

KOSHA GUIDE

P - 14 - 2012

## FRP 제조시 화재폭발 위험관리 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 서울산업대학교 시스템안전연구센터 강 미 진

○ 개정자 : 최 이 략

○ 제 · 개정 경과

- 2009년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- HSE, "Plastics Processing Sheets No. 14 & 15"
- KOSHA GUIDE (산업환기 설비에 관한 기술지침)
- KOSHA GUIDE (유기과산화물 및 그 제제의 저장에 관한 기술지침)
- KOSHA GUIDE (분진폭발 위험장소 설정에 관한 기술지침)
- KOSHA GUIDE (분진폭발 방지에 관한 기술지침)
- KOSHA GUIDE (집진설비 분진폭발방지 기술지침)

○ 관련 법규 · 규칙 · 고시 등

산업안전보건법 제23조 (안전조치)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제225조(위험물질 등의 제조 등 작업시의 조치)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제232조(폭발 또는 화재 등의 예방)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제236조(화재 위험이 있는 작업의 장소 등)

○ 기술지침 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지  
안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2012년 7월 18일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

## FRP 제조시 화재폭발 위험관리 기술지침

### 1. 목적

본 기술지침은 인화성 액체 및 가연성 물질을 제조 또는 취급함에 있어서 발생할 수 있는 화재 및 폭발의 위험성을 파악하고 이를 방지하기 위하여 적절한 안전대책을 수립하는 등 위험성평가를 원활히 수행할 수 있도록 기술지침을 제시함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

본 기술지침은 섬유강화플라스틱(FRP) 제품을 제조하는 설비를 갖춘 사업장에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 기술지침에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) “복합재료”란 성분이나 형태가 다른 두 종류 이상의 소재가 조합되어 유효한 기능을 갖는 재료를 일컫는다. 복합재료의 구성요소로는 섬유(Fiber), 입자(Particle), 층(Lamina), 모재(Matrix) 등이 있으며, 이러한 요소들로 구성된 복합재료는 일반적으로 층상 복합재료, 입자강화 복합재료, 섬유강화 복합재료 등으로 구분할 수 있다.

(나) “섬유강화플라스틱 (FRP: Fiber reinforced plastics)”이란 내구성·내충격성·내마모성 등을 향상시키기 위하여, 유리섬유, 탄소섬유 및 방향족 나일론 섬유 등의 보강섬유와 열경화성 플라스틱 수지를 조합하여 생산되는 제품을 말한다. 일반적으로 FRP는 외부 충격에 강하고 장력강도가 매우 클 뿐만 아니라 가벼

운 것이 특징이다.

(다) “유리섬유강화플라스틱 (GFRP: Glass fiber reinforced plastics)”이란 유리섬유와 열경화성 플라스틱 수지를 조합하여 생산되는 FRP를 말한다.

(라) “탄소섬유강화플라스틱 (CFRP: Carbon fiber reinforced plastic)”이란 탄소섬유와 열경화성 플라스틱 수지를 조합하여 생산되는 FRP를 말한다.

(마) “유리섬유”란 용융된 유리를 이용하여 제조한 섬유를 말하며, 특히 고속으로 인출하여 감은(Winding) 실은 장섬유로 분류된다. 유리방적사(Glass yarn)와 유리로빙(Glass roving)은 유리 장섬유 제품의 기본이다. 원료를 약 1600℃의 고온에서 용융하여 100 ~ 4000본을 호제로 집속한 것을 스트랜드(Strand)라고 하며, 이것에 꼬임을 가한 것을 방적사(Yarn), 꼬임을 가하지 않고 수십본을 합한 것을 로빙(Roving)이라고 하며, 호제의 종류에 따라 여러 품종으로 나누어진다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한규칙」에서 정하는 바에 의한다.

## 4. 제조공정의 위험요인

### 4.1 FRP 제품의 주요 성분 (원료)

FRP 제품을 제조하는 원료는 다음과 같다.

