고 발생 후 승용차 트렁크에 있던 LPG용기에는 잔류 가스가 없었으며, 전기설비로는 부스 내에 밀폐구조의 형광등 외에는 없었고 스위치는 부스 외부 측면에 설치되어 있었음.

☞ 추정근거 2 : 사고 당시 승용차의 출입문이 닫혀 있었고, 부스 내로 들어간 직후 사고가 발생되었으며 사고자가 평하는 소리와 함께 부스 밖으로 뛰쳐나온 것으로 보아 자동차 시동은 걸지 않은 상태였음.

(2) 작업 시작 전 환기 미실시

가연성 가스 또는 인화성 물질의 증기가 체류하기 쉬운 도장열처리 부스 내부는 화재 및 폭발 우려가 없도록 작업 시작 전 환기를 실시하여야 하나 환기를 실시하지 않음.

(3) 관리감독 미흡

화재 및 폭발 우려장소에서의 작업 시 화기 등의 점화원을 사용하지 못하도록 교육 및 관리감독을 철저히 하여야 하나 교육을 실시하지 않는 등 관리감독이 미흡하였음.

4. 사고예방 대책

(1) 화재 및 폭발위험장소에서 화기사용 금지

가연성가스 또는 인화성물질의 증기가 체류하여 화재 및 폭발 발생의 우려가 있는 장소에서의 작업 시 점화원이 될 수 있는ライター 등의 화기 사

용을 금지하여 함.

(2) 화재 및 폭발 우려 장소에서의 작업 시 환기 실시

가연성가스 또는 인화성물질의 증기가 체류하여 화재 및 폭발 발생의 우려가 있는 장소에서의 작업 시 작업 시작 전 및 작업 중 가연성 가스의 농도가 폭발하한계의 25 % 이내로 항상 유지될 수 있도록 환기를 실시하여 작업을 수행하여야 함.

(3) 작업 시작 전 가연성 가스 누출 여부 점검

LPG 사용 승용차 등의 자동차 정비 및 보수 작업 시 작업 시작 전 LPG의 누출여부를 점검한 뒤 작업을 수행하여야 함.

(4) 교육 실시 및 관리감독 철저

화재 및 폭발 우려가 있는 장소에서의 작업 시 화기 등의 점화원을 사용하지 못하도록 작업 근로자에 대하여 교육을 실시하고, 철저한 관리감독을 수행하여야 함.

(화재사례4) GM사 리보니아 공장 화재사고

1. 사건개요

(1) 발생일시

1953년 8월 12일 15시 50분경

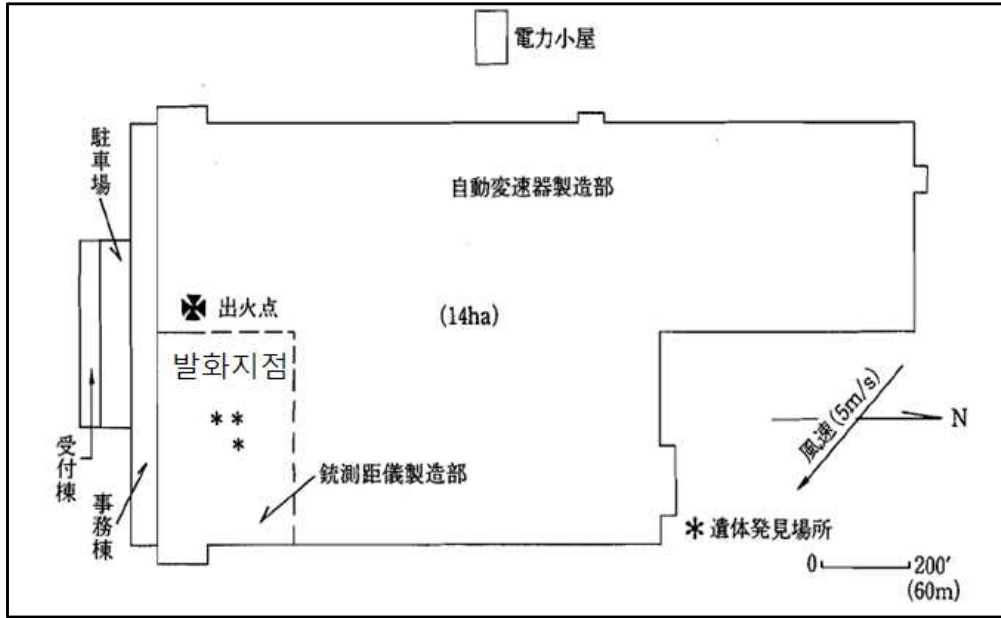
(2) 발생장소

미국 미시간 주 리보니아(디트로이트시 외곽) GM 사 자동변속기 제조공장

(3) 사고상황

공장 남쪽부분 자동변속기 제조부에서 출화

공장의 스프링클러설비 설치율은 20% 이하이며, 발화점 주위 수백피트 내에는 설치가 되지 않았고, 옥내소화전, 소화설비, 자위소방대가 있었으나 연소확대를 막지 못함



