

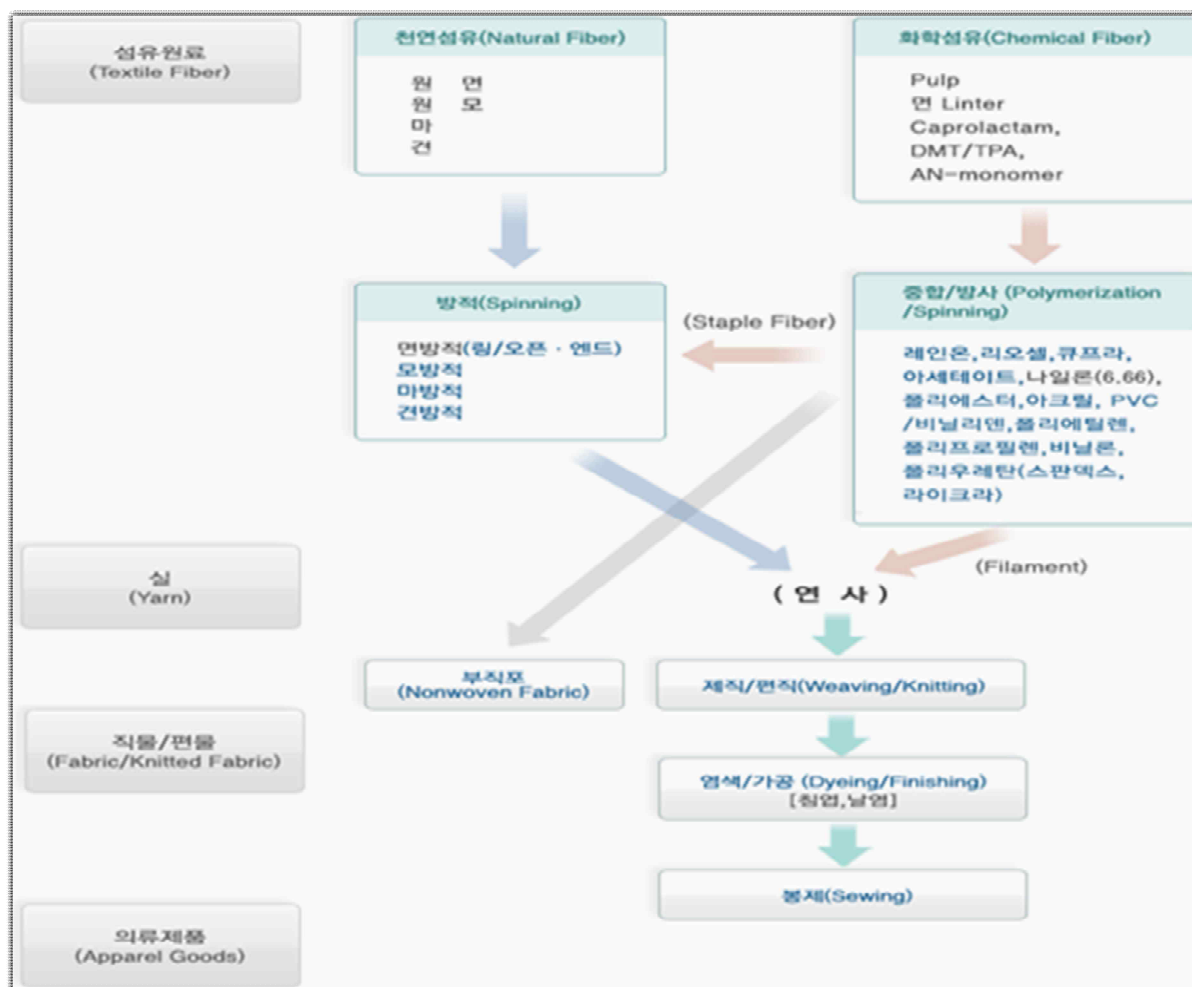
텐터기의 위험성 분석 및 대책

I. 개요

1. 섬유산업 공정의 분류

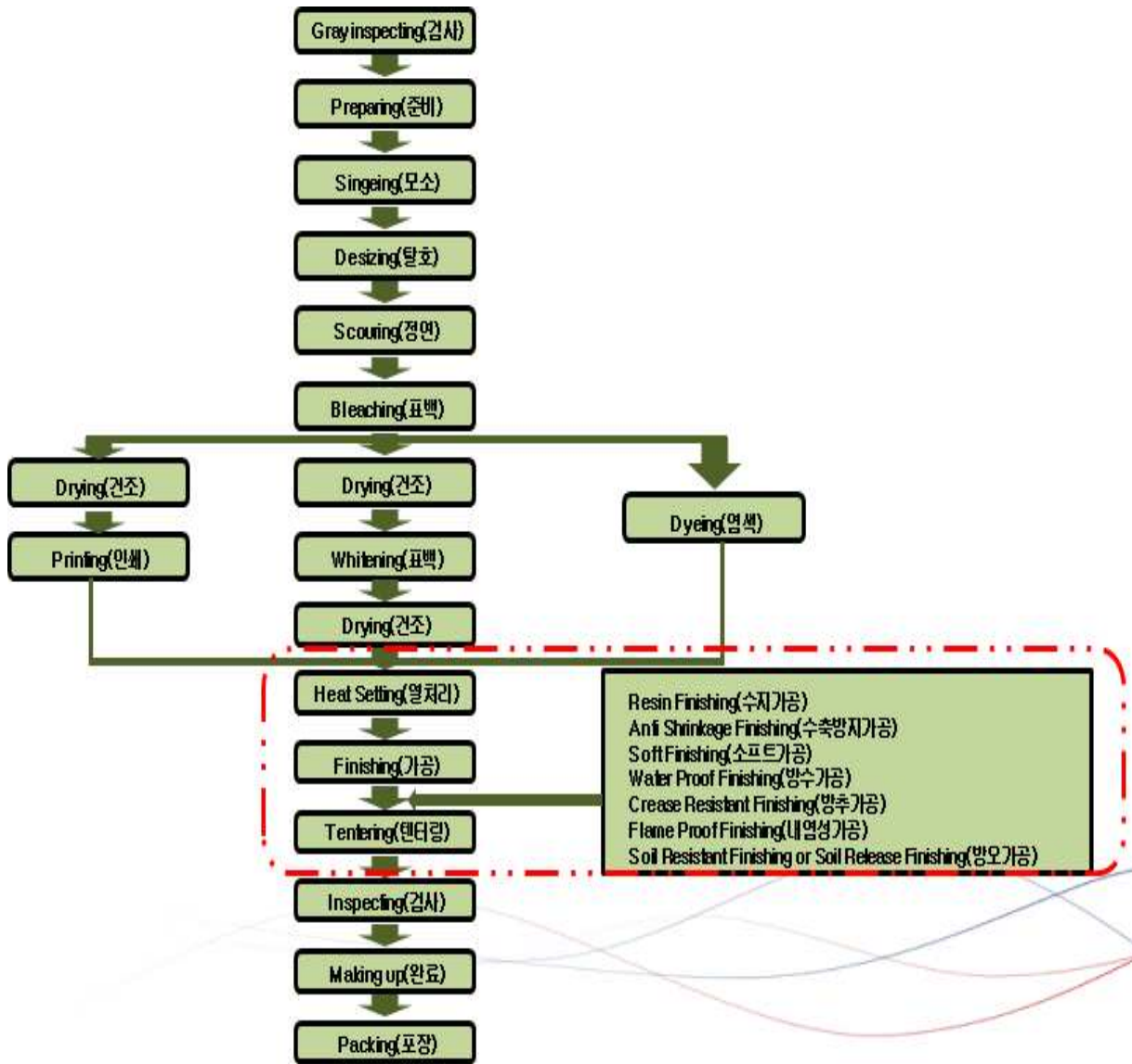
섬유산업은 크게 4가지 공정으로 나뉜다.

- 가. 원사제조공정: 천연소재 및 화학섬유 재료를 섬유재의 칩으로 가공하거나 실을 뽑는 공정
- 나. 제직공정: 생산된 원사를 사용하여 직물을 제조하는 공정
- 다. 표백 및 염색공정: 제직된 섬유 원단을 표백 및 염색하는 공정
- 라. 봉제공정: 염색된 원단으로 제품을 만드는 공정



<섬유산업 공정도>