#### (1) 기본재료(열경화성수지)

(가) 보강섬유를 제자리에 고정시켜 구조적인 모양을 이루고, 서로 연결시켜 보강섬유 사이에 작용하는 스트레스를 전이하는 역할을 한다. 또한 기계적 및 환경적 손상으로부터 섬유를 보호하는 역할을 한다.

(나) 전단응력(Shear stress)은 주로 기본재료가 지탱하므로 수지의 기계적 성질이 중요하다. 또한 대부분의 보강섬유가 열이나 화학물질 등 외부요소에 대해 안정되어 있기 때문에 수지의 외부요소에 대한 저항성이 중요하게 작용하는 경우

가 많다.

(다) 가장 많이 사용되는 기본재료는 불포화 폴리에스테르수지(Unsaturated polyester resin)이며, 에폭시 수지가 최신 많이 사용되고 있다. 고온에 잘 견디는 페놀(Phenol)수지와 폴리이미드(Polyimide)수지도 사용된다. 알루미늄 등 금속이 사용되기도 하며, 열가소성수지도 사용될 수 있다.

## (2) 보강섬유

(가) 하중을 견디는 요소로 작용한다.

(나) 가장 많이 사용되는 보강섬유는 유리섬유이다.

## (3) 충전제

내균열성을 향상시키고, 표면의 매끄러움을 살리며 주름을 잡아주는 역할을 한다.

## (4) 첨가제

첨가제 및 개량제는 폴리머의 유용성을 확장하거나, 가공성을 증가시키거나, 제품의 내구성을 향상시키는데 사용된다.

# 4.2 적층(Laminating) 작업

적층작업에 사용되는 재료는 화재의 위험이 있는 재료가 많다. 주로 사용되는 원료의 특성은 다음과 같다.

## (1) 과산화물(촉매)

(가) 보통 과산화물(Peroxide)을 포함한다. 과산화물은 스스로 분해되어 다량의 열을 생성하며, 조건이 갖추어지면 자연 발화될 수도 있다.

(나) 과산화물은 물질 자체에 산소원소를 포함하고 있어 공기가 없는 경우에도 강력한 화재를 일으킬 수 있다. 따라서 작은 화재라도 관리할 수 없을 정도로 급격히 번질 수 있으며 이러한 경우에는 진화하기가 어렵게 된다.

(다) KOSHA GUIDE (유기과산화물 및 그 제제의 저장에 관한 기술지침)에 유기과

산화물에 대한 상세한 정보와 주의사항이 기술되어 있다.

## (2) 인화성액체(톨루엔, 스티렌, 아세톤 등)

(가) 제조과정에서 촉진제를 투입하는 경우에는 대부분 인화성이 매우 높은 톨루엔과 같은 용제에 섞어 주입한다.

(나) 스티렌과 아세톤은 발화점이 매우 낮아 올바르게 취급하지 않으면 화재가 발생할 위험이 높다. 아세톤은 더 쉽게 발화되므로 스티렌보다 위험성이 더 높다. 폐쇄된 공간에서 발화된 가연성 물질은 폭발을 야기할 수 있다.

(다) 작업장을 제대로 환기하지 않은 경우에는 폭발성 기체가 존재할 위험이 있다. 인화성물질을 저장하거나 취급하는 경우의 화재·폭발 위험 및 그에 대한 안전 대책은 관련 기술지침을 참조하도록 한다. 작업장 환기에 관한 사항은 KOSHA GUIDE (산업환기 설비에 관한 기술지침)을 참조하도록 한다.

## (3) 가연성 분진

(가) FRP 제품(성형물)을 다듬는 작업 중에 발생하는 먼지는 가연성이다. 가연성 분진은 증기운을 형성할 수 있으며, 점화 시 폭발이 발생할 수 있다.

(나) 가연성 분진을 취급하는 작업 장소는 KOSHA GUIDE (분진폭발 위험장소 설정에 관한 기술지침)에 따라 분진폭발 위험장소로 분류하여 관리하여야 한다.