[공장 평면도와 화재발생지점]

(4) 사고원인

산소아세틸렌 절단작업중 불꽃이 컨베이어 하부에 있는 변속기 부품용 방청제로 쓰이는 고인화성 액체가 담겨진 컨베이어 덩판에 착화

(5) 피해현황

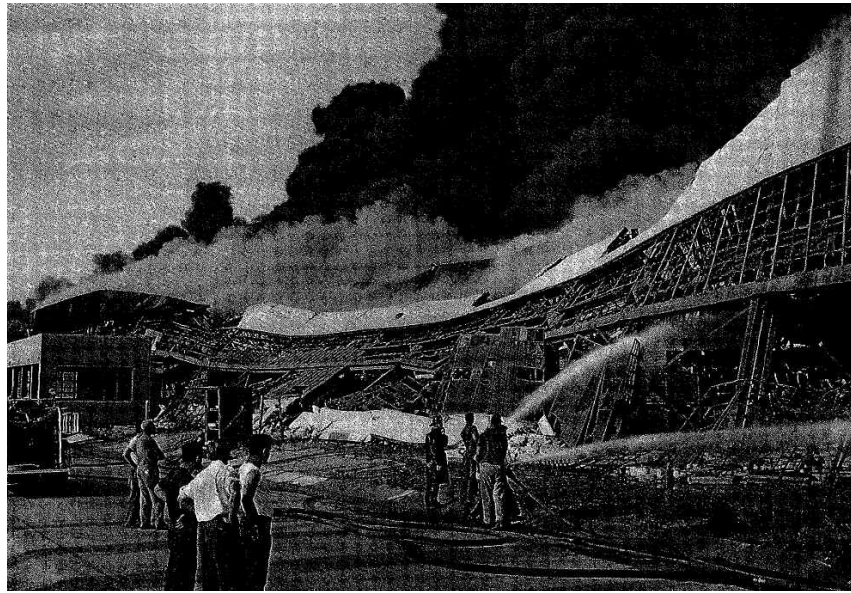
사망 3인, 부상자 15인

피해면적: 13.8ha

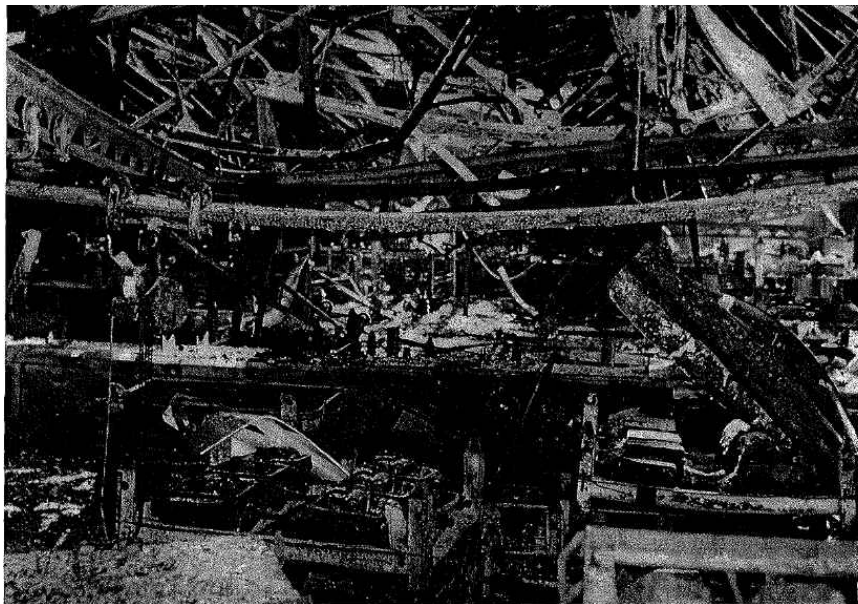
직접손해액: 5,500만 달러

2. 사고 원인 및 대책

13.8 ha의 대공간에 방화구획이 없고, 지붕에 배기구도 없어 뜨거운 연기가 급속히 확산되었다. 제조공정에 있어 방재대책이 충분치 않고, 특히 가연물 존재 구역에서의 화기관리가 소홀하였다. 또한 나철골 구조로 되어 있어 붕괴가 용이하였고, 지붕의 아스팔트가 녹아내려 공장 내 다수 구역에 떨어져 화재 확대가 더 커지게 되었다. 자위소방조직 및 그 훈련이 충분치 못하였고, 소방서 통보가 늦은 것(화재발생 후 15~20분 후 정도에 통보됨)도 화재피해를 더 크게 만들었다.



