

페인트工場の 火災要因分析

金 大 坤

〈本協會 釜山支部・技士〉

目 次

- I. 도료(페인트)
- II. 제조공정
- III. 안전점검에 소홀하기 쉬운 중요 위험 요인들
- IV. 위험지역(Hazard Area)
- V. 화재사태분석
- VI. 끝맺음 말

페인트의 제조과정을 살펴보면 위험물로 시작하여 위험물로 끝난다고 할 정도로 많은 종류의 위험물이 공정중에 다양하게 취급되고 있다.

제조작업장 및 창고, 옥외 야적장 등 공장 전역에 걸쳐 위험물이 취급 또는 저장되어 있어 점화원만 있으면 어느 장소에서도 화재발생이 가능하고 더러는 자연발화도 발생이 된다.

석유화학 공장과 더불어 페인트 공장도 화재 위험이 가장 높은 업종 중의 하나이다.

최근 들어 자동차공업과 조선공업의 성장에 따라 페인트가 급격한 수요증가의 추세를 보이자 각 페인트 제조업체는 거기에 따른 대처로 품질 향상 및 시설확장 등에 부산한 움직임을 보이고 있다.

국내 굴지의 메이커인 울산 소재 K화학이 현

재의 시설보다 훨씬 훌륭한 제 2 공장을 건설 중에 있고 도산한 부산의 舊동명산업 자리에는 D 그룹과 관련된 새로운 업체가 가동을 시작하고 있으며 기존업체들도 시설개선 등을 서두르고 있는 실정이다.

여기에 방재의 일선을 뒤흠리고 있는 안전점검인으로서 보다 적극적이고 발전적인 대처를 하고자 점검실무와 참고자료를 토대로 하여 페인트 공장의 화재위험 요인을 살펴보기로 한다.

먼저 도료에 대한 예비지식을 알아보고 제조공정을 통하여 화재위험 요인을 살펴본 후 실제의 화재사태 2건을 분석하는 순서로 다루어 보겠다.

주제가 페인트이기는 하나 인쇄잉크, 접착제 등의 공정도 유사하므로 참고하기 바란다.

I. 도료(페인트)

1. 도료의 정의(定義)

도료는 일반적으로 상온에서 유동상태로 물체의 표면에 도장하면 일정한 시간이 경과한 후 건조, 경화되어 튼튼하고 탄력성이 있는 도막을 형성하여 물체를 보호하는 동시에 물체의 내구력을 증가시키고 물체를 미화하는 성능을 가지고 있으며 다음과 같은 성질을 나타낸다.

가. 물체의 보호 : 방청, 방습, 방식, 내유(耐油), 내약품성 등

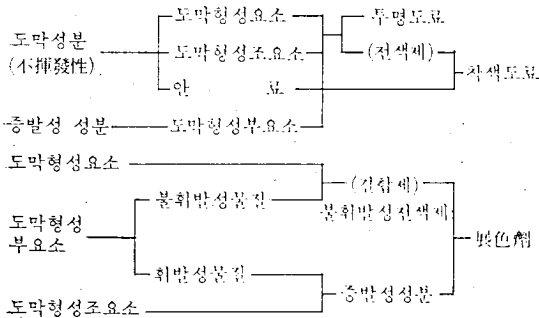
나. 외관 또는 형상의 변화 : 색, 광택의 변화 및 평활화, 입체화 등

다. 기타 : 열, 전기등의 전도성 조절, 생물의 부착방지, 살균, 음파(音波) 또는 파동(波動)의 발산(發散), 색에 의한 온도지시 등

도료(塗料)를 물체의 표면에 펼치는 것을 “칠한다”고 말하며 칠해진 도료의 얇은막이 고화(固化)하는 것을 “건조”라 하고 건조해서 된 연속피막(連續皮膜)을 “도막(塗膜)”이라 한다. 도료를 페인트라고 하는 것은 칠한다(Paint)라는 의미로서 통상 그렇게 부르고 있는 것이다.

2. 도료의 구성

도료의 구성은 다음과 같다.



가. 도막형성 요소

도막형성요소라 함은 도막의 주성분이 되는 물질을 말한다. 도막형성요소는 그 자체가 고체의 것도 있고 액상의 것도 있다. 도료가 건조되어 도막화(塗膜化)할 때 고체도막요소는 화학변화가 필요치 않으나 액체도막형성요소는 주로 화학 또는 물리화학적 변화에 의해서 고체로 된다. 투명도료의 경우에는 주성분 자체에 의해서 또 안료착색도료의 경우에는 주성분에 의해 안료가 결합된 상태로 도막이라는 고형물이 형성되는 것이다.

나. 도막형성 부요소

도막의 성능을 향상시키는 목적으로 가하는 물질을 말한다. 도막의 성능향상에 직접 관계는 없으나 도료의 성능을 유지하거나 향상시키기 위해서 가하는 물질도 부차적으로는 도막의 성능을 향상시키는 역할이 있으므로 편의상 도막형성 부요소로 취급된다. 고체도막형성요소의 물리적 성상을 개선보완하기 위한 가소제(可塑劑), 액체도막형성요소의 고화(固化)를 촉진하기 위한 건조제 및 경화제, 안료의 분산성을 개선하기 위한 분산제(分散劑) 등도 도막형성 부요소이다.

다. 안료(顏料)

도막의 색이나 불투명성을 부여하고 도막의 기계적 성질을 보강하기 위해 사용되는 불용성 분체(粉體)를 말한다.

라. 도막형성 조요소

도료를 칠할 때 유동성을 증진시켜 도장 작업성을 향상시키는 목적으로 사용되며 도료에 함유되어 있으나 건조과정에서 없어져 형성된 도막에는 존재하지 않는 물질을 도막형성 조요소라 한다. 도막형성 조요소는 증발성액체로서 도막형성 요소의 용제(溶劑) 또는 희석제(希釋劑)를 말한다.

마. 전색제(Vehicle)

도료가 액체상태로 있을 때 안료를 분산 현탁시킨 매질(媒質)의 부분을 전색제라 한다. 전색제는 액상으로서 안료를 결합하여 도막을 굳히는 성분과 이것을 용해·희석하는 성분으로 되어 있다. 전색제는 도료 중 안료 이외의 성분전부를 말한다. 전색제는 액체로서 유(油), 수지(樹脂), 건조제, 초화면, 가소제, 희석제 등을 말한다.