(다) 분진폭발을 방지하기 위한 안전대책은 KOSHA GUIDE (분진폭발 방지에 관한 기술지침), KOSHA GUIDE (집진설비 분진폭발방지 기술지침) 및 관련 기술지침을 참조하도록 한다.

## 4.3 인화성 액체 용기의 저장

인화성 액체를 용기에 저장할 때의 화재·폭발 위험을 관리하고 최소화하기 위하여 다음의 원칙을 지켜야 한다.

### (1) 환기

용기가 보관된 장소에는 신선한 공기가 많이 유입될 수 있도록 하여야 한다.

## (2) 발화원 관리

저장 장소에서의 발화 원인을 제거한다.

## (3) 용기의 밀폐

가연성 액체는 올바른 용기에 저장하고 누출을 방지한다.

## (4) 저장소의 안전거리 확보

저장된 가연성 액체는 다른 공정이나 일반적인 저장장소로부터 멀리 떨어져 있도록 한다.

# 5. 원료 취급 시 위험관리

FRP 제조공정 중 섬유 적층공정(Fiber laminating)에서 각 위험물질 혹은 작업별 화재·폭발을 예방하는 주요 관리방법은 다음과 같다.

## 5.1 촉매

### 5.1.1 촉매 정보의 확인

(1) 촉매에 대한 정보를 다음 예시와 같이 확보하여야 한다.

(가) 화학물질명 및 제품명: 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드 (Methyl ethyl ketone peroxide)

(나) CAS No.: 1338-23-4

(다) 물질의 분류특성: 노출기준 설정물질, 제5류 유기과산화물류 (폭발성/산화성/부식성 물질)

### 5.1.2 위험관리

(1) 유기과산화물 촉매는 폭발성물질로 분류되므로 다음 사항을 준수하여야 한다.

(가) 취급 장소와 별도의 장소에 보관하여야 한다.

- (나) 가능한 한 저장수량을 최소화하는 것이 바람직하다.
- (다) 작업장 내부에는 작업에 필요한 양만큼만 비치하여야 한다.
- (라) 아세톤, 수지 등의 가연성물질 및 촉진제와는 별도로 보관하여야 한다.
- (2) 유기과산화물 촉매를 취급하는 작업장은 화재, 폭발 및 누출을 방지하기 위한 적절한 방호조치를 취하여야 한다.
  - (가) 촉매를 사용할 때에는 드롭퍼(Dropper) 형태의 전용 액체용기를 이용하여야 하며, 지정된 혼합구역에서만 작업하여야 한다.
  - (나) 적층작업이 끝나면 즉시 보관 장소로 옮겨야 한다.
  - (다) 촉매 저장용기는 손상 여부를 점검하여 이물질의 침투나 누출을 방지하여야 한다.
- (3) 유기과산화물 촉매를 취급하는 작업장 및 작업장이 있는 건물은 출입구 외의 별도의 비상구를 설치하여야 한다.
- (4) 유기과산화물 촉매를 50 kg 이상 취급하는 경우에는 특수화학설비에서 취급되지 않는다고 할지라도 위험요인을 적절히 관리할 수 있는 조치를 취하여야 한다.

### 5.1.3 누출, 회수 및 폐기

- (1) 폴리에틸렌 시트(Sheet)나 3 mm 두께의 폴리프로필렌 시트로 바닥을 덮는다. 폴리에틸렌이 미끄러질 위험이 있는 경우에는 하드보드를 이용한다. 하드보드가 오염된 경우에는 다른 것으로 교체한다.
- (2) 누출된 액체는 모래나 질석을 이용하여 즉시 닦도록 한다. 종이나 섬유 같은 유기질은 사용하지 않아야 한다.
- (3) 판지, 자연유기물질, 녹슨 드럼 등이 누출된 촉매에 닿지 않도록 한다.

## 5.2 촉진제

### 5.2.1 촉진제 정보의 확인



(1) 촉진제는 가능한 한 발화점이 높은 물질을 사용하되, 촉진제에 대한 정보를 다음 예시와 같이 확보하여야 한다.

