

# 직접가열방식 히트셋팅기를 통한 에너지절약 사례

직물의 염색과정 중 많은 에너지를 소비하는 건조공정에 있어 기존의 열매체를 이용한 간접가열방식을 가스버너를 이용한 직접가열방식으로 전환하여 획기적으로 에너지를 절감한 사례를 소개 하고자 한다.



홍 의 선



박 중 현

'99년 현재 국내의 섬유관련 산업은 부가가치 생산액이 총 제조업의 8.2%인 14조원에 이르며 수출규모는 총 수출의 13.4%인 183억불로써 세계 섬유 수출 4위, 화섬직물 수출 1위라는 자리를 지키고 있다. 하지만 대다수의 기업이 고용인력 50인 이하의 소규모 업체들로 구성되어 있으며 에너지 다소비 공해물질 유발업체라는 부정적인 이미지로 인식되고 있다. 또한 최근에는 개도국의 공격적인 시장진출로 세계시장에서 제품의 경쟁력이 갈수록 약화되고 있는 상황이다. 이러한 상황에서 에너지절감을 통한 제품생산비용 절감 및 공해물질 배출 저감은 섬유산업의 국가경쟁력 강화를 위하여 필수 불가결한 요소라고 하겠다.

일반적으로 염색은 안료 등의 유색 물질을 사용하여 섬유 물질에 착색하는 조작을 말하며, 소비자의 기호에 맞게 섬유소인 사(絲) 또는 직물(織物)에 물리적 화학적 처리로 색상, 촉감, 디자인 및 성질변화 등의 기능을 부여하는 산업을 섬유표백염색업이라 한다. 본 사례는 익산에 소재한 염색업체인 D사업의 경우로 직물염색가공의 대표적인 경우인 폴리에스테르섬유

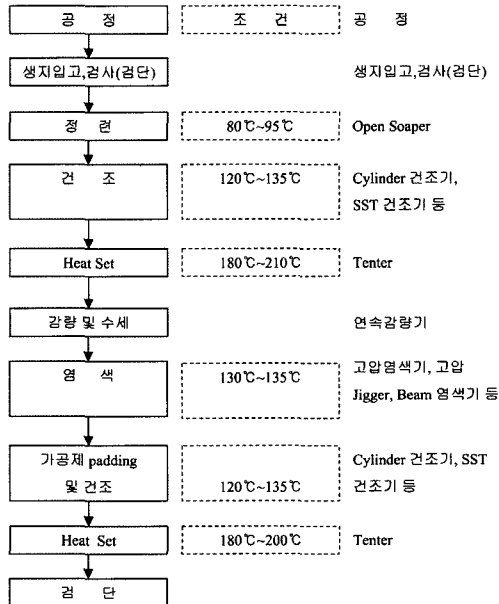
가공과정 중 대부분의 에너지가 소비되는 직물 건조공정의 히트셋팅기(Tenter)를 기존의 열매체를 이용한 간접가열방식에서 가스버너를 이용한 직접가열방식으로 전환하여 획기적으로 에너지를 절감한 방안을 보여주고 있다.

일반적인 염색공정은 그림 1과 같다.

히트셋팅기는 Pre-Heat Setting과 Heat Setting 단계에 사용이 되며, 염색과정에서 Pre-Heat Setting과 Heat Setting 기능은 다음과 같다.

### Pre-Heat Setting

직물을 확포상으로 염색 하지 않을 때는 (예를 들면 Rapid 등의 염색기를 사용 할 때), 염색 중 생성되는 구김을 방지하기 위하여 염색 전에 색 처리를 해주어야 한다. 이 때는 처리가 끝날 때까지 일정한 온도로 유지되도록 해주며 직물의 어떤 부분이나 고르게 열이 분포되도록 각별히 주의를 해야 한다. 셋팅한 직물은 그 때