3. 용어해설

가. 수지(樹脂)

도료의 구성성분 중 가장 중심이 되는 성분이며 원료를 반응시켜 얻은 윤택이 있는 점성물질

을 말한다. 작업장에서 바니쉬라고 불리우기도 한다.

나. 용제(溶劑)

도막형성요소인 수지를 용해하여 안료의 분산을 용이하게 하고 도장작업에 적당한 점도를 갖도록 하는 물질을 말한다. 페인트공장에서 사용되는 것은 종류가 다양해서 수지에 따라 적합한 것을 선택하여 사용해야 하며 용해하는 성질에 따라 다음과 같이 분류한다.

(1) 溶劑(Solvent)

넓은 뜻으로 조용제, 희석제를 포함해서 용제라고 부르나 좁은 뜻으로는 단독으로 용질을 용해하는 성질이 있는 것을 용제라 한다.

(2) 助溶劑(Latent solvent)

단독으로는 용질(溶質)을 용해하지 못하나 다른 성분과 병용하면 용해력을 나타내는 것을 말한다. 예를 들면 질화면(Nitro cellulose)을 저장할 때 사용하는 알콜은 조용제이다.

(3) 希釋劑(Diluent)

용질에 대한 용해성은 없으나 용액에 가해도 어느 정도까지는 용질의 분리, 침전, 석출 등이 일어나지 않는 것을 말한다. 예를 들면 톨루엔, 크실렌은 초화면에 대하여 희석제이다.

다. 모노머(Monomer)

중합체(polymer)의 일종인 수지의 제조원료로 원유(petroleum)를 분해하여 얻는다. 대부분 인화성이 강한 특성이 있다. 페인트공장에서 가장 많이 사용되는 모노머는 스티렌(Styrene)으로 분자식은 다음과 같다.



즉, 벤젠에 비닐기(vinyl基)인 $-\text{CH}=\text{CH}_2$ 가 결합되어 있는 것으로 이것이 반응을 통하여 수백 내지 수만개가 연속적으로 결합하여 고분자 물질인 수지를 만든다.

라. 체질(體質)

페인트제조시 화학적인 변화를 주지 않고 도막성분의 함량을 높이기 위하여 안료와 함께 사

용되는 물질을 말하며 산화아연(ZnO), 탈크(돌가루) 등이 있다.

마. 분 산

안료는 용제나 물에 녹지 않는 콜로이드 성분으로 되어 있기 때문에 롤러(Roller) 등을 통하여 수지속에 골고루 퍼지도록 조치해야 된다. 이처럼 녹지 않는 물질을 용해속에 골고루 퍼트리 놓은 상태를 분산이라고 한다.

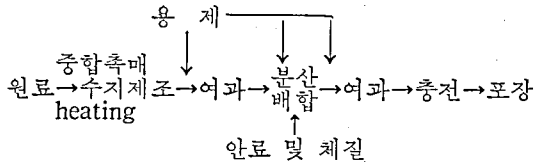
4. 페인트 공장에서 취급되는 위험물의 종류 및 그 특성

<표-1>은 용제류 및 원료 중에 취급되는 위험물의 특성치를 나타낸 것이다. 유기과산화물 및 질화면에 대하여는 III장에서 상세히 서술하겠다.

II. 제조공정

도료는 제품의 종류에 따라 수지제조공정에서 약간의 차이가 있으나 수지제조 이후의 공정은 거의 동일하다.

도료제조공정을 간추려보면 대략 다음과 같다.



즉, 원료를 반응기(reactor)에 넣어 가열하면 수지가 제조되고 제조된 수지에 용제를 넣어 희석한 후 여과를 거치고 여기에 다시 약간의 용제와 안료 등을 넣어 분산시킨다. 안료가 충분히 분산되면 일정비율의 용제를 배합하여 여과를 거치고 제품용기에 충전 포장하게 된다.

여기서는 수지제조공정과 페인트제조공정의 2 단계로 구분하여 위험요인을 살펴 보기로 한다.

1. 수지제조공정

수지는 페인트의 본질(本質)이다. 페인트의

〈표-1〉

위험물의 특성치

○표는 도료공장, ×표는 수지 공장에 주로 사용

종 류	특 성 치 인화점 (°C)	폭 발 한 계		착화점 (°C)	비 고
		하 한	상 한		
iso-butanol	28	1.7	10.9	440	○ ×
n-butanol	29	1.4	11.2	340	○ ×
butyl acetate	22	1.7	7.6	421	○ ×
butyl cellosolve	61	1.1	12.7	244	○ ×
ethanol	13	4.3	19.0	265	○
cellosolve	41	2.6	15.7	235	○ ×
cellosolve acetate	49	1.7	—	380	○ ×
formaldehyde	85	7.0	73.0	—	×
furfuraldehyde	60	2.1	—	393	
maleicanhydride	83	—	—	—	×
methyl cellosolve	46	2.5	14.0	288	
methanol	10	7.3	36.5	455	○ ×
MEK	-1	1.8	10.0	505	○ ×
methyl methacrylate	10	2.1	12.5	—	×
phenol	79	1.5	—	—	×
phthalic anhydride	150~165	(at 140°C) 1.7	(at 193°C) 10.5	—	×
iso-propanol	12	2.0	12.0	460	○ ×
iso-propylacetate	4	1.8	7.8	—	
styrene	31	1.1	6.1	490	○ ×
toluene	4	1.27	7.0	535	○ ×
xylene	24	1.0	6.6	464	○ ×
amyl acetate	23	1.1	7.0	379	
ethyl acetate	-4	2.2	11.4	460	○ ×
n-amylalcohol	33	1.2	10.0	300	
benzene	-11	1.4	7.1	560	
cyclo hexane	-17	1.3	8.0	259	
acetone	-18	2.6	12.8	538	○
methyl n-propyl ketone	7	1.5	8.2	505	
di-ethyl ether	-40	1.9	48.0	170	

종류가 다양한 만큼 수지도 그 종류가 다양하다. 수지제조 원료중에는 위험물이 많이 있으나 위험물이 아닌 원료도 상당히 많다. 반응개시제 또는 중합촉매로 위험물을 사용하는 수지도 있고 사용하지 않는 수지도 있다. 원료 중에 위험물이 있든 없든 제조된 수지를 반응기로부터 이송할 때는 위험물인 용제를 사용하지 않는 경우가 거의 없으므로 수지제조 공장은 전부가 위험물취급소가 된다. 단, 수성페인트는 용제로서 물을 사용하기 때문에 예외이다.