그 중에서 텐터기가 사용되어지는 염색공정 차트는 아래와 같다.



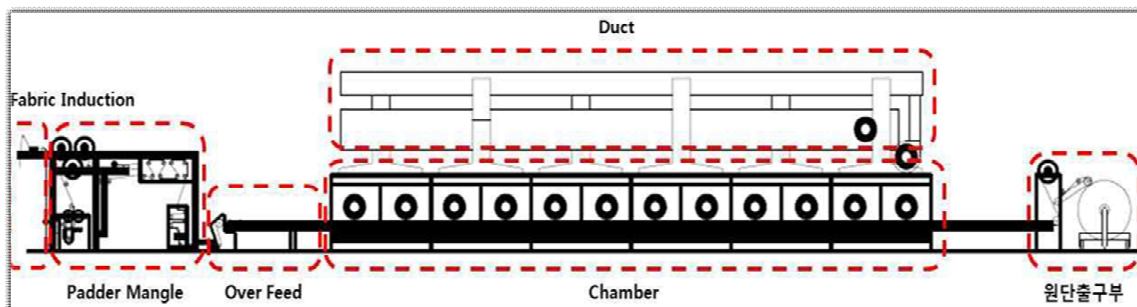
<염색공정 차트>

2. 텐터링의 정의 및 텐터링이 필요한 이유

텐터링(Tentering)의 사전적 정의는 순수 한국어로 폭내기라고 명명되어지는데 일종의 다림질로 이해하면 된다. 직물가공공정 중 정련, 표백, 염색, 가공 등의 습식공정을 거치면 직물은 경사방향으로 장력을 받기 때문에 폭 방향으로 많이 수축되며 수축된 섬유를 원래의 폭으로 되돌려서 조직을 바로 잡기 위해 직물에 일종의 잡아당기는 힘을 주는 것이 텐터과정이다.

