

# 텐터가공시 발생하는 분진, 유해가스 제거 및 배가스 Cooling & Recycling 시스템 개발에 관한 연구

차희철·박영환·방보현·\*최년묵

한국생산기술연구원, \*유오ENG

## 1. 서론

섬유염색 및 가공분야의 작업환경은 아직까지 대부분 열악한 상황이다. 공장 내부는 장치에서 발생하는 높은 열과 건조 및 열처리 공정에서 발생하는 고온 다습한 공기로 인하여 아주 더워 작업자의 작업효율을 저하시키고 있고 현장 근로자는 건조 및 Heat-Setting 가공 중 발생하는 비산 먼지와 Oil 가스 등의 다양한 종류의 유해가스에 그대로 노출되어 건강이 치명적으로 위협받고 있다. 또한 부유 분진의 발화에 의한 화재의 위험 역시 항상 도사리고 있어 시급한 개선이 요구되는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 ① 공장내부 온도 상승의 원인 중 60~80%를 차지하고 있는 건조 및 Tenter 설비에서의 열방산을 막고 ② 원단 건조 및 Setting시 발생하는 Oil 가스 및 기타 여러 유해가스와 분진을 한꺼번에 흡입 제거하며, ③ 섬유염색 및 가공업체 화재의 90~95%를 차지하고 있는 텐터 및 건조기의 배기 System에서 방출되는 높은 열과 누적된 오염물질의 발화를 막아 화재를 방지할 수 있는 시스템이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 건조 및 Tenter 설비에서 발생하는 분진 및 유해가스를 흡입하여 제거하고, 가공시 발생하는 고온의 열을 Cooling System을 통해 회수하여 작업장으로 방출되는 방사열의 온도를 낮춰 작업환경 개선 및 화재발생의 위험을 해소하며, 아울러 회수된 열을 재사용 하여 낭비되는 에너지를 절약할 수 있는 분진, 유해가스 제거 및 배가스 Cooling & Recycling System을 개발하고자 한다.

## 2. 장치의 개발

### (1) 가스 및 분진, 냄새 흡입 장치 개발

보통 텐터 내부의 고온에서 발생한 분진 등은 저온의 배기측에서 수증기의 응축과 함께 찌꺼기로 남게 된다. 따라서 텐터의 출구 측에 온도강하에 따라 발생하는 고형물을

Filtering 할 수 있는 흡입덕트를 설치하여 가스 및 분진, 냄새 등을 제거하고자 하였다.

## (2) 폐열회수 시스템의 개발

버려지는 배기가스의 열을 회수하여 재사용하기 위해서 본 연구에서는 2단계의 열회수장치를 설계하였다.

### ① 1차 배기가스 Cooling 시스템(Air-to-Air Type)

1차 배기가스 Cooling 시스템은 Air-To-Air Type으로 버려지는 배기가스 보유에너지를 이용하여 Fresh Air를 예열하여 15~20%의 열을 회수하고 이를 가공물의 예열 및 Pre-Drying 또는 2차 Fresh Air 예열에 이용하도록 하였으며 냉각시 발생하는 고형분을 제거하기 위해 응축 오염물 제거 자동세척장치 및 오염 방지 Filter를 장착하였다.

### ② 2차 배기가스 Cooling 시스템(Air-to-Water Type)

2차 배기가스 Colling 시스템은 Air-To-Water Type으로 버려지는 배기가스 보유에너지를 이용하여 Fresh Water를 예열하여 30~40%의 열을 회수하고 이렇게 발생된 온수를 염색시 공급용수나 Steam Boiler의 보충수 또는 수세 및 정련기의 온수로 사용하여 에너지를 절약하고자 하였으며 이때 역시 냉각시 발생하는 고형분을 제거하기 위해 응축오염물 제거 자동세척장치 및 오염방지 Filter를 장착하였다.

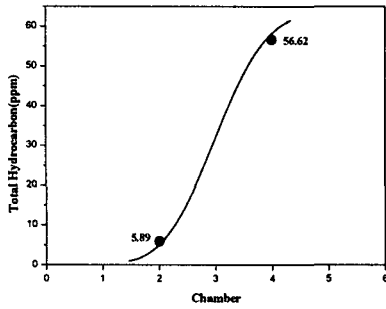
## (3) 기타설비 제작

텐터에서 화재가 발생하였을 경우 이를 자동으로 Detect하여 소화할 수 있는 제어장치 및 1, 2차 열교환기에서 발생된 응축 오염물질을 자동으로 제거할 수 있는 자동세정장치, 또한 모든 작업을 P.L.C 제어방식으로 제어할 수 있는 시스템 제어 판넬 등을 개발장비에 추가하여 작업자의 편의 및 안전성을 높이도록 하였다.

