

KOSHA GUIDE

P - 36 - 2012

펄프·지류 제조업의 안전관리에 관한  
기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 강 미 진

○ 개정자 : 한 우 섭

○ 제 · 개정 경과

- 2010년 08월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- EPA, "The pulp and paper industry, the pulping process, and pollutant releases to the environment", 1997
- Wendy L. coyle, "Process safety management and the pulp and paper industry", 1995
- 영국 HSE 자료
- 국내 펄프제지산업 기술자료 등

○ 기술지침의 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

## 펄프·지류 제조업의 안전관리에 관한 기술지침

### 1. 목 적

이 지침은 소규모 사업장에서 펄프 및 지류를 제조함에 있어서의 위험요인과 안전 대책을 제시함으로써 위험물질로 인한 화재 등의 사고를 예방하는데 필요한 관리 지침을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 2. 적용범위

이 지침은 목재, 폐지 등을 이용하여 펄프 및 지류를 제조하는 모든 사업장에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “펄프 (Pulp)”라 함은 목재나 그 밖의 섬유 식물에서 기계적·화학적 또는 그 중간 방법에 의하여 얻는 셀룰로오스 섬유의 집합체를 말한다.

(나) “침지공정 (Digestion process)”이라 함은 화학적 방법에 의한 펄프제조 공정 중 목재에 포함된 리그닌을 적절한 용액으로 녹여내어 셀룰로오스로부터 분리 해내는 공정을 말한다.

(다) “리그린 (Lignin)”이라 함은 목재에 포함된 성분으로 셀룰로오스를 결합시키는 접착제 역할을 하는 열경화성 물질을 말한다.

(라) “셀룰로오스 (Cellulous)”라 함은 목재의 구성성분 중 하나로 통상 목재 중 40~50%를 차지하는 다당류를 말하며 섬유소라고도 한다.

(마) “표백”이라 함은 염소, 차아염소산염, 이산화염소 혹은 산소와 과산화물 등을 이용하여 펄프의 색깔을 하얗게 하는 것을 말한다.

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

## 4. 펄프·지류 제조업의 위험요인

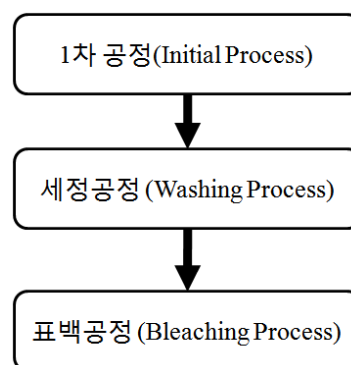
### 4.1 펄프·지류 제조공정의 일반사항

#### 4.1.1 펄프 제조공정의 일반사항

(1) 펄프는 제조하는 공법에 따라 다음과 같이 분류된다.

- (가) 화학펄프(Chemical pulp: CP): 아황산법, 소다법, 크라프트(Kraft, 황산염법)으로 만든 펄프 등이 있다.
- (나) 기계펄프(Mechanical pulp: MP): 나무를 갈아서 만든 쇠목펄프 및 가압쇠목펄프, 리파이너(Refiner)로 해섬하여 만든 리파이너기계펄프 등이 있다.
- (다) 반화학펄프(Semi-chemical pulp): 산성아황산염, 중성아황산염 등으로 만든 화학펄프 등이 있다.
- (라) 화학열기계펄프(Chemical thermo-mechanical pulp): 나무칩을 화학약품으로 전처리한 후 고온의 기계로 만든 펄프 등이 있다.

(2) 펄프 제조공정은 크게 [그림 1]과 같이 분류된다.



<그림 1> 펄프제조공정 흐름도

(3) 펄프를 표백한 후에는 펄프에 남아있는 수분을 제거하는 공정이 이어지는 것이 대부분이며, 주로 탈수와 건조공정으로 이루어진다.

(4) 펄프 제조공정의 부대시설로는 사용한 화학약품의 처리 및 회수설비로 보일러, 증

발기(Evaporator), 농축기, 폐수설비 등이 있다.