〈그림 1〉 일반적인 염색공정

의 온도를 얼마로 해주었는가에 따라 분산 염료에 대한 친화성이 틀리게 되며, 균일하게 처리되지 않을 때에는 염변이 나타나게 된다. 또한 어떤 색상이 균일하게 나타나려면, 언제나 직물을 같은 온도로 셋팅하여야 한다. 셋팅한 직물의 분산염료에 대한 친화성은 몇 도에서 셋팅되었는가에 따라 틀리며 일반적으로 처리 온도가 높을수록 친화성은 감소한다. 승화에 강한 대분자의 어떤 염료는 셋팅온도의 증가에 따라, 염착량이 감소하다가, 200°C 이상이 되면 염착량이 증가 되기도 한다. 그러나 소분자의 분산 염료들은 셋팅온도가 증가 할수록 친화성이 떨어지며 200°C 이상으로 처리하여도 염착성은 증가되지 않는다.

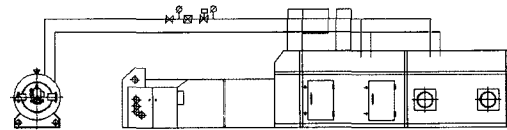
#### Heat-Setting

염색 후 셋팅을 할 때에도 처리 중 전직물을 동일하고 일정한 온도로 유지되는 것이 중요하지만, Pre-Heat Setting 때와 같이 고르지 못한

처리에 의한 영향은 크지 않다. 염색 후 Setting(180°C ~ 200°C)시 조심할 것은 염색에 쓰인 분산염료의 열에 대한 견뢰도이다. 기존에는 열을 균일하게 전달하기 위하여 방열판을 이용하는 열매방식이 사용되었다.

#### 열매체를 이용한 간접가열방식 히트셋팅기

염색공장의 열매순환방식 히트셋팅기의 구조는 그림 2에 보이는 바와 같다. 직물건조에 필요한 열량은 열매보일러에서 가열된 열매가 배관을 통해 히트셋팅기로 공급되어 방열판에서 방열됨으로 공급 된다.



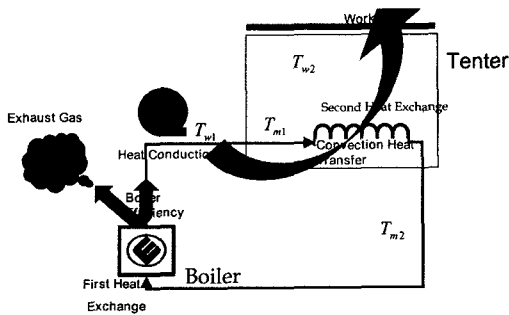
〈그림 2〉 열매체를 이용한 간접가열방식 히트셋팅기 구성도

위와 같은 열매체방식을 사용할 경우, 실제 직물건조에 사용되는 단위시간당 열량(net heating load)과 공급되는 연료의 발열량(gross heating load)사이에는 다음과 같은 관계이다.

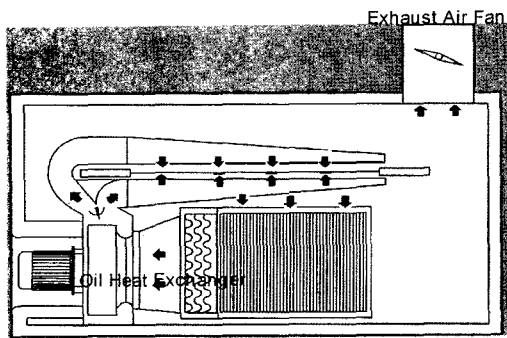
$$Net\ Heat\ Load(I) = Gross\ Heat\ Load(I) - (Heat\ Loss\ in\ Boiler + Heat\ Loss\ in\ Tenter + Heat\ Loss\ in\ Pipe)$$

각 각의 손실을 분석하여 보면, 보일러에서의 배기가스 배출열, 방열, 전열, 기타 손실(30%), 배관 손실(3~5%)로 나타났으며, 히트셋팅기에서의 손실량은 배기가스 배출열, 전열, 방열에 의한 손실분이다. 본 프로젝트의 열매체방식 히트셋팅기는 댐퍼로 조절을 하게 되어있으나, 댐퍼가 건구온도 및 습구온도에 의한 feed back control이 되지 않아 많은 열손실이 발생하고 있었다. 일반적으로 히트셋팅기는 열매체의 유량,