II. 텐터기 구조의 이해 및 분류

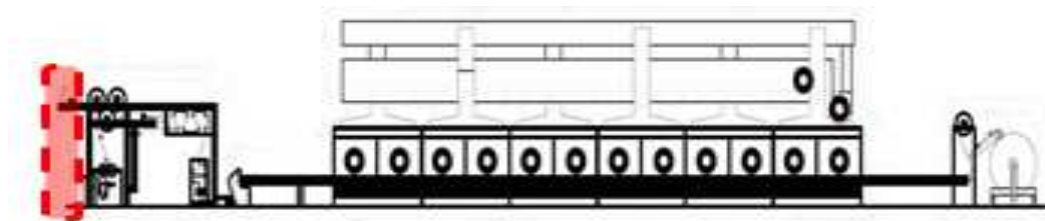
1. 텐터기의 구성



<텐터기의 전체적인 구성>

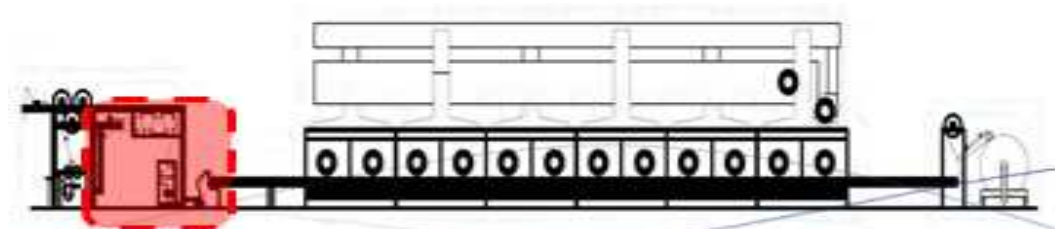
1) 원단 도입부(Fabric Induction)

원단 투입을 위해 원단을 펴주고 센터링(중심화)한다.



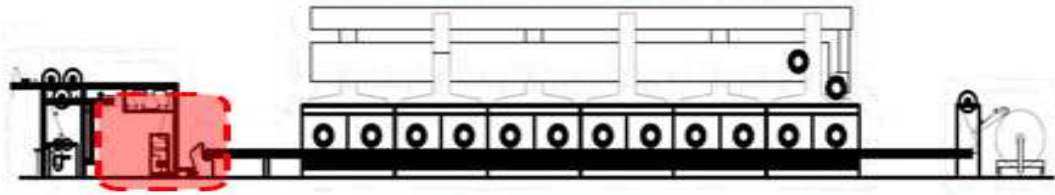
2) 패더 망글부(Padder Mangle)

두 개의 롤 사이로 원단을 통과시켜 짜줌으로써 원단에 고른 염색약제 함유가 되도록 해주며 약품처리(유연제, 대전방지제)를 하여 섬유 품질을 높이는 역할을 한다.



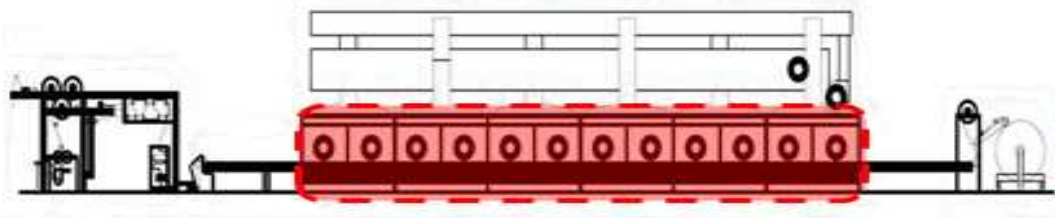
3) 오버피드부 (Over Feed)

입구로부터 원단을 끌어주는 피드인 장치이며 원단의 밀도를 맞춰주기 위한 오버피드 장치, 원단을 텐터핀 체인에 꼽아주는 핀닝장치, 원단의 변사에 핀이 물릴 수 있도록 해주는 자동추종장치 등이 있다.



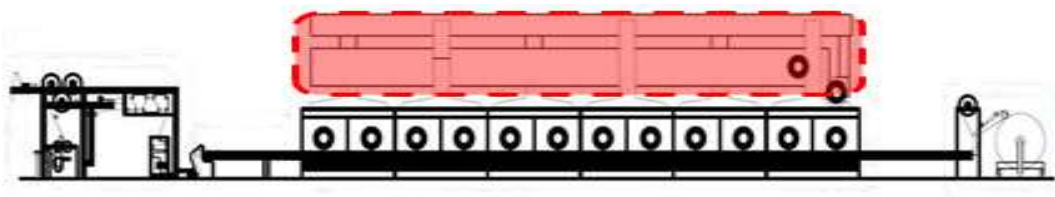
4) 챔버부(Chamber) - 건조 챔버부와 냉각 챔버부로 나뉘어짐.

건조 챔버부는 열 교환기를 통해 데워진 열풍을 팬을 통해 노즐로 분사하여 원단에 포함된 수분을 증발시키고, 냉각 챔버부는 챔버에서 데워진 원단을 상하 설치된 노즐을 통하여 외기의 차가운 바람을 원단에 분사하여 식혀 주는 역할을 한다.



5) 덕트부(Duct)

챔버부에서 배출된 열을 흡수하기 위해 배출 덕트에 열교환기를 설치하여 외부 공기와 열교환해 가열된 공기를 텐터기에 공급하여 주고 공정과정 중 발생한 유독가스를 집진기로 보내 주는 역할을 한다.