[질은 연기에 휩싸인 채 불타고 있는 공장시설]



[화재 후 소실된 공장 내부]



[지붕 붕괴 장면]



[전소된 공장건물]

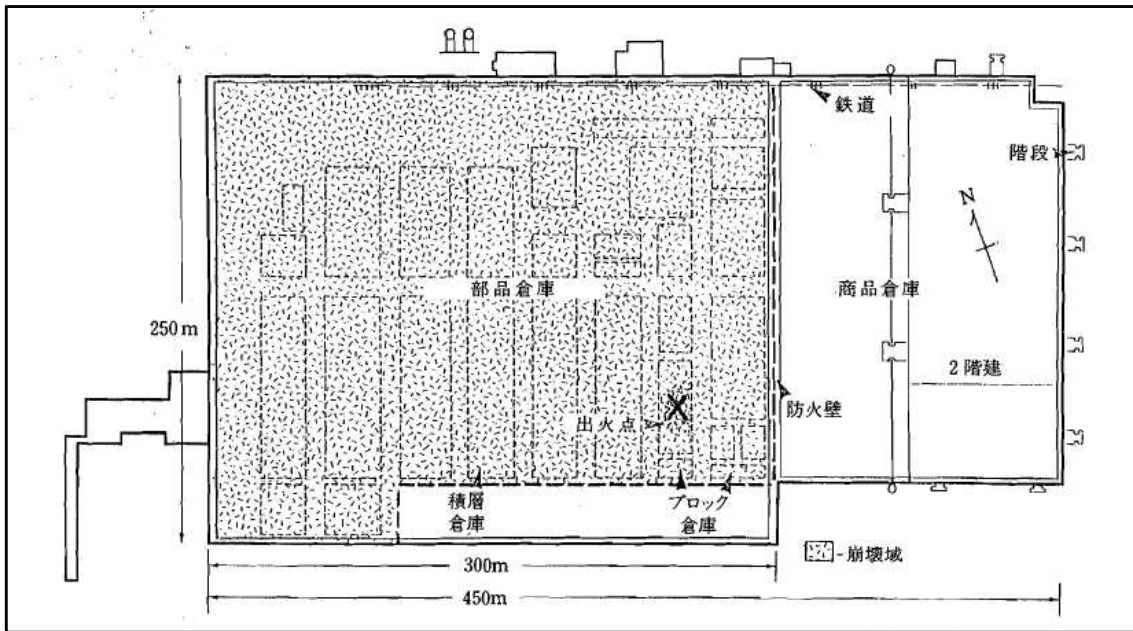
(화재사례5) 독일 켈른시 자동차부품공장 화재사고

(1) 사고일시

1972년 10월 20일 14시 30분 경

(2) 발생장소

독일 켈른시 교외 F 사 부품공장창고



[소실된 공장창고 평면과 발화지점]

(3) 사고개요

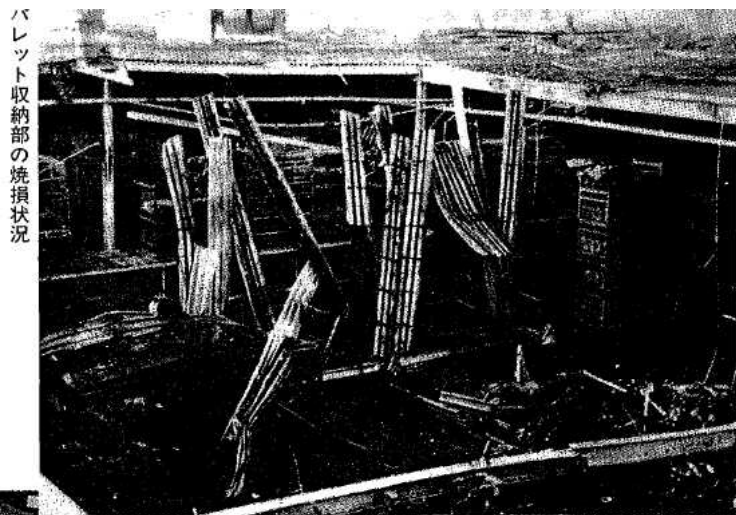
부품창고 통로부근에 쌓아놓은 부품과 엔진오일 등으로부터 출화 부품창고 전소