가스량 및 실내의 온·습도등을 고려한 댐퍼 제어, V.V.V.F를 이용한 PID제어, 그리고 버너의 연소량을 조절하여 히트셋팅기에 공급되는 열량을 조절하는 방법을 쓰고 있다. 댐퍼나 V.V.V.F를 이용한 제어는 히트셋팅기 전체의 교체나 신설인 경우에 사용하고 있으며, 버너의 연소량을 이용한 제어는 직접가열방식 등의 성능개선에 사용되고 있다.



〈그림 3〉 열매체를 이용한 간접가열방식 건조기에서의 열정산 개념도



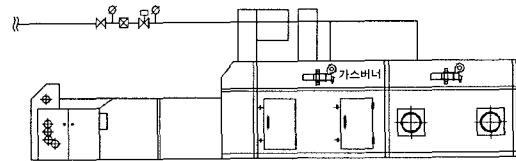
〈그림 4〉 열매를 이용한 간접방식 건조기의 Chamber 구조

### 가스를 이용한 직접방식 히트셋팅기

기존의 열매보일러 방식에서 직화식 가스버너로 변경 될 경우, 시스템 구성은 그림 5와 같다. 히트셋팅기 내부에 설치되어있는 기존의 방열판을 제거하고 가스버너와 이에 따르는 부속 설비를 설치한다. 우려될 수 있는 버너의 순간적인 열량변화는 air filter를 설치하여 해결하였

다. 최근의 가스버너는 온도제어와 연소량 조절이 용이하므로 직접가열방식에 적합하였다.

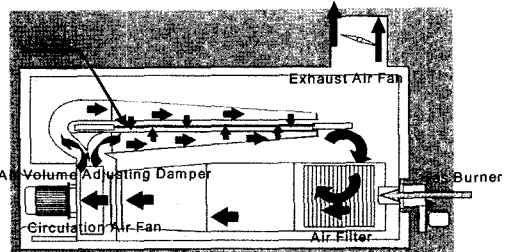
열매체방식에서 가스를 이용한 직화식으로



〈그림 5〉 직접가열 방식의 시스템 구성

교체할 경우, 에너지 절감량은 다음과 같이 산출 되겠다.

$$Net\ Heat\ Load(D) = Gross\ Heat\ Load\ (D) - (Heat\ Loss\ in\ Tenter + Heat\ Loss\ in\ Burner)$$



〈그림 6〉 가스를 이용한 직접건조방식 건조기의 Chamber 구조

### 에너지 절감량 및 경제성 분석

열매체방식에서 가스를 이용한 직화식으로 변경을 할 경우 보일러 열손실과 파이프의 열손실을 제외한 열량을 직화식 히트셋팅기에서 공급해주는 방법으로 에너지 절감량을 산출 할 수 있다.

표 1에 보이는 바와 같이 열효율 65%인 열매보일러를 사용하고 배관 손실이 약 2%인 히트셋팅기의 연간 B-C유의 사용량은 381k l이며 소요되는 에너지비용은 약 ₩100,000,000원이었

## 집중 기획 ESCO 사업

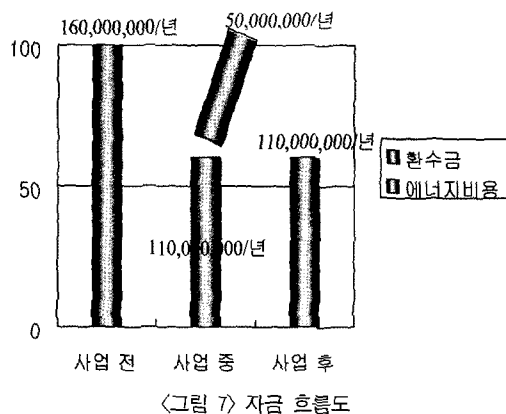
〈표 1〉 열매체방식과 가스를 이용한 직접방식 건조기의 에너지절감 분석표