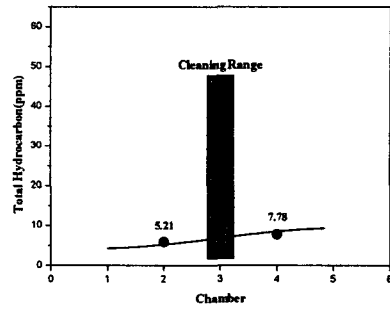
## 3. 결과 및 고찰

### (1) 유해가스 제거성능 시험

개발 장비의 유해가스 제거성능을 평가하기 위하여 개발장비를 장착하지 않은 텐터와 개발장비를 장착한 텐터의 Total Hydrocarbon의 양을 측정하여 보았다. 측정은 Nylon/Spandex(8:2)의 Final Setting 중에 측정하였고 측정에 이용한 장비는 GAS-TEC社의 MK.III model이었다.



(a) 개발장비 설치 전



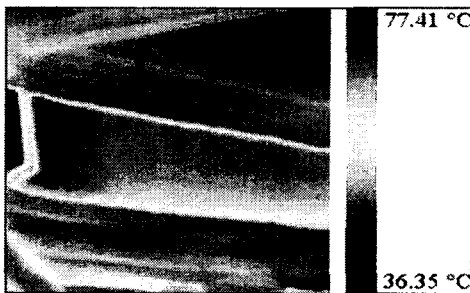
(b) 개발장비 설치 후

Figure 1. 장비설치 전과 장비설치 이후의 Total Hydrocarbon 발생 변화

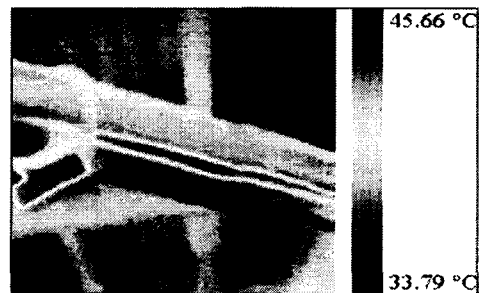
Figure 1과 같이 장비 설치 이전의 경우 2챔버에서 4챔버로 진행함에 따라 Total Hydrocarbon의 양이 약 10여배 정도 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 온도가 180℃정도로 유지되고 있는 텐터 내부로 원단이 지나감에 따라 원단에 잔류하던 유기화합물과 텐터에 열을 공급하기 위해 사용되는 열매성분이 고온에서 여과없이 그대로 방출되기 때문으로 보인다. 그러나 개발장비를 장착한 텐터의 경우 4챔버에서의 Total Hydrocarbon의 양이 큰 폭으로 감소하여 2챔버의 값보다 약간 증가한 것으로 나타나고 있는데 이는 발생된 유해가스가 개발장비의 1차(Air-To-Air)와 2차(Air-To-Water) 자동세정장치를 통과하는 과정에서 대부분 포집이 되었기 때문으로 생각된다.

(2) 텐터주변의 열방사정도 평가

텐터주변의 열방사정도는 적외선 카메라(IR SnapShot M525-7D3123)를 이용하여 개발장비를 장착 이전과 장착 이후의 배기덕트를 촬영하여 평가하였다.



(a) 개발장비 설치전 배기덕트 사진



(b) 개발장비 설치후 배기덕트 사진

Figure 2. 개발장비 설치 전·후의 배기덕트의 적외선 촬영 사진

Figure 2에서 보는바와 같이 개발장비 설치전 배기덕트의 온도는 대략 70~77℃ 사이를 나타내고 있는데 반하여 개발장비를 설치한 후 배기덕트의 온도는 약 40℃정도로 적어도 30℃ 이상의 온도 감소가 있음을 알 수 있다. 따라서 본 장비를 통해 작업현장의 온도를 효과적으로 낮춤으로 인하여 현장근로자의 작업환경개선에 큰 효과가 있으리라 판단된다.

### (3) 개발장비의 폐열회수 효과

Table 1은 개발장비의 배가스 Cooling능 측정 데이터이다. 측정결과 1, 2차 열교환기를 통하여 얻은 평균 열회수 효율은 55.5%이며 평균 폐열회수 열량은 374,208 kcal/hr였다. 이 열량을 연간 절감되는 에너지로 환산하여 보면

$$1\text{koe} = 10,000\text{kcal}, 1\text{toe} = 1,000\text{koe}$$

$$1\text{년작업시간} = 24\text{hr} \times 25\text{day} \times 12\text{month} = 7,200\text{hr/year}$$

$$\text{연소효율} = 90\% (0.9)\text{라 할 때}$$

$$\text{연료절감량(toe/y)} = 374,208\text{kcal/hr} \div 10,000\text{kcal/koe} \div 1,000\text{kcal/koe} \times 7,200\text{hr/year}$$

$$\approx 269.43 \text{ toe/year}$$

따라서, 텐터 1대 당 연간 약 269.40toe의 에너지를 절감할 수 있다.