수지제조공정은 수지의 종류에 따라 약간의

차이가 있으나 흐름은 대체로 동일한 일면을 가지고 있다. 참고로 화재사례 I에서 구체적인 아크릴수지 제조공정을 그림과 함께 서술하기로 하고 여기서는 수지제조공정의 공통적인 흐름을 살펴 보겠다.

먼저, 원료를 반응기에 넣고 열을 가하면서 교반시킨다. 이 때 열원으로는 직화, 스팀, 열매체 등이 사용된다. 스팀은 주로 저온반응에 이용되며 열매체는 고온반응에 사용되나 현재는 거의 열매체를 이용하는 경향이다. 직화는 재래식 방법으로서 온도조절이 힘들고 위험하중이

높아 현재는 일부 업체를 제외하고는 거의 사용하지 않는다.

반응시작 후 일정한 시간이 지나면 중합반응이 일어나 점도가 높은 고분자 물질이 생성된다. 이것이 소위 말하는 수지이며 도료의 주성분인 것이다.

수지는 점도가 높아 다음 공정(페인트제조)으로 이송시 용제로 희석하여 여과를 거친 후 드럼 또는 중간 탱크를 통하여 페인트공장으로 이송된다.

가. 위험요인 및 유의사항

(1) 열원으로 직화를 이용할 때 버너와 작업장 사이는 완벽한 방화구획이 되어 있는지 여부.

수지제조 공장은 항상 가연성기체가 채워져 있기 때문에 점화원이 있어서는 안된다. 그러므로 작업장과 버너 사이에는 개구부가 없는 것이 안전하다. 대부분의 공장이 방화벽으로 구획되어 있으나 방화문으로 된 출입문이 설치되어 있는 공장도 있다. 이런 공장은 방화벽으로 대체하도록 유도함이 바람직하다.

(2) 열매체(熱媒體)를 사용하는 작업장의 열매체 순환장치는 완벽한지 여부.

열매체유(heat transfer oil)는 여러 종류가 있으나 페인트 공장에서 주로 사용하는 것은 日本 綜研化學(株)의 KSK oil 또는 Dow Chemical社의 Dowtherm 등이며 이들은 모두 제 4류 위험물의 제 3 석유류에 해당되는 위험물이다.

이들 열매체유는 열매체보일러에서 270~280°C 정도로 가열되어 공정중에서 265~270°C 정도로 순환된다. 인화점(110~165°C) 보다 훨씬 높은 온도에서 순환되므로 순환도중 배관 및 반응조의 연결부분 등에서 leak 현상이 일어나면 고온의 열매체유가 공기와 접촉하여 응축되면서 응축열을 발생하여 주위의 온도를 급상승시키게 되고 순환장치의 내부에는 진공이 생겨 커다란 위험요인이 발생되므로 안전대책유무를 확인

할 필요가 있다. 이 경우 발생하게 될 위험 메카니즘(mechanism)은 차후 연구하여 발표하겠다.

〈표-2〉 열매체유의 특성

구 분	주 성 분	인화점 (°C)	비 점 (°C)	비 중
Dowtherm KSK oil (KSK 260)	Diphenyl Alkylnaphthalene	109	255	0.9845
(KSK 280)		120	268	0.98
(KSK 300)		140	295	0.99
(KSK 330)		165	326	0.96

(3) 각 기기의 정전기에 대한 대책 여부.

일반적으로 물체와 물체를 마찰하면 여기에 정전기가 발생한다. 전기저항이 낮은 물체면 발생된 정전기는 바로 없어지지만 전기저항이 높은 물체인 경우 정전기는 축적하여 대전현상(帶電現象)을 일으킨다. 용제에 있어서는 고유저항이 10⁹ohm·cm 이하이면 거의 대전하지 않는 것으로 생각되며 고유저항이 10¹²ohm·cm 이상이면 그 용제를 교반, 유동, 진동 또는 여과를 행하였을 경우 배관, 용기 등과의 마찰에 의하여 정전기가 발생하며 축적되어 대전현상을 일으킨다. 주용제의 고유저항을 보면 다음 〈표-3〉과 같다.

〈표-3〉 대표적인 용제의 고유저항

품 명	고 유 저 항 (ohm·cm)	죽정시 상대습도 (%)
톨 루 엔	1.6×10 ¹³	53~55
크 시 렌	2.8×10 ¹²	"
솔 벤 트	2.6×10 ¹³	"
초 산 에 칠	1.7×10 ⁷	"
초 산 부 칠	9.2×10 ⁸	"
셀로솔브아세테이트	5.2×10 ⁶	"
메 타 놀	3.9×10 ⁶	"
부 타 놀	"	"
아 세 론	"	"

톨루엔, 크실렌 등의 순수한 탄화수소로 구성된 용제류는 비교적 고유저항이 커서(10¹²~10¹⁴ ohm·cm) 유동, 교반, 진동, 여과 등에 의하여 용이하게 정전기 대전이 된다. 에스테르류는 전기저항이 극히 적어(10⁶~10⁸ohm·cm) 정전기 소

비속도가 상당히 크므로, 탄화수소처럼 용이하
게 높은 전압으로 되지 않지만 유동이 심한 경
우에는 다시 말해서 배관속을 빠른 속도로 통과
시킨다든지 급속히 여과할 경우에는 대전할 수
도 있다. 용제가 배관속을 흐를 때 발생하는 유
동 대전은 유속의 2승에 거의 비례한다. 배관,
탱크, 기타 금속류 취급기기는 확실한 접지를
해야 되며 접지저항은 순수한 정전기 대책만이
라면 $10^6(\Omega)$ 이하라도 된다.

정전기에 의한 폭발화재를 예방하려면 다음과
같은 대책을 들 수 있다.

(가) 접지를 확실하게 시행한다.

(나) 혼합, 교반 등의 운전속도를 빠르지 않게
한다.

(다) 용기내에 이온화공기를 보내어 정전기를
제거한다.

(라) 용기내에서 생성되는 가연성 혼합기체의
농도를 폭발범위에 들지 않도록 관리한다.

(마) 용기내에 불활성가스를 봉입한다.

기타 용제이송배관 중 이음부분에 패킹(pack-
ing)을 위하여 비전도성물질을 사용했을 경우에
는 필히 본딩(bonding)용 접속선으로 배관과 배
관을 연결하여 원활히 접지되도록 하여야 한다.