(4) 사고원인

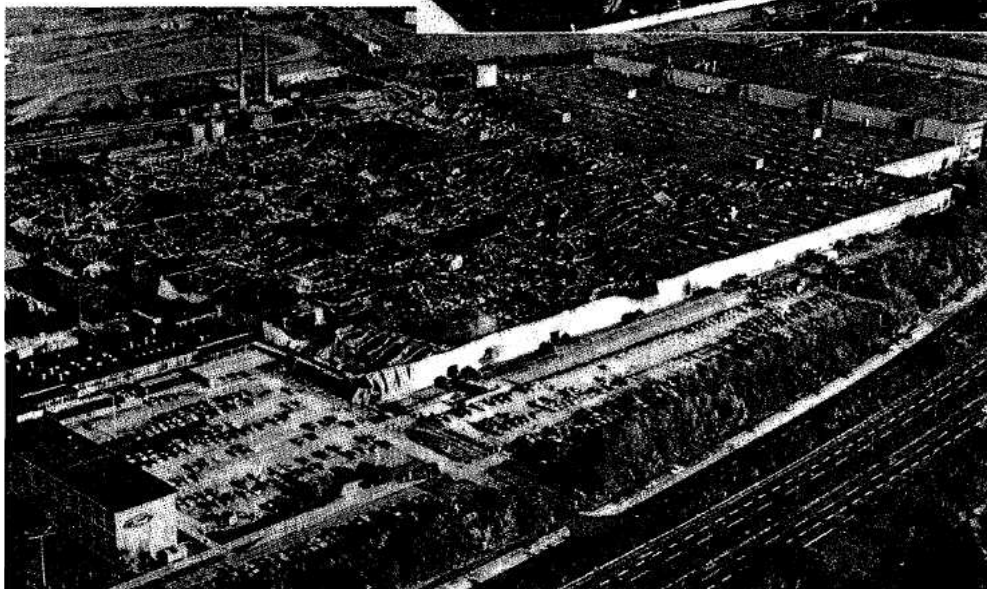
종업원의 담배를 피기위해 성냥을 사용하다 종이에 불이 옮겨붙고, 부품으로 연소확대됨(추정)

(5) 피해현황

3명 부상, 7.5ha 소실 직접피해액 약 1600억원



全焼した後のF社部品倉庫



[진화 후 공장 모습]

(6) 화재확대 상황

부품창고 남쪽 통로 측에 플라스틱과 고무 제품, 111m³의 엔진오일(인화점 227도)가 6미터 정도 높이로 쌓여 있었다. 종업원의 성냥불이 종이에 붙어 주변의 부품 등에 연소확대된 것으로 추정된다.

스프링클러 설비는 전체적으로 설치되어 있었다. 스프링클러가 작동하자 화재경보기가 작동하고, 자위소방대가 현장으로 출동하는데 12분이 걸렸다.

소방설비를 가동시키는 전력케이블은 나철골 기둥이 쓰러지면서 끊어져 화재발생후 얼마 안 지난 14시 44분에 공급이 정지되었고, 스프링클러와 환기팬도 정지 되어 버렸다. 이후 디젤펌프를 이용하였지만 열과 연기는 계속 확산되었다.

(7) 교훈

내수 부품량이 확대되면서 대공간의 창고가 필요하게 되어 이에 대한 대응 필요해지고 있고, 창고 현대화에 따른 안전대책이 수정되어야 한다.

(화재사례 6) 일본 나고야시 소재 ○○ 공장 사고

1. 공장개요

본 사업소에는 138,511㎡의 대지 내에 종합공장, 프레스공장, 부품창고 등이 배치되어 있으며 사고가 발생한 종합공장은 철골 슬레이트조 건물(일부 ALC : 경량콘크리트)로서 총 연면적 62,824㎡이고 건축면적은 52,392㎡의 규모이다.

종합공장은 차체조립부문, 도장부문으로 구성되고, 종합공장 전체가 위험물 일반취급소로 되어 있다. 도장부문은 내화의 벽(ALC판)으로 방화구획되어 있고, 이 가운데 중도(中途)부스에서 물을 취급하고 있으나 이 화재는 상도부스에서 출화한 것이다.

2. 화재개요

(1) 출화일시 : 1989. 11.11. 13 : 10

(2) 출화장소 : 일본. 나고야시 A차량사업소 종합공장

(3) 피해상황

종합공장 내의 상도부스(약 225㎡) 중 180㎡ 전소, 부스 내의 차량 8대 및 주변기기 소손

(4) 출화상황 및 원인

상도 도장용 자동정전도장기 우측(라인 진행방향)사이드 머신(Side machine)에서 출화. 자동정전도장기 하부의 격자형 깔판(Grating)을 작업형편상 이동시킨 상태에서 접지가 불량하게 되어 정전기가 축적됨. 이때 부근의 접지 물체와의 사이에서 발생한 정전기 스파크가 도료 등의 가연성 증기에 인화한 것으로 추정

(5) 손해액: 약 2억 2천만円

3. 출화 위험물의 취급 허가량

| | | |
|-----------|---------|---------|
| ○ 제4류 위험물 | 제 1 석유류 | 808 l |
| | 제 2 석유류 | 6,688 l |
| | 제 3 석유류 | 3,755 l |
| | 제 4 석유류 | 422 l |