	열매가열방식 (열매보일러 B-C)	직접가열방식	비고	
연	1차 입열/h	477,750 kcal/h	열효율: 65.2% 배관손실열: 2%	
	① 열매 흡수열/h	312,581kcal/h	일 가동시간: 24hrs	
연	② 배관 손실열/h	7,774kcal/h	월가동일수: 27days	
	밸터 유입열(①-②)	304,807kcal/h	304,807kcal/h	
료	단위연료저위발열량	9,750 kcal/h	11,500 kcal/h	
	시간당 연료 사용량	49 l/h	27 Nm <sup>3</sup> /h	
	에너지 단가	₩265 원/l	₩295 원/Nm <sup>3</sup>	
	시간당 에너지 비용	12,985원/시간	7,819원/시간	
	일일 에너지 비용	311,640 원/일	187,655원/일	
	월간 에너지 비용	8,414,280 원/월	5,066,686원/월	
	년간 에너지 비용	100,971,360 원/년	60,800,227 원/년	
	전	집진기용 5 HP	89 kwh/일	
		열매순환 25 HP	360 kwh/일	
		버너용 5 HP	89 kwh/일	
Total		538 kwh/일		
전력단가		55 원/kwh		
일일 에너지 비용		29,568 원		
력	월간 에너지 비용	798,336 원		
	년간 에너지 비용	9,580,032 원		
	전체에너지비용	110,551,392 원/년	60,800,227 원/년	
	월간 절감액	₩ 4,145,930원/년		
년간 절감액	₩49,751.165원/년			

다. 이 시스템을 가스버너를 이용한 직접가열방식으로 교체할 경우 연간 에너지 비용은 ₩100,000,000원에서 ₩60,000,000원으로 약 ₩40,000,000원의 절감 효과가 있었으며, B-C유를 연료로 사용하는데 따르는 부속설비인 집진기, 열매순환펌프, 버너펌프에 대한 전력소비가 사라짐으로써 연간 ₩10,000,000원의 전기요금이 절감되어, 전체적인 에너지 사용액은 교체 전에 비하여 연간 ₩50,000,000원이 절감되었다. 또한 설비투자에 투입되는 자재비 및 인건비가 총 ₩130,000,000원, 금융비용(이자) 및 기타 관리비용이 ₩20,000,000원으로, 총 사업비용은 ₩150,000,000원이었으며 이에 따른 투자비에 대한 환수기간은 3년이 되겠다.

$$\text{총 투자비용} / \text{에너지절감량(년)} = 150,000,000 / \text{₩}50,000,000/\text{년} = 3\text{년}$$

그림 7에 보이는 바와 같이 ESCO는 월 420만원의 에너지절감액을 이용하여 초기투자에 소용된 비용을 3년에 걸쳐 환수하게 되며, 그 이후에 발생하는 에너지 절감에 의한 이익은 에너지사용자에게 귀속되겠다.



국가 주요 수출 품목인 섬유산업의 국제 경쟁력 강화를 위하여 에너지절감을 통한 제품의 원가절감 및 공해물질 배출 저감은 개도국의 공격적인 진출로 세계시장에서 경쟁력이 약화되고 있는 상황에서 국가 섬유산업의 경쟁력 강화를 위한 필수 불가결한 요소이다. 제시된 ESCO사업 사례에서 보이는 바와 같이 직물의 염색공정 중 많은 에너지를 소비하는 건조공정에서 기존의 열매체를 이용한 간접건조방식을 가스버너를 이용한 직접건조방식으로 교체하는 경우 연간 40%(381toe에서 230toe)의 에너지소비량 절감 및 ₩50,000,000원의 에너지 비용 절감효과가 있었다. 또한, 자금력이 부족한 소규모 염색업체가 경제적인 부담 없이 ESCO사업을 통해 고효율 저에너지 소비형인 가스버너를 이용한 직접 건조방식으로 교체하여 시장에서 경쟁력을 높일 수 있는 사례를 보여주고 있다. ☺