(가) 화학물질명 및 제품명: 코발트 톨루엔 용액 (Cobalt toluene solution)

(나) CAS No.: 코발트(Cobalt: 7440-48-4) / 톨루엔(Toluene: 108-88-3)

(다) 물질의 분류특성:

① 코발트: 관리대상 유해물질, 작업환경 측정물질, 노출기준 설정물질, 제2류 금속분(분말에 한함) (과민성 물질)

② 톨루엔: 관리대상 유해물질, 작업환경 측정물질, 노출기준 설정물질, 유독물, 제4류 제1석유류 (고인화성/생식독성/자극성 물질)

## 5.2.2 위험관리

(1) 촉진제는 촉매와 별도로 적합한 장소에 내화성 용기에 담아 저장한다.

(2) 촉진제는 취급방법 및 주의사항에 대한 충분한 교육을 받은 자격자만이 취급하도록 하는 것이 바람직하다.

(3) 촉매를 수지에 첨가하기 전에 촉진제를 첨가하여야 한다.

(4) 촉진제의 주성분 중 하나는 인화성물질이므로 촉진제를 취급하는 작업장은 폭발 위험이 있는 장소에 적합한 전기기계·기구를 사용하여야 한다.

(5) 촉진제를 사용하는 작업장 인근은 화재, 폭발 및 누출을 방지하기 위한 적절한 방호조치를 취하고, 연기나 기타 발화물질을 엄격하게 금지하여야 한다.

## 5.2.3 누출, 회수 및 폐기

촉매의 누출, 회수 및 폐기방안과 동일하게 조치하여야 한다.

## 5.3 인화성 액체

### 5.3.1 인화성 액체 정보의 확인

(1) FRP 제조에 사용되는 인화성 액체에 대한 정보를 다음 예시와 같이 확보하여야 한다.

(가) 화학물질명 및 제품명: 아세톤 (Acetone)

(나) CAS No. : 67-64-1

(다) 물질의 분류특성: 관리대상 유해물질, 작업환경 측정물질, 노출기준 설정물질, 제4류 제1석유류 (고인화성 물질)

### 5.3.2 위험관리

(1) 인화성 액체는 내화성 용기에 저장하되, 물질의 물성에 따라 대기 중에 저장할 수 있다.

(2) 인화성 액체를 사용할 때에는 밀봉이 가능한 용기에 브러시를 담그고, 최소한의 사용량만을 보유하여야 한다.

(3) 인화성 액체를 사용하는 용기는 접지 등의 조치를 취하여 정전기의 발생 및 방전을 방지하여야 한다.

(4) 인화성 액체를 취급하는 작업장은 5.2.2항 (4)호 및 (5)호의 내용을 준수하여야 한다.

### 5.3.3 누출, 회수 및 폐기

(1) 인화성 액체 용기를 완전히 비우고 청소하지 않는 한, 가연성 증기운의 위험을 고려하여 인화성 액체가 가득 찬 상태와 동일하게 취급 및 관리하여야 한다.

(2) 인화성 액체에 젖은 천 조각은 금속통에 보관하여 인화성 액체 폐기와 동등하게 관리하여야 한다.

(3) 아세톤은 촉매에 주로 들어있는 과산화물과 폭발적으로 반응할 수 있으므로 아세톤 회수 시 촉매용기로 사용하였던 용기에 넣어서는 안 된다.

(4) 누출된 인화성 액체를 회수할 때에는 전용 강철용기나 0.03 m<sup>3</sup> (30 리터) 이하의 밀폐성이 우수한 금속제 용기를 이용하도록 하되, 뚜껑을 밀봉하여야 한다.

## 5.4 가연성 수지 및 가연성 분진

### 5.4.1 가연성 수지의 위험관리

(1) 일반적으로 FRP 제조에 사용되는 수지는 스티렌을 포함하는 수지와 같은 가연성 수지이고, 가연성 증기운의 발생 위험이 있으므로 인화성 가스 및 인화성 액체를 취급하는 때와 같은 관리방안과 누출·회수·폐기 방안을 준용하는 것이 바람직하다.