#### 4.1.2 지류 제조공정의 일반사항

(1) 지류 제조공정은 크게 다음과 같이 분류된다.

- (가) 조성공정: 지류를 제조하기 전 준비공정으로 종이의 원료인 펄프를 해리, 고해 및 충전제를 비롯한 각종 약품을 배합하는 과정을 거친다.
- (나) 초지공정(Paper making): 종이의 원료를 탈수 및 건조하는 등의 공정을 말한다.
- (다) 도공공정(Coating process): 인쇄적성 및 화상 재현성을 향상시키기 위하여 종이표면에 화학약품을 도포하고, 최종 건조하는 공정을 말한다.
- (라) 완정공정(Finishing process): 제조된 종이를 수요자의 요구에 따라 절단하고 포장하여 창고에 이송하는 과정을 말한다.

(2) 지류를 제조하기 위하여 필요한 부대설비 및 부대공정은 다음과 같다.

- (가) 용수설비: 제조공정에 필요한 물을 공급하는 설비를 포함한다.
- (나) 폐수설비: 제조공정 중 발생하는 각종 폐수를 처리하는 설비로 화학적 폐수처리 및 생물학적 폐수처리설비로 구분된다.
- (다) 소각설비: 제조공정 중 발생하는 각종 슬러지(Sludge)나 폐기물을 소각하는 설비를 포함한다.

### 4.2 펄프·지류 제조공정의 위험요인

#### 4.2.1 공정별 주요 위험요인

펄프·지류의 제조 시 각 공정에서 위험 요인으로 작용할 수 있는 요소는 다음과 같다.

- (1) 통나무 및 목재칩(Chip)의 취급: 복잡한 기계설비, 회전기기 및 운송기기
- (2) 연속식/회분식 침지(Digester): 고압·고온의 운전조건, 고농도의 산·알칼리
- (3) 기계펄프 제조: 복잡한 기계설비, 고온·고압의 운전조건
- (4) 석회가마(Lime kiln): 고온의 운전조건, 회전기기, 인화성 물질의 소각

- (5) 유압시스템(Hydraulic system): 고압의 운전조건, 회전기기, 기름(Oil)의 사용
- (6) 스팀 공급: 고온·고압의 운전조건, 2상 흐름(2-phase flow) 가능성
- (7) 회수 보일러(Recovery boilers): 고온·고압의 운전조건, 인화성 물질의 소각, 수증기 폭발 가능성, 인화성 가스의 폭발
  - (가) 회수 보일러가 고온으로 운전되기 때문에 극소량의 수분이 존재하더라도 순간적인 증발로 인한 물리적 폭발이 일어날 수 있다.
  - (나) 회수 보일러의 화염이 꺼졌다가 다시 가동될 때, 가동 전에 충분히 퍼지하지 않으면 폭발이 일어날 수 있다.
- (8) 초지기(Paper machines): 복잡한 기계설비, 회전기기, 건조공정의 고온·고압의 운전조건
- (9) 창고: 복잡한 기계설비, 운송기기

#### 4.2.2 펄프 제조공정별 위험요인

- (1) 화학적 및 반-화학적 펄프제조공법의 1차 공정은 침지공정으로 시작된다.
  - (가) 침지공정에 사용되는 화학물질은 주로 포름알데하이드(Formaldehyde), 메탄올(Methanol), 아세트알데하이드(Acetaldehyde) 및 메틸에틸케톤(MEK: Methyl ethyl ketone) 등으로 <표 1>에서 보는 바와 같이 각각의 물질은 대부분 독성 위험요인과 인화성 위험요인을 가지고 있다.
  - (나) 인화성 물질이 외부로 누출될 가능성이 있는 곳은 화재 및 폭발 위험이 존재한다.
  - (다) 독성 물질이 외부로 누출될 가능성이 있는 곳에서의 작업은 노출농도에 따라 근로자의 건강에 급성영향 혹은 만성영향을 초래할 수 있다.
- (2) 세정공정은 용해된 리그닌과 침지공정 후 남아있는 화학물질을 세척하는 공정으로 <표 1>의 화학물질을 회수하는 공정이 포함될 수 있다.
- (3) 표백공정은 염소, 차아염소산염, 이산화염소, 산소 및 과산화물이 사용될 수 있는데, 공정에서 클로로포름(Chloroform), 메탄올, 포름알데하이드 및 MEK 등의 인화성 및 독성물질이 표백공정에서 생성될 수 있다.