* 합계 : 지정수량의 24.07배

4. 소방설비 현황

- 종합공장 : 소화기, 옥내소화전설비, 이산화탄소소화설비, 분말소화설비, 옥외소화전설비, 동력소방펌프, 자동화재탐지설비, 유도등, 소화용수
- 종합공장 내 출화장소의 소방설비 (일반취급소)
 - 이산화탄소 소화설비 (고정식)
 - * 출화 부스 내 : 분사헤드 12개, CO2 봄베 40병
 - 이동식 분말소화설비 34기
 - 소화기 237개

5. 소화활동 개요

(1) 출화 및 소화활동 시간

| | |
|---------|-----------------|
| 13 : 10 | 출화 |
| 13 : 21 | 공장 경비계에서 119 통보 |
| 13 : 26 | 소방대 도착 (선발대) |
| 14 : 16 | 연소저지 |
| 15 : 38 | 진 화 |

(2) 소화활동 인원 및 장비

- 인원 : 소방관 57명, 자위소방대원 84명 (계 141명)
- 장비 : 소방차 13대, 소방정 1대
- 소방시설의 사용 : 소화기 5개, 옥내소화전 1개, 옥외소화전 3개

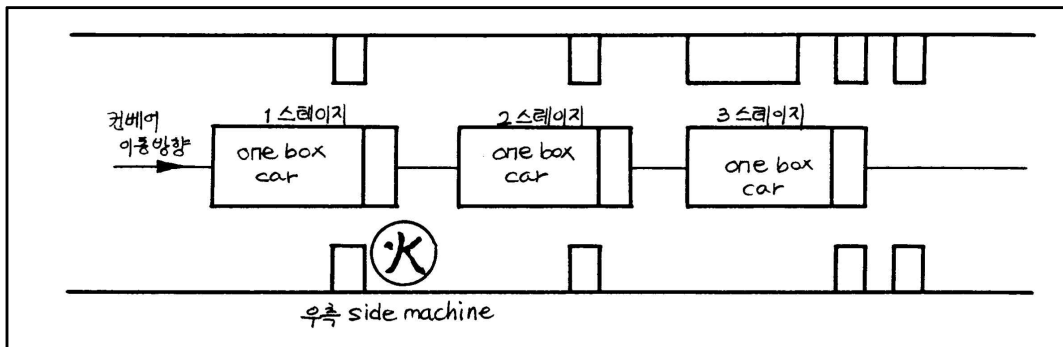
6. 작업개요 및 출화시의 상황

(1) 작업개요

출화장소가 된 상도 도장라인은 Body (one box car 및 pick up truck)를

중도 도장한 후, 자동도장을 할 수 없는 부분에 분무도장을 하고 자동 정전도장기에서 Top 및 Side를 3회 재 도장한다. 자동 정전도장기는 3조 (Top 및 Side에 1조)로서, 최고 2분간에 1대의 Body를 도장하는 능력이 있다. (출화 시에는 2.7분에 1대로 작업 중이었다)

출화는 오후작업의 개시 직후로, 9명의 작업원 (리더 1명 포함)이 작업 중이었고 출화한 자동 정전도장기는 3대의 차량을 금속성 도료로 도장중이었다.

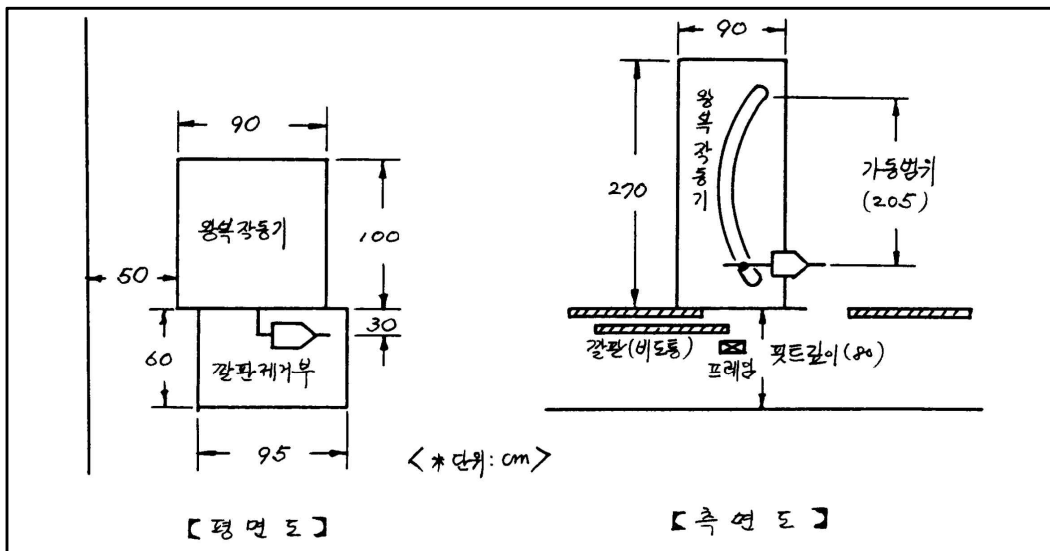


[도장 작업장 상황]