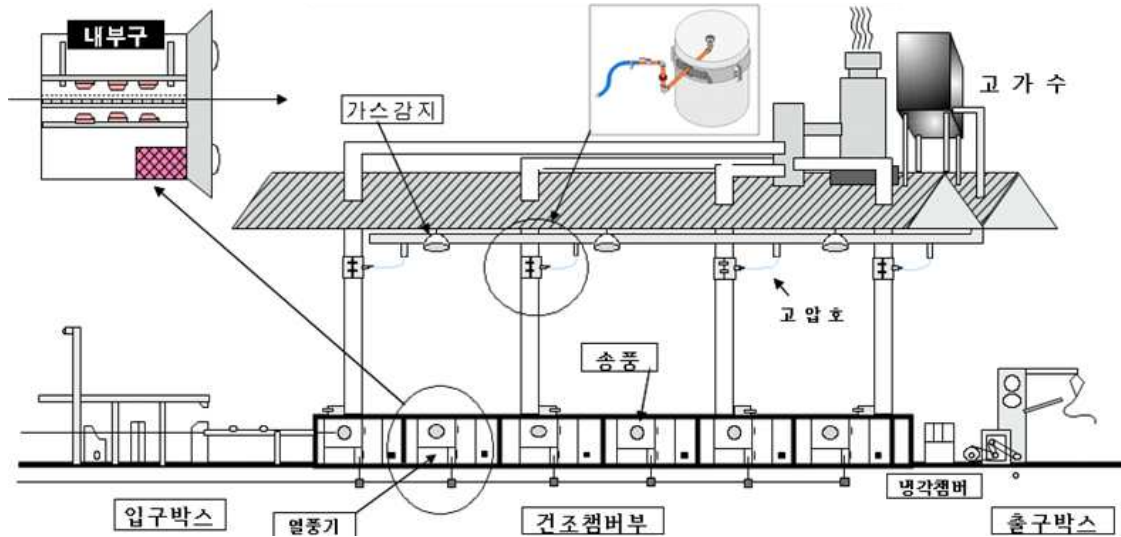


6) 집진기(Dust Collector)

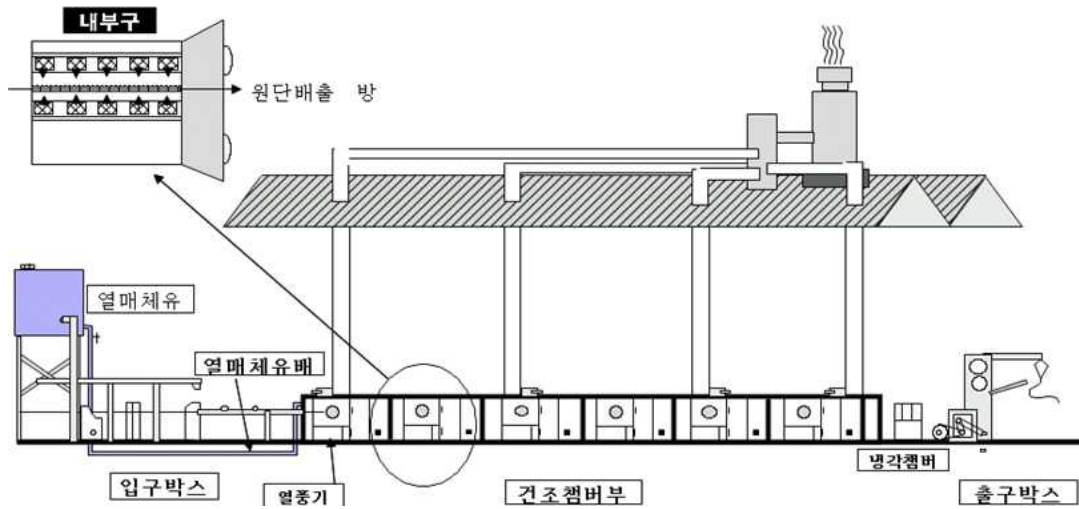
집진기에는 가스상 물질처리 구분에 따라 흡수탑, 흡착탑, 직접연소법, 촉매산화장치 등으로 집진장치가 구분되어지며 예전에 설치된 텐터기의 집진기는 보통 활성탄을 흡착제로 이용해 굴뚝에서 정화된 공기를 배출시키는 역할을 하며, 근래에는 대부분 흡수탑으로 집진장치를 설치하는 실정이다.

2. 텐터기의 분류

1) 열이용 방식에 따라 직화식(가스를 열원으로 사용) 및 간접식(열매체유 등을 열원으로 사용)으로 분류된다.



< 직화식(가스식) 텐터기 주요부분 >



< 열매체유방식 텐터기 계통도 >

2) 챔버수에 따라 6챔버, 8챔버, 12챔버 등으로 구분되며 보통 8챔버를 사용한다.

• 6챔버



• 8챔버



3) 연돌(연통)에 따라 다연돌과 2연돌로 구분된다.



Ⅲ. 화재 분석에 따른 화재 사례 및 대책

1. 화재 분석

1) 텐터기 설비의 화재 원인별 현황

아래 표는 7년 동안의 대구지역 내 텐터기 설비의 화재 원인별 현황을 나타내는 표이다.

연도 화재원인	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	합계	비율(%)
텐터 과열	13	25	17	34	30	16	18	153	91.62
용접	-	-	1	1	-	-	-	2	1.20
단락	-	-	-	-	1	-	-	1	0.60
가스 누출	1	-	-	-	-	1	-	2	1.20
모터과열	-	-	-	2	-	-	-	2	1.20
부주의	-	-	-	1	1	-	-	2	1.20
담배꽂초	-	-	1	-	-	-	-	1	0.60
기타	-	-	-	1	1	-	-	2	1.20
합계	15	25	19	40	33	17	18	167	100

텐터 과열로 인한 화재 발생이 대부분을 차지하고 있다. 그 외 덕트 부분 용접으로 인한 불티가 점화원으로 작용하거나 전기적 요인(단락), 모터 과열 등의 고온표면이 점화원으로 작용하는 등 여러 가지 화재 원인을 살펴 볼 수 있다.