<표 1> 표백공정에서 취급되는 주요 화학물질의 특성

물질명		포름알데하이드	메탄올	아세트알데하이드	메틸에틸케톤
CAS No.		50-00-0	67-56-1	75-07-0	78-93-3
NFPA Rating	Nh	3	1	3	1
	Nf	2	3	4	3
	Nr	2	0	2	0
녹는점 [℃]		-92	-98	-123.5	-86
끓는점 [℃]		-21	65	20.2	80
인화점 [℃]		-	12	-39	-9
가연범위 [%]		7 ~ 73	6 ~ 35.6	4 ~ 60	1.8 ~ 11.5
증기밀도			1.1	1.5	2.41
비중		-	0.79	0.788	0.8
자연발화온도 [℃]		430	385	185	505
TLV STEL [ppm]			250	150	300

#### 4.2.3 지류 제조공정별 위험요인

- (1) 조성공정은 종이의 지합을 개선하고 강도를 향상시키는 외에 종이에 내수성을 부여하기 위하여 사이즈제(Size agent) 등 화학약품을 사용하므로, 이들 화학약품의 취급 시 외부에 유출될 경우 미끄러짐을 유발하거나 건강 장애를 유발하는 등 안전·보건상 위험요인이 있다.
- (2) 초지공정은 압착과 같이 기계를 이용한 탈수 및 고온의 열풍 등을 통해 건조하는 공정이므로, 협착, 말림 및 화상 등의 위험요인이 있다.
- (3) 도공공정은 종이표면에 도료를 도포하고 건조하는 과정에서 열풍 및 고온에 의한 화상 위험요인이 있다. 또한 도포하는 화학약품이 인화성일 경우 건조과정 중 발생한 화학약품의 증기로 인한 화재 위험요인이 있다.
- (4) 완성공정은 캘린더 성형, 압착, 제단 등의 기계적 작업으로 협착, 전단 등의 위험요인이 있다.

- (5) 지류제조공정은 발생하는 폐수를 미생물을 이용하여 생물학적으로 처리하는 경우 폐수의 저장탱크 내에서 박테리아의 활동으로 인화성 가스가 발생할 우려가 있다.
- (6) 소각용 연료공급 배관에서 인화성 액체나 가스가 누출될 경우, 고온의 설비 및 화염과 접촉함으로써 화재의 위험이 있다.

#### 4.3 기타 위험요인

- (1) 펄프 및 지류는 모두 인화성 물질이므로 화재 및 폭발 발생 시 화재의 확산을 초래할 수 있다.
- (2) 펄프·지류 가공 시 발생하는 분진은 결막염 및 호흡기 질환을 유발하는 등 근로자의 건강에 악영향을 끼칠 수 있다.
- (3) 목재를 원료로 사용하는 경우, 나무, 분진, 껍질 및 수액 등의 접촉으로 팔, 손등, 얼굴 및 목 등에 염증이 발생할 수 있다.
- (4) 롤 형태의 완성품 적재 시 받침대 등으로 확실히 고정하지 않는 경우, 협착의 위험이 있다.
- (5) 제품 및 원료의 적재 및 운반 시 무게중심을 고려하지 않을 경우, 중량물의 낙하로 인한 재해의 위험이 있다.
- (6) 제품 운반 시 중량물 취급에 따른 근골격계질환이 발생할 위험이 있다.