(4) 각 작업장의 전기시설은 양호한지 여부

수지제조공장 뿐만 아니라 용제저장창고, 제
폭저장창고(수성페인트 제외), 페인트제조작업
장, 기타 가연성증기가 체류할 수 있는 장소의
전기설비는 방폭구조가 되어야 한다. 방폭설비
의 기술적인 문제는 생략하기로 하고, 점검시
가장 유의해야 할 사항은 전기 분전함이 작업장
내에 설치되어 있는지 여부등 꼭 확인하여 줄
필요가 있다.

분전함의 옥외설치는 작업에 별로 지장을 주
지 않는데도 일부 업체에서는 분전함을 옥내 설
치하여 사용하고 있다. 가연성 증기가 다량 체
류할 수 있는 장소에 분전함이 있다는 것은 위
험천만하므로 필히 옥외에 설치해야 된다.

현재 가동중인 업체들의 실태를 보면 전등은

방폭형을 많이 사용하고 있으나 실제로 위험한
스위치, 콘센트, 모타, 기타 배선 및 배선기구
등은 일반전기시설로 된 곳이 상당히 많은 실정
이다.

(5) 환기시설은 양호한지 여부.

페인트 제조공정 참조.

(6) 위험물의 취급상태는 양호한지 여부.

수지제조공정에서 취급되는 위험물은 원료로
사용되는 동식물유 및 다가알콜(글리콜, 글리세
린), 모노머(Styrene, Butyl acrylate, Methyl
meta acrylate, Hexyl meta acrylate 등) 등이
있고 중합촉매로 유기과산화물(B.P.O, D.T.B.P
등), 용제로 톨루엔, 크실렌 등이 있다. 이들 중
취급에 주의가 가장 많이 요구되는 것은 중합촉
매로 사용되는 유기과산화물이다. 원료 모노머
에 대하여 중량비로 0.1~2% 정도 사용되기 때
문에 극히 적은 량이기는 하나 일정한 조건만
갖추어지면 폭발적으로 분해 연소한다. 특성 및
취급 저장상의 주의점은 다음 장에서 상술하겠
다. 용제 및 모노머류도 인화점이 상온이하이기
때문에 취급에 상당한 주의를 요한다. 특히 저
장탱크로부터 배관으로 이송되어 오는 것을 받
아내는 용기는 잘 관찰해 볼 필요가 있다. 조사
대상 업체 중 일부 업체는 고정설비가 아닌 워
털게가 없는 드럼을 사용하여 용제 또는 모노머
를 받고 있었으며 필요한 량을 사용하고 남아
있는 것을 그대로 방치하고 있어 현장 작업자들
의 위험에 대한 인식이 상당히 부족함을 엿볼
수 있다. 이들 이송배관 증말에 유량계 등을 설
치하여 필요한 만큼의 양을 받아 낸다든지 또
직접 사용용기까지 배관이 연결되어지도록 한다
면 위험은 많이 감소될 것이다.

또 어떤 업체에서는 모노머를 기계장치로 받
응기에 투입해야 하는데도 작업자로 하여금 몇
시간동안 반응기 윗부분을 개방하여 그 위에서
반응이 끝날 때까지 직접 투입하도록 하고 있
기도 하여 화재위험도 위험이지만 건강에 치명적
인 영향을 줄 이러한 작업조건은 필히 시정되어

야 하겠다.

(7) 여과시설은 양호한지 여부.

제조된 수지는 다음 공정(페인트제조)으로 이송하기 전에 여과를 거치게 된다. 원료 투입시 함께 들어간 불순물을 제거하기 위하여 여과를 하는데 여기에서 사용하는 체(Sieve)는 육안으로 식별하기 어려운 정도의 가는 망으로 되어 있다.

일반적으로 수지여과에서는 micron 단위의 Sieve를 사용하고 페인트여과에서는 50~150 mesh의 필터를 사용한다.

고정설비된 여과시설은 정전기에 대비한 설비가 갖추어져 있지만 화재 사례 I 이 말해주듯 임시로 Sieve를 가설하여 사용할 경우에는 Sieve 성분의 전도성이나 접지저항에 대한 고려가 없이 형식적으로 가집지를 하여 충분한 접지가 되지 못하기 때문에 위험하중이 높아진다. 주의할 점은 수지를 충분히 식힌 다음 유출속도를 낮추고 체(Sieve)는 충분한 접지를 하도록 한다.

2. 페인트(도료) 제조공정

수지제조공장으로로부터 이송되어온 수지는 제일 먼저 약간의 용제로서 희석을 한 다음 안료·체질 등을 넣고 교반기에서 안료와 체질이 수지속에 골고루 퍼지도록 교반한다. 안료는 그 성분이 콜로이드(colloid) 입자로서 용제에 녹지 않기 때문에 밀링(milling) 등을 통하여 수지속에 충분히 분산시킨 다음 마지막으로 수지의 물성에 적합한 용제를 적당량 배합하여 여과를 거치면 이것이 곧 페인트인 것이다.

수성페인트는 에말전수지로 만들며 용제로 oil 성분이 아닌 물을 사용하며 공정에는 차이가 없다.

페인트 제조공정에서는 처음부터 마지막 포장까지 모든 공정에서 용제가 취급되어 작업장내에는 항상 용제증기가 체류하게 된다.

가. 위험요인 및 유의사항

(1) 각 기기의 정전기에 대한 대비책은 양호

한지 여부.

페인트 제조공정은 수지 제조공정에 비하여 정전기 발생율이 훨씬 높다.

수지제조에서는 용제이송 및 모노머 투입, 교반(반응), 여과 등에서 약간의 정전기가 발생되지만 페인트제조에서는 용제 이송에서 교반, 분산, 배합, 여과, 충전에 이르기까지 용제의 취급량도 많고 용제에 마찰을 많이 주는 작업이기 때문에 그만큼 정전기 발생율이 높다. 특히 주의할 것은 교반작업 후 금속성 교반용기에 붙어 있는 건조된 페인트를 제거할 때 박리제(剝離劑) 등을 사용하여 안전하게 제거해야 되는데 예리한 금속날을 사용하여 긁어내는 경우를 종종 볼 수 있다. 이 때, 금속과 금속이 마찰되어 스파크가 발생되므로 인화성 증기가 폭발한계내에 존재하고 있으면 즉시 폭발하게 된다. 점점 시 유의 관찰하고 박리제 등을 사용하여 안전하게 제거하도록 유도할 필요가 있다. 기타 사항은 수지제조공정을 참고 바란다.