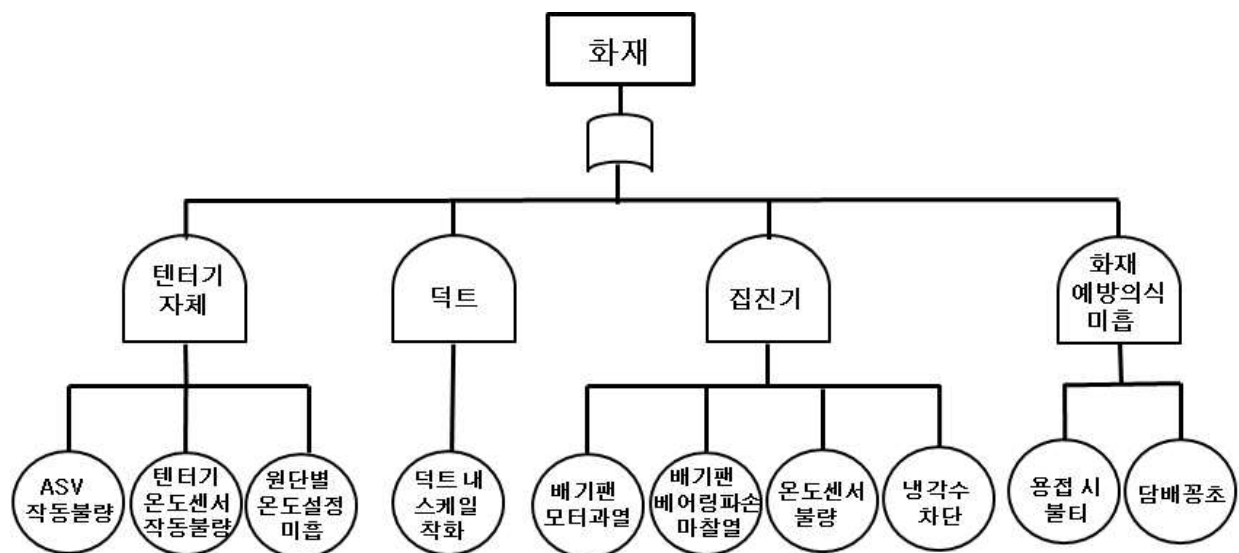
2) 텐터기 설비의 최초 발화지점

텐터기의 구성 중 덕트와 집진기 부분에서 약 80%의 화재가 발생한 것을 볼 수 있어 위험성 분석 시 이 부분에 초점을 맞추어야하는 것을 알 수 있다.

연도 화재원인	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	합계	비율(%)
텐터기	2	5	4	6	5	5	6	33	20.25
덕트	7	8	11	16	20	9	9	80	49.08
집진기	4	12	3	18	7	3	3	50	30.67
합계	13	25	18	40	32	17	18	163	100

3) 텐터기 발화위험성의 FTA(Fault Tree Analysis)

상기 텐터기 설비 최소 발화지점에 따른 FTA를 구성함으로써 각 부분별 발화 위험성에 대해 한눈에 살펴 볼 수 있으며 FTA를 확장해 나감으로써 여러 위험 요소를 추가 할 수 있을 것이다.



2. 화재사례

1) 덕트 부분에서의 화재 사례

- 일자: 2008-05-15 00:14
- 화재진압시간: 2008-05-18 00:48
- 업종: 섬유염색
- 화재상황: 텐터기 내부에서 불티 발생하여 덕트 내부에 흡착된 섬유분진으로

불티 착화 후 훈소의 형태 진행되다 화재 발생

- 섬유공장은 대부분 1980년 대 수출 드라이브 산업으로서 산업단지를 구성하고 있어 화재 시 타 공장으로의 연소확대 위험성이 높으나, 초기 화재진압으로 인접공장으로 연소 확대는 안 됨.



<공장 외부 전경>



<공장 내부 전경>



<화재 당시 공장 내부 상황>



<덕트에서 화염 분출 당시 모습>

2) 집진기 부분에서의 화재 사례

- 일자: 2010-10-07 14:41
- 화재진압시간: 2010-10-07 14:51
- 업종: 섬유염색



<화재 당시 공장 외부전경>



<화재 진압 당시 전경>



<탄화된 배기팬>



<열손상된 집진기>

- 화재상황: 24시간 가동되는 섬유공장 옥상 집진기에서 발생한 화재로 집진기 배기팬에서 마찰 스파크 발생하여 집진기 내부로 불티가 유입됨. 불티가 점화원으로 작용하여 집진기 내부에 남아있는 섬유분진 등에 착화되어 화재 발생

3. 텐터기(덕트, 집진기, 망글부)의 화재 예방 및 소화 대책

1) 스케일 생성 과정 및 특징

결로현상으로 인하여 분진이 집진기에 집적되지 못하고 덕트 내부에 스케일(가연물)이 발생되어 대부분의 텐터기 화재가 이 슬러지가 가연물로 작용하여 화재가 발생됨. 스케일은 오일성분(잔사 등의 화학성분 집적)으로 화재 시 연소속도가 3~4 m/s로 빠른 연소속도를 보임. 또한 섬유별로 생성되는 슬러지가 다르다는 점은 연소속도에 일정부분 영향을 끼친다고 볼 수 있음.