(2) 출화당시의 자동정전도장기의 상황 등

○ 도료의 종류와 피도장물

- 도료의 종류 : 금속성 도료 (H사 제품, 도료번호 #515)
- 피도장물 : one box car

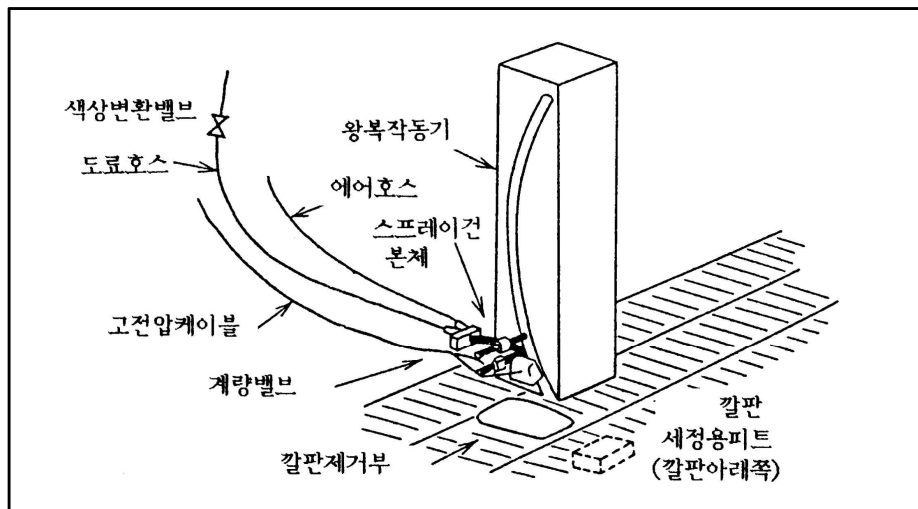


【 자동정전도장기 부근 상황 】

○ 자동정전도장기의 구성 등

자동 정전도장기는 란스버스 캄사 제품인 Air 무화방식의 자동정전도장기로서 Spray gun에서 Air에 의해 도료를 무상으로 방사하고, 針上電極에 의해 도료에 마이너스 60,000V의 정전기를 대전시켜 도장하는 것이다. 자동정전도장기는 왕복작동기, 고전압 케이블, Air hose, Spray gun 및 메터링 밸브(도료 밸브) 등으로 구성되어 있다.

구성회로에 일정치(약 230 μ A) 이상의 전류가 흐르면 전원을 자동적으로 차단하고 경보음을 발하는 시스템(Spark guard)으로 되어 있다. 또, 스프레이건 부분은 도료분말의 비산에 의한 오염방지 및 제품의 끝마무리를 좋게 하기 위하여 고전압 케이블, Air hose, 도료호스 등을 스프레이건 본체와 함께 폴리에틸렌 시트로 피복하여 두고 당해 시트의 교체는 매번 책임자의 지시로 계원 2명이 고정 배치되어 실시하고 있다.



[갈판의 상황]

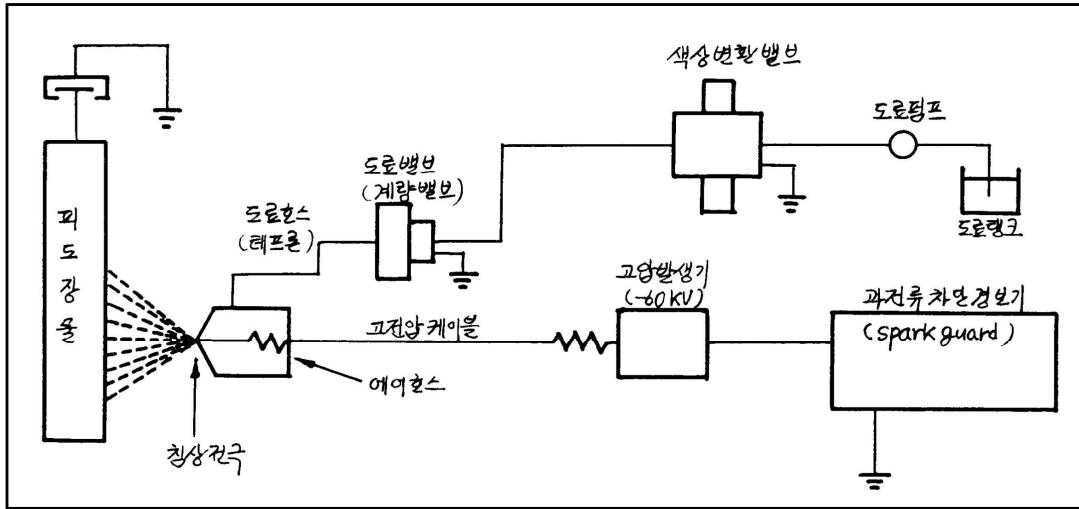
○ 갈판 (Grating)의 상황

출화한 자동정전도장기 하부의 격자형 갈판을 테스터로 조사해 보니 도통이 되어 있었으나, 작업 형편상 이동된 갈판에는 도통되지 않았다.