(2) 환기시설은 양호한지 여부.

페인트 공장에서 취급되는 용제는 대부분 인화점이 상온이하이므로 용기가 담겨진 용기를 개방만 해두어도 상당량의 증기가 발생하게 된다.

그런데 제조공정이 모두 개방상태에서 이루어지고 교반, 밀링, filtering 등의 공정이 용제류를 와류(渦流)시키기 때문에 그 증발현상은 더욱 심하다. 또한 위험물을 취급하는 타 업종에 비하여 단위면적당 작업공정이 많고 취급하는 용제의 단위면적당 가스증발율도 높아 작업장내에는 항상 가연성증기로서 층만하게 된다. 이러한 가연성증기를 유효하게 배출시키려면 배출설비를 국부(局部) 방식과 전역(全域) 방식을 병용함이 가장 바람직하다. 즉 각 작업대(교반, 분산, 배합, 여과 등)마다 후드(hood)와 닥트를 설치하여 옥외로 유도하고 지붕위로 벤치레타(ventilator)를 설치하여 증발되는 인화성증기가 옥내에 체류하지 못하도록 조치함이 바람직하다.

(3) 기타 전기설비, 여과설비, 용제류 취급시의 유의사항은 수지제조공정을 참고하기 바란다.

3. 신나제조공정

신나는 페인트의 종류에 따라 원료 용제가 다르다. 일반유성페인트는 제 2 석유류의 용제(크시렌, 석유 등)를 사용하고 락카계통의 신나는 Ketone류(아세톤, MEK, MIBK 등)를 알키트수지 페인트의 일부는 알콜류를 사용한다. 제조방법은 페인트의 성분에 필요한 용제를 몇가지 선택하여 적당한 율로서 배합 희석하면 된다.

수지제조 및 페인트 제조공정의 유의사항을 참고하면 되며 이미 언급된 것 외에 특별한 위험요인은 없다.

Ⅲ. 안전점검시 소홀하기 쉬운 중요위험요인들

1. 유기과산화물(有機過酸化物)의 저장 및 취급상태

소방법의 제 1 류위험물(지정과산화물: 지정수량 50kg)에 해당되는 유기과산화물은 페인트공장에서 수지제조시 중합촉매로 대부분이 사용되고 이 중에서 MEKPO(Methyl ethyl ketone per Oxide)는 불포화수지도료의 경화제로서 상품으로 페인트와 함께 출고된다. 유기과산화물을 중합촉매로 사용하는 중합반응은 비닐계모노머를 원료로 사용하는 경우이며 원료모노머에 대하여 중량비로 0.1~2% 정도 사용된다.

페인트 공장에서 가장 많이 사용되는 유기과산화물은 D.T.B.P(Di-tertiary butyl per oxide), B.P.O(Benzol per oxide) 등이고 D.T.B.P는 액상, B.P.O는 분말이며 경화제로 사용되는 M.E.K.P.O는 액상이다.

가. 성 질

유기과산화물은 불안정한 화합물로서 접화에

의해서 잘 연소한다. 또 어떤 조건에서는 폭발적으로 분해한다.

나. 저장 및 취급상의 주의점

소방법에서는 지정과산화물이라 하여 까다로운 규제를 하고 있다. 타 위험물의 옥내저장소는 의벽을 내화구조 또는 불연구조로 설치하면 지정과산화물은 30cm 이상의 두께가 되는 철근콘크리트 벽을 요구하고 있다. 연소가 순간적이고 폭발적이기 때문이다. 저장소는 환기를 원활하게 하고 지붕은 가벼운 불연재료로 하되 외부의 충격에 의하여 지붕이 파손되더라도 파손된 조각이 직접 과산화물에 닿지 않도록 조치해야 한다. 저장소는 냉암소가 되도록 직사광선을 피하고 이물질(異物質)의 혼입을 삼가해야 한다. 기타 저장시설은 소방법에 준하면 된다. 취급자는 고무장갑과 보호안경을 착용하는 것이 안전하고, 필요한 양만 현장에 가져다 사용하고 남은 양은 다시 저장소에 보관해야 하며 현장에 방치해서는 안된다.

다. 문제점

5개의 조사 대상업체 중 안전한 저장시설을 갖춘 곳은 없고 전부가 자재창고 등에 다물질과 혼재하고 있는 실정이다.

어떤 이유에서인지 지정과산화물을 사용 허가 내지는 사용신고를 한 곳이 거의 없고 대부분이 은폐하여 사용하고 있어 상당한 위험요인으로 나타나고 있다. 사용량이 적어 50kg 안팎의 적은 양을 저장하기 때문에 눈에 잘 띄지 않으며 관련자들의 무지에 의해 지금껏 규제를 받고 있지 않는 것으로 생각된다. 페인트공장에서 가장 많이 만들고 있는 아크릴수지 제조시 사용되므로 안전점검시 저장 및 취급상태를 꼭 확인하여 규제할 필요가 있다.

라. 사고의 예(제보자: 현장 작업자)

K화학 안양공장 81년 발생

중합반응에 사용하고 남은 B.P.O를 옥외 설치된 반응기 밑에 방치해 두고 휴무일에 부근에서 용접작업을 하던 중 용접불티에 의하여 순간적

으로 폭발 연소함.

2. 질화면(nitro cellulose)의 저장 및 취급상태

질화면은 초화면이라고도 하며 분자식은 $C_6H_7O_2(OHO)_3$ 이다. 질화면은 셀룰로스에 황산을 섞은 질산을 작용시켜 얻은 것으로 질소함량이 12.76% 이상이면 강질화면, 10.18~12.76%이면 약질화면이다.

질화면은 락카페인트 제조에 사용되며 수지에 Ketone계 용제와 질화면을 넣어 만든 것이 락카 페인트이다.

가. 성 질

점화, 가열, 충격 등에 의해 폭발적으로 연소하며, 정제가 나쁘고 잔산(殘酸)이 존재하면 직사광선 혹은 가온(加溫) 등으로 분해하여 자연 발화한다.

나. 저장 및 취급상의 주의

저장할 때는 알콜 또는 물로서 면(綿)을 적시고 안정제를 가하여 냉암소에 보관하며 환기를 원활하게 해준다. 저장용기는 항상 밀봉해 둘 필요가 있고 장기간 방치해서도 안되며 이물질의 혼재를 금한다. 취급할 때는 열원이나 충격, 마찰 등을 가하지 않도록 주의하고 함부로 취급하지 않도록 한다.