<면, 모직물 스케일>



<나일론, 폴리에스터 스케일>

2) 덕트 내 스케일 집적 방지 대책

- 가. 내외부 덕트를 보온함으로써 덕트 내부와 외부온도 차이를 최소화하여 결로 현상 방지.(보통 덕트에는 글라스울 50T, 배관에는 글라스울 25T 사용)
- 나. 덕트 굴곡부를 최소화하여 스케일의 집적 방지

- 다. 주기적으로 덕트 교체(1~2년 주기를 권장하나 교체 비용 발생하여 통상 4년 주기로 교체를 하고 있는 실정임)
- 라. 주기적인 덕트 내부 청소(덕트는 높이에 따른 현실적인 어려움 발생)



<덕트 보온>

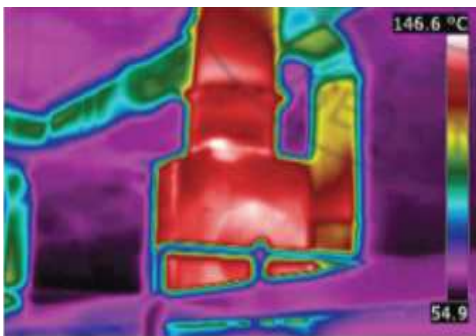


<덕트 굴곡부 최소화>

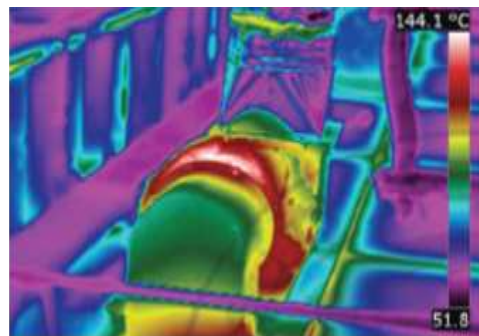
3) 덕트 부분 화재 경보 시스템을 통한 대책

가. 기존 감지기의 문제점

- 150°C 이상의 고온을 사용하는 텐터기 공정상 덕트 화재 조기 감지를 위한 대책으로 현행 감지기는 사용이 불가능한 실정임.
- 정온식감지기 공칭작동 최대 온도 150°C이며 현재까지 형식승인을 받은 정온식감지기의 최고온도는 130 °C임.



<챔버 직상부 온도>



<덕트 온도>

나. 열전대를 이용한 경보 시스템

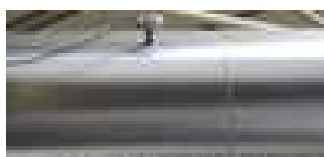
- PT100 센서를 통한 경보 시스템 구성은 다음과 같다.
 - a. 덕트 외부에 구멍을 뚫어 PT100 온도센서 삽입
 - b. 디지털 온도조절기로 세팅 온도 설정.
 - c. 온도조절기에서 PT100센서로 들어오는 저항값 판독하여 온도 측정
 - d. 설정온도에 도달하면 온도조절기 내부 릴레이가 작동하여 화재감지신호 송신



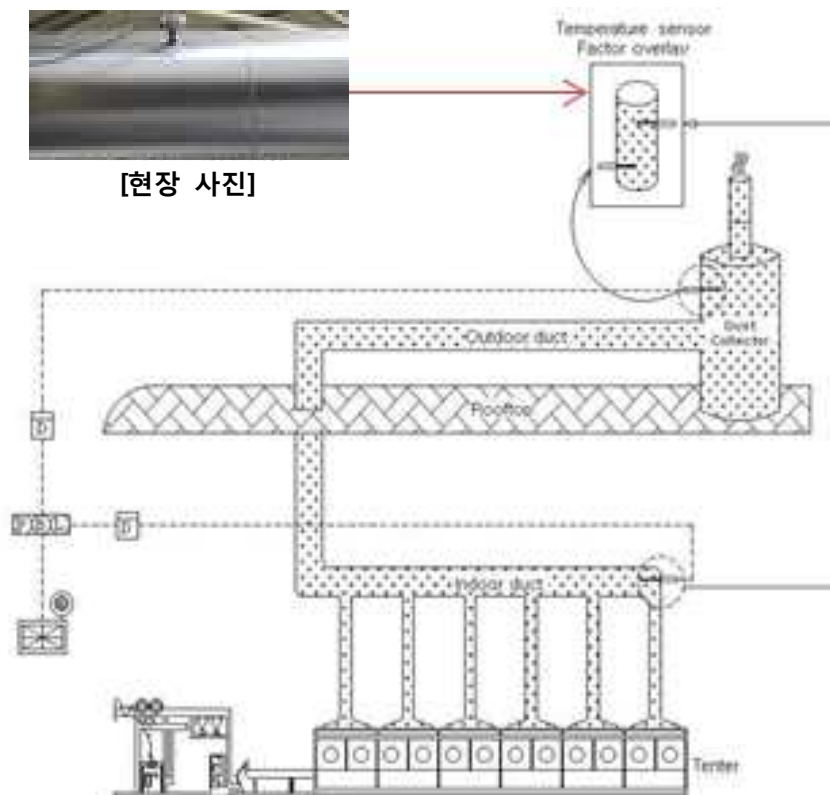
<시험 전 구성>



<시험 당시 연동 상태>



[현장 사진]



Symbol	Name	EA
	Temperature sensor (PT-100)	2
	Digital thermostat	2
	Manual fire alarm station SET	1
	Visual fire alarm apparatus	1
	Fire alarm control panel	1