(2) 가연성 수지는 적절한 환기시설과 내연성을 갖춘 대기 상태에서 보관한다.

### 5.4.2 가연성 분진의 위험관리

(1) 가연성 분진은 다듬기, 드릴작업, 톱작업 등에서 생성된다. 이들 작업에서 발생하는 분진 혹은 먼지를 저감하기 위한 방안을 강구하여야 한다.

(가) 디스크 샌딩(Disc sanding)은 다른 작업에 비해 더 많은 먼지를 일으킨다.

(나) 먼지 발생이 많은 작업은 디스크 샌딩, 톱질과 절삭, 드릴, 오비털 샌딩(Orbital sanding) 순이다.

(2) 다듬기 작업을 최소화할 수 있는 공정계획을 수립하는 것이 바람직하다.

(가) 작은 성형물의 경우, 정리 장비와 에어벤치를 이용한다.

(나) 성형물의 면적이 2 m<sup>2</sup>를 초과하는 경우, 부스(Booth)를 이용하여 다듬기 작업을 수행한다.

(3) 하루 최대 1시간 정도 다듬기 작업을 부정기적으로 하는 경우에는 폭발위험장소로 선정할 필요가 없도록 작업을 관리하는 것이 바람직하다.

(4) 정기적이거나 하루 1시간을 넘는 다듬기 작업의 경우, 폭발위험장소를 구분하여 적합한 전기기계·기구를 설치하여 작업하여야 한다.

(5) 폭발위험이 있는 장소에서는 먼지를 제거할 수 있는 진공청소기를 안전하게 이용하여야 한다.

- (가) 빗자루나 에어브러시로 먼지를 불어내거나 쓸어내서는 안 된다.
- (나) 먼지 추출장치와 진공청소기는 정기적으로 자주 비워야 한다.
- (다) 먼지 추출장치는 먼지가 작업장 및 외부로 유출되지 않도록 하여야 한다.

## 6. 점검 및 유지관리

5항에서 제시한 안전관리 방안은 지속적으로 유지되어야 한다. 이를 위하여 다음과 같은 점검 항목을 매일, 매월 및 매년 실시하는 것이 바람직하다.

### 6.1 일상 점검항목

- (1) 모든 수지, 아세톤, 촉매제, 가속물이 적절하게 봉인되어 있으며 사용 후 정확한 저장 장소에 반환되는가?
- (2) 누출된 내용물을 모두 제거하였으며 흡수재를 충분히 마련하였는가?
- (3) 디스펜서 병의 손상 여부를 점검하고 교체한다.
- (4) 필요 없는 곳에 촉매 용기가 있는지 확인한다.
- (5) 브러시가 열려있는 용기에 방치되어 있는지, 쉽게 열리는 용기에 들어있는지 확인한다.
- (6) ‘안전 구역’ 외에서는 작업이 진행되지 않도록 한다.
- (7) 빈 용기는 수집을 위해 올바른 저장 장소에 반환되었는가?
- (8) 촉매 용기가 일반 쓰레기 처리 장소에 있지 않은지 확인한다.

### 6.2 월간 점검항목

- (1) 저장장소는 모두 올바르게 표시되어 있고 좋은 상태를 유지하고 있는가?

- (2) 드로퍼의 용기가 새지 않는지 확인한다.
- (3) 안전 구역에 적합하지 않은 전자장비가 있는지, 기타 발화 원인이 있지 않은지 확인한다.
- (4) 장비를 이용하여 먼지를 제거하는 추출 작업을 올바르게 실시하고 있는가? (먼지가 건강 위험에 관련이 있는 경우 이 사항은 법적 요건에도 해당한다.)

### 6.3 년간 점검항목

- (1) 자격을 갖춘 자가 전자 장비의 봉인이 파손되지 않았는지
- (2) 방염 간격이 유지되고 있는지를 확인한다.