다. 문제 점

자주 취급되는 것이 아니기 때문에 장기간 방치될 우려가 있다. 중소기업체에서는 주문에 의하여 가끔 사용되므로 저장용기를 개방하여 사용한 후 남은 것을 그대로 저장하게 된다. 이때 완전하게 밀폐됐는지 여부를 확인해 둘 필요가 있다. 밀봉이 잘 안된 상태에서 저장되면 자연 발화하게 된다. 각 업체의 질화면 저장상태는 유기과산화물에 비하여는 나은편이나 이물질 혼재 등 불량한 상태이고 저장소와 취급소에 적응

소화기를 비치한 곳이 드물다. 현재 전부가 분말소화기를 설치하고 있는데 강화액소화기가 적용소화기이다. 연소가 폭발적이기 때문에 냉각 및 완전질식의 효과가 있는 소화기를 사용해야 한다. 다량의 모래를 비치해 두는 것도 좋은 방법이다.

라. 사고의 예(문헌에서 발췌함)

(1) 질화면의 저장창고에서 저장 중의 질화면이 자연발화함. 이것은 저장 중에 한번 용기를 개방하여 소량 사용한 후 밀봉이 불완전하여 일어난 것으로 관리상에 문제점이 있었음.

(2) 저장창고에 저장되어 있던 드림속의 질화면이 갑자기 폭음을 내면서 발화됨. 이 질화면은 15년쯤 저장된 것으로 산화에 의한 자연발화로 추정됨.

3. 인화점이 상온이하인 위험물의 주의 방지 여부

대부분의 용제류는 옥외 탱크 또는 옥내 저장소에 저장하고 있으나 사용량이 극히 적은 초산에칠($CH_3COOC_2H_5$) 등 일부 위험물은 드림에 저장되어 옥외 방치되고 있음을 볼 수 있다. 소방법에서도 제 2석유류 이상의 위험물에 대해서만 옥외 저장소에 저장을 허용하고 있는데, 인화점이 상온 이하인 위험물은 상온에서 예열없이 바로 점화되기 때문에 고정설비된 탱크 외에 드림 등으로 옥외에서 함부로 취급·저장해서는 안된다.

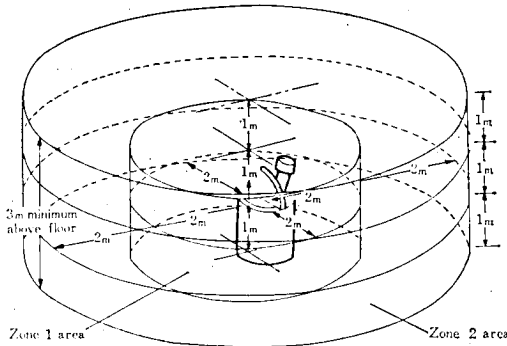
일부업체에서는 사용량이 많은 제 1석유류도 옥외 방치하는 경우를 종종 볼 수 있다.

IV. 위험지역(Hazard area)

본장에서는 영국 페인트산업의 건강 및 안전에 대한 지침서인 Highly flammable liquid in the paint industry에서 안전점검에 참고될 만한 자료를 발췌 소개한다.

일정한 공간에서 화재를 발생할 수 있는 위험 등급을, 화재를 유발할 수 있는 인화성 증기의 체류농도의 추정 정도에 따라 다음과 같이 분류한다.

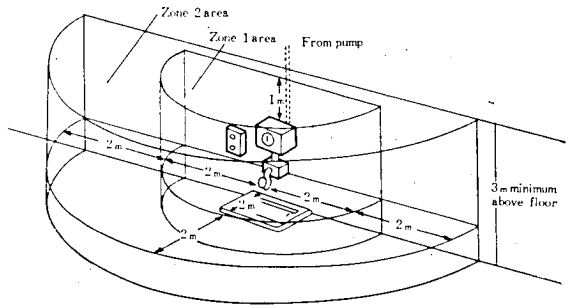
- a) Zone 0 : 공기중에 폭발성 혼합가스(explorative gas-air mixture)[이하 exam이라 한다]가 계속 존재하거나 장기간 존재하는 지역
- b) Zone 1 : exam이 정상 작업상태에서 발생하기 쉬운 지역
- c) Zone 2 : 정상적인 작업상태에서 exam이 쉽게 발생하지 않거나 잠시 동안만 발생할 가능성이 있는 지역
- d) 안전지역(비위험지역) : 그 밖의 지역



[그림-1] Fixed mixing vessel

1. [그림-1]은 고정설비된 교반용기에서의 Hazard area를 나타내고 있다.

증기의 농도에 따라 용기의 기준높이를 1m로 했을 때 용기의 개구부 중심에서 반경 2m, 개구부 중심 상단에서 수직높이 1m 이내의 부분을 Zone 1.이라 하고, 용기의 개구부 중심에서 반경 4m, 개구부 중심 상단에서 수직높이 2m 이내의 공간 중 Zone 1.을 제외한 area를 Zone 2.로 규정하고 있다. 분산 및 배합, 여과 등의 작업장에서도 응용적용할 수 있을 것으로 생각된다.



[그림-2] Meter discharge point

2. [그림-2]는 옥내 방화벽에 설치된 용제이송배관 종말에서 유량측정 후 받아내는 장치에서의 Hazard area를 말해주고 있다.

증기 발생원을 중심으로 반경 2m 이내 및 증기발생원 상부 1m에서 작업장 바닥까지의 area를 Zone 1. 증기발생원을 중심으로 반경 4m 이내 및 바닥에서 3m 높이 이내의 area 중 Zone 1.을 제외한 지역을 Zone 2.로 규정하고 있다.

3. <표-4> 및 <표-5>는 제조작업장과 위험도가 높은 요소요소에 대한 Hazard area를 등급으로 나타낸 것이다.

V. 화재사례분석¹⁾

1. 사 례

○ 발생장소 : A화학(주) 수지생산과, Acryl 수지 합성반

○ 일 시 : '82.12.24 11:30

○ 조 치 : 화재발생 즉시 대형 분말소화기 1대와 소형 분말소화기 3대로 진화함.

가. 발생개요

[그림-3]의 작업 후 연속으로 [그림-4]의 작업을 하고 있던 중 발화됨.