※ 그밖에 참고사항

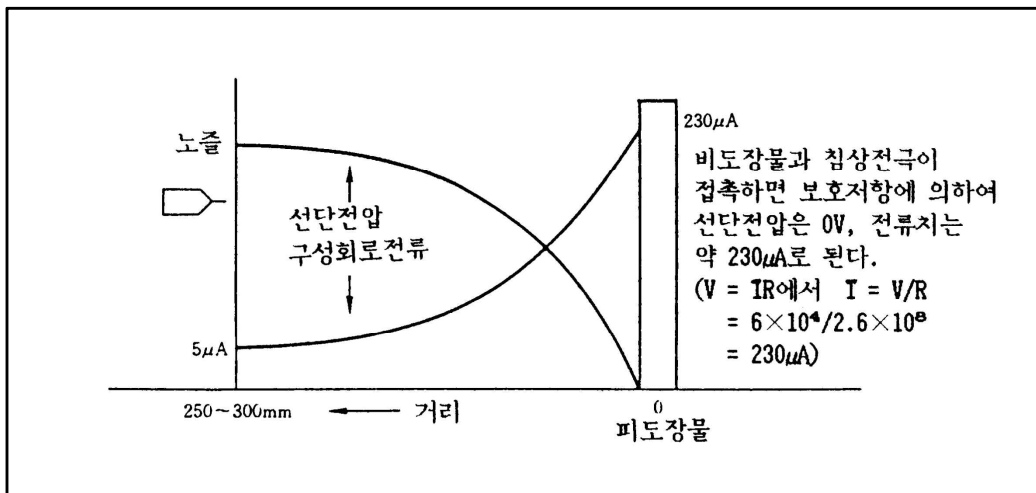
(가) 자동정전도장기의 구성

【 자동정전도장기의 구성 】



(나) 노즐선단 전위와 피도장물간의 거리관계

【 노즐선단 전위와 피도장물간의 거리관계 】



(다) Spark guard에 대하여

고압발생기의 Earth측에 설치되어 있고 고압발생기에 유입하는 총 전류량이 어떤 일정치(일정한 폭을 갖고 있다) 이상이 되면 회로를 차단하는 시스템을 말한다.

Spark guard의 감도 조정치를 40(사고 당시의 설정치)으로 세트한 경우, 회로차단 설정 전류치는 230~250μA가 된다.

(라) 도장효율에 대하여

스프레이식 Auto gun과 비교한 경우, 에어분무 부착만으로는 사용된 도료의 약 30%가 도장되지만, 마이너스 60kV를 사용한 정전기도장 방식으로는 약 60%가 도장된다. 정전도장방식에서는 피도장물에 약간의 물이 함유되어 있으면 전류가 흐르기 때문에 도장이 가능해진다.

또, 도료 측을 마이너스로 대전시키는 쪽이 정전스파크가 적어서 안전하기 때문에 대부분의 정전도장기가 이 방식으로 되어 있다.

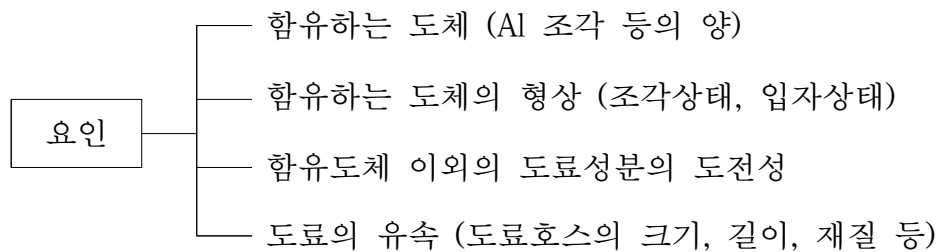
(마) Bridge현상과 금속성 도료의 전기 전도성에 대하여

○ Bridge현상

본래 도료는 전기 전도성이 낮아 전기가 흐르기 어렵다. Bridge현상은 전기 전도성이 있는 금속성 도료가 도료호스 내부 등에 있는 도전체와 결합하여 Bridge함으로써 전류가 흐르게 되는 것을 말한다.

○ Bridge현상 발생의 용이성

Bridge현상 발생의 용이성은 다음의 요인을 주로 하여 이의 조합(組合)에 따라 상대적으로 변화한다.