### 5. 안전대책

#### 5.1 펄프 제조공정의 안전대책

- (1) 침지공정 및 표백공정은 인화성 물질을 취급하므로 이들 물질이 노출될 가능성이 있는 곳은 특히 다음과 같은 화재 및 폭발방지 대책을 수립하여야 한다.
  - (가) 인화성 물질이 외부로 누출될 가능성을 줄이기 위하여 관련 설비 및 부속설비는 가능한 한 폐쇄계(Closed system)로 운영하는 것이 바람직하다.
  - (나) 인화성 물질의 저장, 취급 장소는 노출 가능성에 따라 폭발위험장소로 구분하여 방폭전기기기·기구를 사용하도록 하여야 한다.



- (다) 인화성 물질이 누출될 가능성이 있는 곳은 가스감지기를 설치하여 폭발하한의 10% 이상의 가스농도가 감지되는 경우 경보발생 및 조치계획을 수립하여 운영 하는 것이 바람직하다.
- (2) 펄프·지류 가공 시 분진이 발생할 수 있으므로 강제환기설비를 갖추거나 국소배기 장치를 설치하는 것이 바람직하다. 다만, 이들 설비의 설치가 어려울 경우에는 호흡기보호구를 착용하도록 하며, 작업장 주변에 분진이 쌓이지 않도록 한다.
- (3) 목재를 취급할 때에는 껍질 및 수액 등의 접촉으로 염증이 발생할 수 있으므로 소매가 긴 작업복을 입도록 하며, 얼굴, 목, 손 등이 가능한 한 접촉하지 않도록 개인 보호구를 착용하는 등 주의하여야 한다.

## 5.2 지류 제조공정의 안전대책

- (1) 지류 제조공정에서 사용되는 기기는 대부분 대형의 회전말림의 위험점을 가지므로, 이들 기계에 대한 방호장치를 법규 요구사항에 맞게 점검하고 검사하여야 한다.
- (2) 지류 제조공정에서 사용하는 화학약품은 대부분 건강상 악영향을 줄 수 있으므로 피부나 눈에 들어가지 않도록 개인보호구를 착용하여야 한다.
- (3) 화학약품의 취급 시 바닥에 쏟는 경우 바닥이 미끄러워 넘어지는 사고를 유발할 수 있으므로 바닥에 액체가 고이지 않도록 경사를 두거나 즉시 닦아낼 수 있는 방재용품을 인근에 비치하여야 한다.
- (4) 건조공정에서 사용되는 열풍이나 고온의 기기 표면에 운전자가 접촉하지 않도록 개인보호구를 착용하거나 단열처리(Insulation)를 하는 것이 바람직하다.
- (5) 폐수처리설비 및 폐수 저장탱크에 인화성 가스의 발생우려가 있으므로 온도와 압력을 주기적으로 확인하고 관련 설비를 개방하여야 하는 경우에는, 개방 전 인화성 가스의 농도를 측정하는 것이 바람직하다.
- (6) 소각설비에 사용되는 연료가 주변으로 누출되지 않도록 연결부 등의 밀폐성능을 주기적으로 점검하고 검사하여야 한다. 또한 연료의 누출 가능성이 높은 곳에는 가스감지기를 설치하는 것이 바람직하다.
- (7) 소각설비의 가동정지 후 재가동할 경우에는, 반드시 소각설비 내부를 불활성 분위기로 퍼지한 후 내부에 인화성 가스가 없다는 것을 확인하여야 한다.

### 5.3 기타 안전대책

- (1) 펄프 및 지류는 인화성 물질이므로 주변에 고온설비, 화염, 정전기, 스파크 등의 점화원이 존재하지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 펄프·지류 가공 시 발생하는 분진은 8시간 노출 시 평균값으로 5 mg/m<sup>3</sup> 이하의 양으로 관리하는 것이 바람직하다.
- (3) 롤 형태의 제품은 경사가 없는 곳에 적재하고, 바닥에 받침대를 고정하여 예상치 못하게 굴러가지 않도록 하는 것이 바람직하다.
- (4) 제품 및 원료는 적재된 물품의 상부에서부터 차례대로 운반하며, 중간이나 바닥에 있는 제품을 먼저 꺼내지 않도록 하여야 한다.