원인분석을 분명히 하고 수지제조 공정의 구

[주] 1) 화재사례는 각 공장 생산담당자로부터 제보받음.

〈표-4〉

Area classification of various operations

Vapour source	Extent of classified area	Area classification
Vapour spaces inside storage tanks	Within the tanks' vapour space	zone 0
Storage tanks outside buildings	Vertically from ground level up to 2m above the tank connections and horizontally within 2m from the tank connections or shell	zone 2
Discharge from vent line	(a) Where liquids or vapours discharged from the vent may impinge	Fixed electrical equipment should not be installed
	(b) Within 2m in all other other directions from point of discharge	zone 2
Tank vehicle loading and unloading in the open air	(a) Vertically from ground level up to 2m above, and horizontally outwards for 2m from any point where connections are regularly made or disconnected for product transfer.	zone 1
	(b) Vertically and horizontally between 2 and 4m from the points of connection or disconnection	zone 2
Pumps and sample point in the open air	Within 2m in all directions	zone 2
Pump house buildings	Within the building	zone 1

Notes:

- (a) Where any area is classified under more than one factor the higher classification should prevail
- (b) Any banded area, pit, trench, depression or drain falling within a zone 1 or zone 2 area should be treated as being a zone 1 area throughout
- (c) Pump seals should be properly maintained

체적인 예를 들어보기 위하여 화재 발생 당시의 작업상황을 알아본다.

[그림-3]에서 깨끗하게 cleaning된 Reactor에 용제(Toluene, Xylene)를 사입하고 모노어 탱크에 원료인 Styrene, Methyl methacrylate, Butyl acetate 등의 모노머와 중합촉매(DTBP)의 일부를 사입하여 잘 혼합한 뒤, Reactor의 온도를 사입한 용제의 환류(Reflux) 온도(110~120°C)로 유지하면서 탱크 중의 내용물을 2~3시간 동안 Dropping 한다.

Reactor에서 용제가 환류되는 것을 확인하면서 3시간 가량 반응시킨 뒤 탱크 ①에 남아있는 촉매와 다시 추가된 용제(Xylene)를 탱크 ①에

서 잘 혼합시켜 30분 동안 Reactor에 Dropping 하고 환류온도에서 2~3시간 반응을 시켜서 수지를 만들고 이송하기 위하여 용제(Xylene)로 희석시켰다.

여기에서 사용된 용제는 Aromatic 솔벤트라고 하여 정전기 발생이 잘 되며 원료 모노머 또한 정전기 발생이 잘 된다.

[그림-3]의 작업을 끝내고 수지를 드럼에 충전하기 위하여 드럼포장라인에서 메리야스 2겹(약 80mesh 정도의 여과 효과 있음)을 라인끝에 동여매고 60mesh의 스텐레스망으로 메리야스 필터 부위를 감싼 뒤 어스선을 연결하여 충전 작업을 하던 중 화재가 발생하였다.

〈丑-5〉

Area classification of various operations and risk areas

Vapour source	Extent of classified area	Area classification
Vapour spaces inside tanks and vessels	Within the vapour space of tanks and vessels	zone 0
Points where spillage is likely during the manipulation of highly flammable liquids, particularly during filling, mixing and discharge operations	Within 2m horizontally of the source and from floor level to 1m above the source	zone 1
Examples		
Pumps transferring flammable liquids (inside buildings) and meter discharge points	Within 2m horizontally of the discharge point, pump seal or gland and from floor level to 1m above the source	
Stirrer gland on fixed or portable tank (with either a well-fitting cover or local exhaust ventilation but not both)	Within 1m in all directions of the stirrer gland or stuffing box (except where the gland is protected by some form of pressurisation)	zone 1
Stirrer gland and inspection opening on vessel with a well fitting cover and ventilation exhausting from beneath the cover	Within 2m in all directions of the stirrer gland inspection opening	zone 2
Feed trough on coating or printing machine	Within 2m horizontally of the trough and the solvent feed tank horizontally and from floor level to 1m above the source	zone 1
Curtain coating machines	Within 2m horizontally of the curtain and the solvent feed tank or the solvent feed tank or trough horizontally and from floor level to 1m above	zone 1

이 때 주위조건은 Kettle의 온도가 70~80°C 정도, 기온 5°C 정도, 개략적으로 본 습도가 50%에 약간 미달되는 것으로 추정되었다.

나. 원인분석

(1) Kettle의 온도가 높아 상대적으로 수지의 점도가 낮아지고 유출속도가 빨라져 정전기 발생율이 높다.

(2) 온도가 높으므로 수지속의 용제가 망을 통과하면서 용제용기가 많이 증발되어 폭발성 혼합 가스(explosive gas air mixture)가 형성되었다.

- ① Monomer dropping tank
- ② Reactor(steam heating 2~3kg/cm²)

③ Condenser

④ Motor

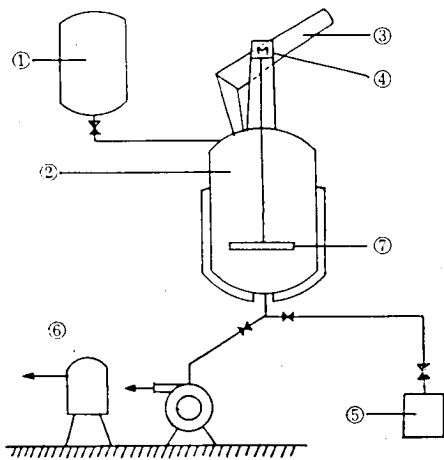
⑤ Filling drum

⑥ Filter

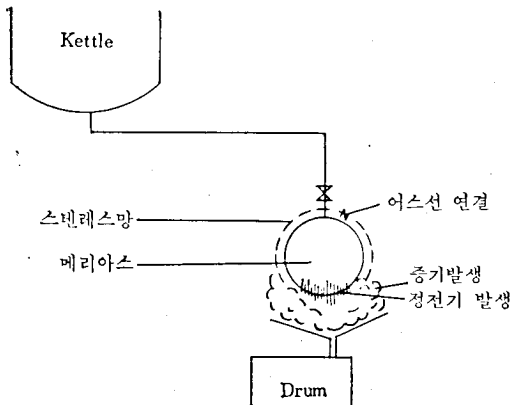
⑦ Impeller

(3) 겨울날씨로 습도가 낮아 정전기의 대전현상이 심하다.