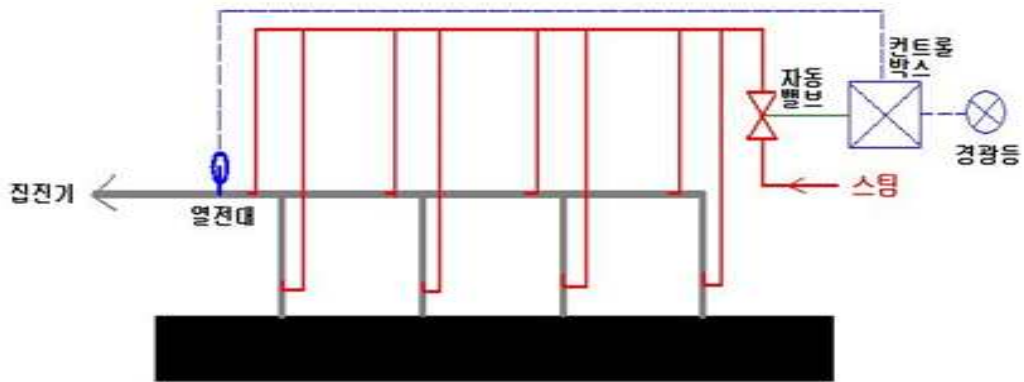
<전체적인 시스템 구성>

- 화재로 인지되기 전 경보를 발한다면 작업 정지 후 텐터기 설비 정지 또는 운용온도 낮춤으로 예방가능하다. 또한 열전대는 PT100 사용하며 측정위치는 측정부위의 센터라인에 위치해야 정확성 높다. 온도측정결과 불규칙적이면 교체 열전대 등을 교체 하여야 한다.

4) 덕트 부분 살수설비 설치를 통한 소화대책 : 소화용수 및 스팀 사용

가. 덕트 내부에 살수설비를 설치하여 자동경보시스템과 연동하여 자동으로 개방하거나 수동으로 밸브를 개폐함. 현재 대부분의 공장은 수동으로 개폐밸브를 조작하여 소화하는 방식으로 살수설비가 설치되어 있으나, 수동조작밸브 주변의 장애물이나 소방훈련 미흡 등에 의해 시설 작동의 신뢰도가 낮은 실정이므로 내부 직원에게 평상 시 수동개폐밸브에 대한 설명, 표지 부착 등을 통해 관리가 요구된다.

자동식 살수설비와 경보시스템을 연동하여 사용한다면 좀 더 효율적인 예방 및 소화대책이 될 것이다. 자동식소화설비 시스템의 구성 및 각 부위를 살펴보면 다음과 같다.



텐터기(8 ~ 10 Chamber Type)

<자동식 살수설비 전체적인 시스템 구성>



<열전대>



<컨트롤 박스>



<자동밸브>



<배관 및 노즐>

살수설비의 유지관리를 살펴보면 온도센서와 연동하여 150°C 경보 발생, 160°C 살수장치 자동 개방 등 현장에 따라 실정에 맞는 온도를 설정하여야 한다.

- 나. 살수 노즐 스케일 방지 위해 월 1회 이상 시험작동이 권장된다. 또한 배관 청소 시 적하되는 물이 텐터기 내부로 누수 되지 않기 위해서 오손된 물을 받을 수 있는 물받이를 각 연통 하단부에 설치하여야 한다.



<수동조작밸브>



<물받이 설치 모습>

- 다. 유지관리 시 기존에 설치된 소화장치를 쉽게 탈부착 가능하도록 밴드를 덕트에 부착하는 방식도 있다. 이때 개방형 헤드는 상향식으로 설치하여 분진 집적을 방지하여야 한다.



<밴드가 덕트에 부착된 모습>



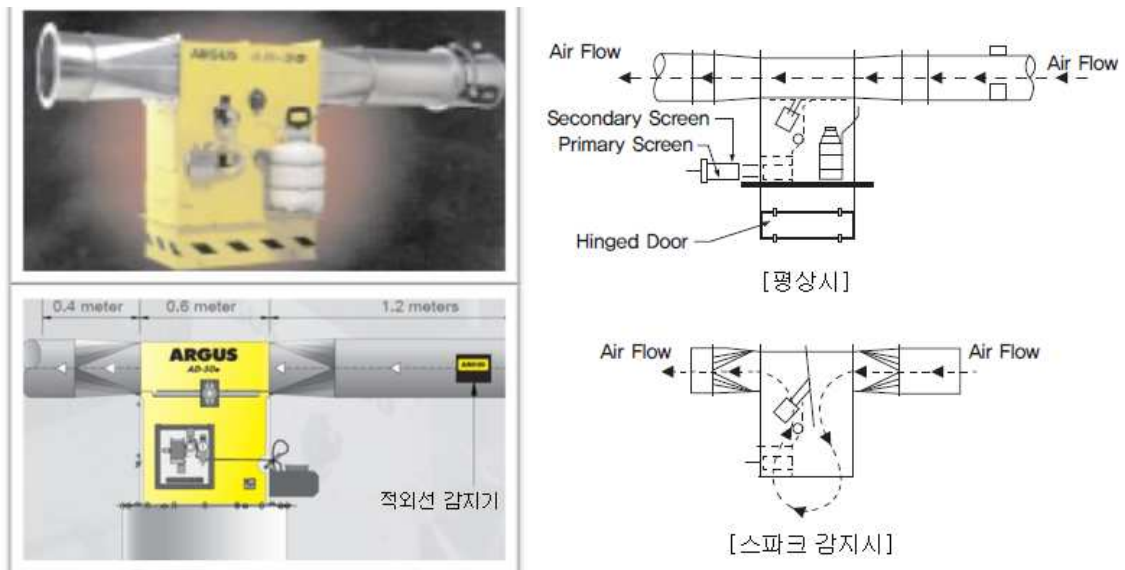
<살수장치 부분>

- 라. 덕트에 설치하는 소화설비 해외 기준을 살펴보면

[IRInformation, I.M 17-21, Cotton Processing]에서는 공조설비 내 덕트에 설치되는 소방설비에는 너비 0.6m 미만의 모든 덕트안의 벽 관통부에는 스파크 억제설비를 설치 및 너비 0.6m 이상의 모든 덕트 안에는 스프링클러헤드를 설치하도록 되어 있다.