이것을 에너지 원단위로 환산하여 가스 에너지 절감량을 산출하여 보면

$$\text{배가스 Cooling 시스템 설치전 원단위(m}^3\text{/kg)}$$

$$= \text{평균 가스소모량(m}^3\text{)} \div \text{평균생산량(kg)}$$

$$\approx 0.09852 \text{ m}^3\text{/kg}$$

$$\text{배가스 Cooling 시스템 설치후 원단위(m}^3\text{/kg)}$$

$$\approx 0.05456 \text{ m}^3\text{/kg}$$

$$\text{월평균 생산량 (kg/m)} \approx 650,000 \text{ kg/m라 하면}$$

$$\text{년간 텐터 1대당 에너지 절감량(toe/년)} =$$

$$(0.09852 - 0.05456)\text{m}^3\text{/kg} \times 10,500 \text{ kcal/m}^3 \times$$

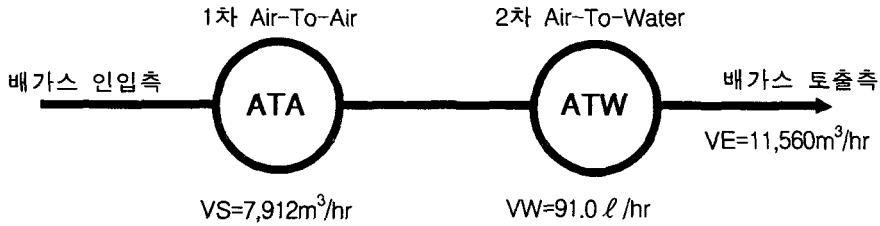
$$650,000\text{kg/m} \times 12\text{m/year} \times 10^{-7}\text{kcal/toe}$$

$$\approx 360\text{toe/year.set}$$

$$1\text{koe} \approx 450\text{원}, 1\text{toe} = 1,000 \times 450\text{원} = 450,000\text{원}, 360\text{toe} = 162,000,000\text{원}$$

따라서 본 장비의 개발로 인하여 텐터 한대당 1년에 1억6천만원의 에너지를 절약할 수 있어 업체의 생산성 향상에 크게 기여하리라 판단된다.

Table 1. 개발장비의 배가스 Cooling능 측정데이터



NO	품 명	원단 작업 조건						텐터 가스 투입량				폐열 회수 열량				배가스 열회수율		
		공정	작업폭	중량	작업속도	가공온도	합수율	측정시간	투입량	시간당 투입량	총투입 열량	1차 ATA	2차 ATW	주변공기	총회수 열량	1차 ATA	2차 ATW	전체
		단위	Inch	g/ yd	m/ min	℃	%	min	m <sup>3</sup>	Nm <sup>3</sup> /h	kcal /hr	kcal /hr	kcal /hr	kcal /hr	kcal /hr	%	%	%
1	트리코트 해도사	유연제 가공	60"	240	60	180	52	20	22.1	66.3	696,2	137,7	210,2	16,9	364,9	22.8	31.0	53.9
2	트리코트 해도사	유연제 가공	60"	260	60	180	53	25	30.0	72.0	756,0	143,5	218,4	16,7	378,6	22.8	31.1	53.9
3	트리코트 해도사 (BLACK)	대전 방지 가공	60"	240	60	180	52	15	16.1	64.4	676,2	144,5	229,3	16,4	390,2	23.8	33.9	57.7
4	다이마루 해도사 (#312 MORO)	유연제 가공	60"	270	48	160	53	15	13.7	54.8	575,4	130,4	207,5	16,9	354,8	24.1	33.9	58.0
5	우영 트리코트 해도사 (BEICE)	유연제 가공	60"	240	64	180	52	20	21.8	65.4	686,7	144,5	218,4	19,7	382,6	23.3	31.0	54.2
합계		-	-	-	-	-	-	-	-	322.9	3,390,5	700,5	1,083,8	86,7	1,871	-	-	-
평균값		-	-	-	-	-	-	-	-	64.58	678,1	140,1	216,8	17,3	374,2	23.3	32	55.5

4. 결론

- (1) 개발장비 장착 이후 텐터에서 발생하던 유해가스(Total Hydrocarbon 기준)의 양이 미장착시와 비교하여 약 76%정도 줄어들었고 분진의 경우는 거의 대부분이 제거되어 제품의 상용화시 현장근로자의 작업환경개선에 큰 역할을 하리라 생각된다.
- (2) 기존에 약 70℃ 이상으로 방사되던 열이 개발장비 장착 후 1, 2차 열교환기에 의해 냉각되어 약 30℃가량 낮아진 40℃정도를 나타냈다. 이는 작업장 내부의 온도를 낮춰 작업자가 보다 시원한 환경에서 작업을 할 수 있도록 하는데 큰 도움을 줄 것이라 생각된다.
- (3) 개발장비 장착시 낭비되던 열을 재사용함으로써 인해 텐터 한대당 연간 1억6천2백만원의 에너지를 절약할 수 있어 관련업체의 생산성 향상에 크게 기여하리라 판단된다.

- (4) 열량이 부족하여 타챔버에 비해 온도편차가 심하게 발생하던 첫 번째 챔버에 회수된 열을 공급함으로써 인해 섬유가공시 챔버간 온도분포를 균일하게 하여 가공제품의 품질 향상에 기여할 것으로 생각된다.