일반적으로는 정지(靜置) 시 도료의 저항치가 큰 만큼 발생하기 쉽고, 저항치 RK가 작은 만큼 어렵다. (도료 #515는 260MΩ.Cm, 도료 LGO는 75MΩ.Cm이므로 전자가 Bridge하기 쉽다)

○ 건조 도막의 도전성

비닐 등에 부착된 도막의 도전성은 금속성 도료라 할지라도 건조상태인 경우는 도전성은 없고, 습한 상태 (용제가 비산하기 전의 상태)에서는 어느 정도 도전성이 있다. 또, 정전기 대전량도 알루미늄 조각 단체(單體)가 대전할 뿐이므로 양적으로 적고, Spark energy 양도 적다.

(바) 왕복작동기에 대하여

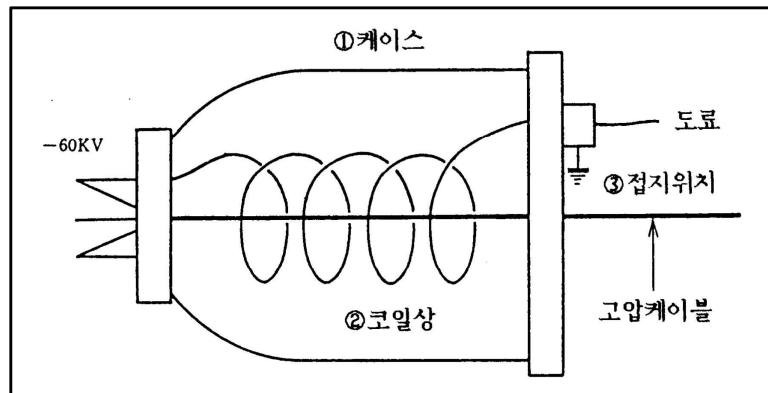
모터구동에서 Spray gun을 이동시키는 것으로 이동속도(線速)는 100m/min 정도이다. Stroke(이동) 중에 도료를 분사시키거나 정지토록 하면서 1대의 차를 약 2분간 도장한다. (컨베이어 속도 3m/min의 경우)

(사) 개량형의 Spray gun에 대하여

지금까지의 사고를 교훈으로 하여 개량형 Spray Gun이 개발되었으며, 그 주된 개량사항은 다음과 같다

- 도료호스를 수지(樹脂)케이스 내에 넣어 접지물과의 접촉을 방지한다.
- 도료호스를 코일 상으로 하여 호스길이를 길게 함으로써 전계(電界) 내에 있어서 호스의 형상(코일상)에 따라 상호작용을 이용하여 Bridge의 형성을 방지한다.
- 접지위치를 gun 가까이 접근시킨다.

【 개량형 스프레이건 】



(아) 출화시 작업원의 행동

- 출화한 자동정전도장기의 부근(라인의 상류 약 5m)에 있던 작업원 A (제1발견자)가 작업 중 “뽕” 하는 이상음을 듣고 확인한 결과, 우측 Side machine의 Spray gun 부근에서 출화하여 불이 붙은 채 가동되고 있었다.
즉시 “화재다!” 라고 외친 뒤 연락하기 위하여 뛰어 갔다.
- A의 근처에 있던 작업원 B(제 2 발견자)도 A와 거의 동시에 화재를 발견하고 작업원 C에게 컨베이어의 긴급정지를 지시했다. 컨베이어를 정지시킨 뒤 자동소화장치(CO₂소화설비)의 기동버튼을 눌렀다. (다른 작

업원이 누름)

- 다른 종업원도 피난하면서 전 라인 및 공장 전체에 화재 발생을 일제히 방송하였다. 또, 소화기로 초기소화를 시도하였으나 강한 화세와 짙은 연기 때문에 화점에 접근할 수 없었다.
- 그 후 CO₂소화설비의 작동에 의문을 갖은 종업원이 저장용기실까지 가서 부스 내에 사람이 없음을 확인한 뒤 수동조작으로 CO₂를 방출시켜 부스 내의 화세를 거의 진압하였다. (출화 후 약 15분 경과)
- 곧 공설소방차가 도착하였다. 이 시점에서 부스 내부는 거의 소화되었으나 일부 꺼지지 않은 불과 덕트 내부가 아직 연소하고 있었기 때문에 방수를 계속하였다. (출화 후 약 28분 경과 시 거의 진화)

(자) 재발 방지대책

- 자동정전도장기 부근에 접하지 않은 물체는 배제하고, 확실한 접지 및 본딩 실시
- 자동정전도장기 부근의 정기적인 청소 실시
- 계량형 노즐의 사용

※ 흑백 인쇄로 인하여 잘 보이지 않는 도표는 협회 홈페이지(kfpa.or.kr)에 로그인 후 지식창고 - 발간자료 - 위험관리정보에서 PDF로 확인 가능합니다.