[FM Loss Prevention Data, 7-73, Dust Collectors and Collection Systems]에서는 집진장치 내 스프링클러헤드 습식형 설치하며, 헤드개수는 1개/9.3m², 작동온도는 100°C 스프링클러헤드를 설치하며 적외선 또는 연속 라인형 감지설비에 의해 작동되는 폐쇄형 헤드 물분무설비 또는 개방형 헤드 분무설비를 설치하도록 되어 있다.

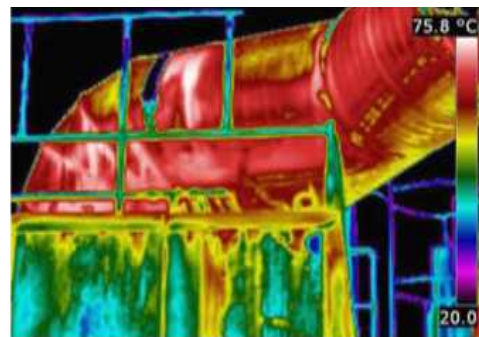
[스파크 전환기(FM global, 7-1, Fire Protection for Textile Mills)]
적외선 감지기가 스파크 감지 시 집합용기로 공기 흐름의 방향을 전환
→ FM-200 소화설비 및 물분무 소화설비로 화재를 진압하는 설비.



5) 집진기의 화재예방 대책 : 경보시스템 및 유지관리



<배기팬 병렬 설치 모습>



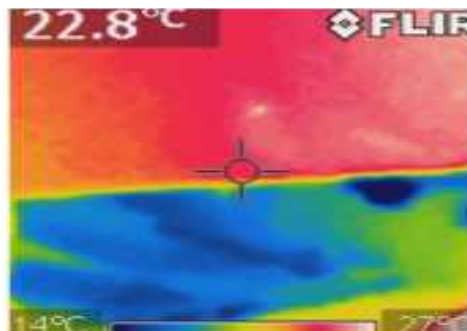
<집진기의 연결 덕트 온도>

집진기 내부에 온도센서를 부착하여 일정온도 이상이면 경보시스템 연동하도록

시스템을 구성한다. 또한 배기팬 작동정지로 인한 덕트 내부 온도 이상 상승 방지하기 위해 배기팬은 병렬로 여유 있게 설치하며, 배기 팬 벨트 노후로 인한 벨트 마찰 및 모터 과열로 인한 발화 위험성 주기적 감시, 팬의 베어링 파손될 경우 마찰로 베어링 내부 오일 착화 방지 위한 주기적 검사 등을 통하여 집진기로 인한 화재를 예방할 수 있다.

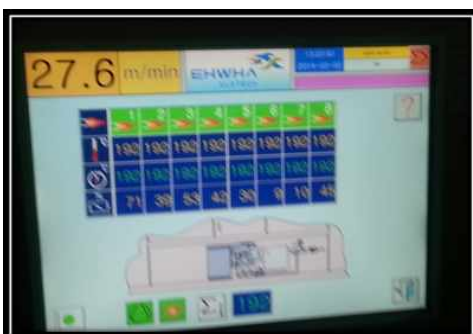
6) 텐터기 망글부에서의 화재 위험성

망글부에서 섬유유연제로 사용하는 부분은 열화상 카메라 촬영과 인화점 확인 결과 정상 상태의 운전에서는 화재 발생 가능성 없으나 기타 부분에서 화재 시 내부가 고온으로 발열 시 연소 확대 가능성 있으므로 구획된 실에서 보관 등 적절한 관리가 필요하다.



7) 기타 유지관리

가. 원단 종류별 텐터기 내부 온도 설정



Manufacture method	Name	Items	Chamber(CH) Temperature(°C)							
			CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CH 7	CH 8
Resin work	C(Cotton) 2001		170	190	190	190	190	190	190	170
Resin work	C 2002		170	190	190	190	190	190	190	170
Resin work	C 2003		170	190	190	190	190	190	190	170
Resin work	C 2004		150	160	160	160	160	160	160	150

나. 지게차 등 외부 충격에 의한 가스배관 및 버너 파손 방지 대책



- 다. 가스누출자동차단장치의 적절한 유지관리
- 라. 텐터기, 덕트 주변 가연물 이격상태, 수동개폐밸브 표시 및 공간확보



[참고문헌]

- 염색공단 화재 예방 대책을 논함(경일대학교 산업대학원 논문)
- 섬유공장 텐터기의 화재위험성에 관한 연구
(2012년도 한국화재소방학회 춘계학술논문발표)
- 텐터기설비의 화재위험성 및 화재경보시스템 제안에 관한 연구
(호서대학교 대학원 논문)
- IRInformation, I.M 17-21, Cotton Processing
- FM Loss Prevention Data, 7-73, Dust Collectors and Collection Systems
- FM global, 7-1, Fire Protection for Textile Mills
- 텐터기 배기덕트의 화재 안전 모델에 관한 조사연구
- 한국화재보험협회 case-study 자료

기 고 : 중앙지부 주임 윤성한

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