(4) 스텐레스망의 전도율이 낮고 접지상태가 불량하여 충분한 접지가 되지 못했다. 수지를 충분히 냉각한 뒤 여과를 하고, 접지를 완전하게 했더라도 화재가 발생하지 않았을 것이라는 현장 담당자의 말이 원인 분석을 뒷받침 해주고 있다.



[그림-3] Acryl 수지제조장치



[그림-4] 화재발생 당시의 상황

을 소각, 그 열원으로 클타르를 녹인 다음 용제를 넣어 희석시키던 중 화재가 발생하였다.

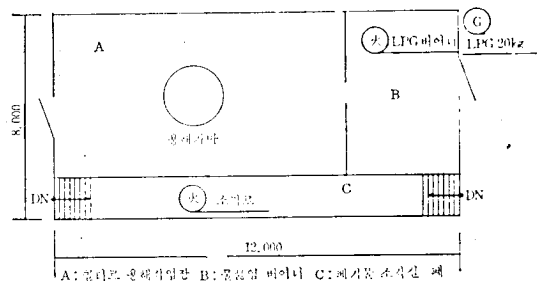
이 때 작업장 A에서는 작업자 1명(55세가량)이 작업을 하고 있었는데, 작업장과 미구획상태인 B장소의 LPG 버너에 물을 끓이기 위하여 다른 작업자가 성냥을 그어대는 순간 A의 작업자가 화재의 위험을 느끼고 피난하자 평하는 소리와 함께 화재가 발생하여 인명피해는 없었음. A의 작업자는 이 공장이 이전되어 오기전 똑같은 작업을 하던 중에 화재가 발생하여 같이 작업을 하던 동료 3명이 소사하는 현장을 목격, 그 때의 경험으로 재난을 모면했다고 한다.

나. 원인분석

(1) 클타르용해가마가 덮개가 없는 상태로 작업 중 용제의 증발이 심하여 폭발성 혼합가스(explosive gas-air mixture)가 형성되기 쉬웠다.

(2) 작업장 면적이 협소한데다 작업장과 미구획 상태인 장소에 점화원이 될 수 있는 직화버너가 있었다.

(3) 작업장 출입문 및 창문을 제외하고는 환기시설이 없었다.



[그림-5] 방수도로 제조 작업장

안전점검시 페인트제조에 대한 예비지식의 부족과 안전관리자의 용제류 사용은폐로 작업장옆에 점화원인 LPG 버너가 있어도 규제하지 못한 것이 가장 큰 요인으로 생각된다.

2. 사 례 II

○ 발생장소 : B페인트공업(주) 방수도로 제조 작업장

○ 일 시 : '82.8.18 16:40~17:00

○ 조 치 : 소화기 3대 사용, 소방차 3대 출동

가. 발생개요

[그림-5]에서 보는 바와 같이 작업장 A에서 윗덮개가 없는 개방가마에 방수도로를 제조하기 위하여 클타르를 넣고 C의 아궁이에서 폐기물

VI. 끝맺음 말

이상에서 살펴본 것처럼 페인트공장은 전 공

정에 걸쳐서 화재의 3요소가 상시 내재하고 있어 조건만 갖춰지면 즉시 발화하게 된다.

위험요인이 많은데 비하여 안전에 대한 대책이 상당히 미흡한게 현재 국내 페인트제조업체들의 실태이다. 조사대상 업체마다 위험요인이 각 작업장에 방치되어 있는데 이것은 직접 작업에 참여하고 있는 근로자들의 위험에 대한 인식과 안전교육의 부족에 기인되기도 하지만 무엇보다도 기업주 내지는 관리층에서 생산성향상에만 적극적이고 안전에는 법적인 규제에 어쩔 수 없이 끌려 형식적인 대비만하고 실제적인 위험관리는 지나치리 만큼 소극적인데서 비롯된다고 볼 수 있겠다. 이를테면, 제조공정에서도 언급한 것처럼 위험물인 모노머를 수시간동안 사람이 직접 용기로 Reactor에 투입하는 것은 상식밖의 일이며 교반기에 붙어 있는 도료물 쇠붙이로 끊어내면 스파크가 일어나 위험하다는 사실을 알면서도 개선책을 마련하지 않는 것이 그 좋은 실례이다.

페인트공장에서 가장 효율적인 안전관리방법은 비록 소규모일지라도 라인 및 참모식의 혼합형 안전조직을 구성하는 것이라고 생각된다. 이 조직은 종업원이 1,000명 이상의 업체에서 가장 효율적이고 소규모공장에서는 경비와 인력문제로 적합하지 못하다고 하나 일반업종에 비하여 위험도가 극히 높은 업종임을 고려하여 인원이 허락하는 범위내에서 최소 1명 이상의 공장장 직속에 안전관리자를 두어 안전관리에 대한 업무만을 전담하게 하고, 각 부서장으로 안전위원회

를 구성하여 생산말단에 이르기까지 안전에 대한 조치가 시행되도록 감시·감독한다면 실질적인 안전관리의 효과를 얻을 수 있다고 생각된다.

우리 안전점검인으로서 가장 중요한 것은 각 공정에 대한 위험요인을 철저하게 파악·분석하여 법적인 규제를 떠나 방치된 위험요인으로 하여금 발생할 수 있는 직접 또는 간접적인 손실이 어떤 것인가를 일깨워 줌으로써 생산성 향상에 집착된 기업주의 인식을 안전관리에로 유도할 수 있도록 조치하는 것이라고 하겠다. 그러기 위하여는 우리 안전점검인들의 부단한 노력과 연구가 뒤따라야 하겠다.

〈참 고 자 료〉

1. 도료와 도장의 지식 : 건설화학(주) 사내기술교재
2. 위험물 취급의 해설 : 구판모 지음, 태화서림 발행 (pp.76~80, pp.150~164)
3. 정전기 제거 기준 : 동력자원부고시, 제65호
4. 정전기 재해에 대한 대책 : 고터화학(주) 사내 기술교재
5. 약품편람 : 삼우교역상사 발행(pp.212~215)
6. Highly flammable liquids in the paint industry : 영국 국영출판물로서 페인트 산업의 건강 및 안전 지침서
7. K.S.K oil 카타로그 : I.S.A상사 발행
8. 용제 폭발에 관한 자료 : K화학(주) 제공
9. 점검실무 및 안전점검보고서
대상업체 : 건설화학공업(주), 조광페인트공업(주),
금성화학공업사, 조흥페인트공업(주),
동일화학공업(주)