염색가공 분야의 에너지 절감책

최근 섬유업계에 당면한 큰 문제는 에너지와 원료원의 급속한 감소로 나타났다. 수요와 공급의 경제법칙에 따라 원료비와 인프레의 압력이 증가하고 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위한 몇 가지 방법은 원료수요와 에너지를 절감시키므로써 달성할 수 있다. 관련된 과거의 문헌을 살펴보면 최근 몇 년 동안 여러가지 개량법이 발표되어 있지만, 보다 더 깊은 연구가 절실히 요구되고 있다. 3가지 방향으로 좋은 진보가 진보가 있었는데 열거한다면 ① 개량된 최근장치 ② 혁신적인 공정 ③ 기존이론에 의한 새로운 처리법 등이 있다.

문제점은 흡식가공분야에 특히 큰 비중을 차지하고 있다. 이것은 에너지 소비와 간접화학약제의 소비가 크기 때문이다. 섬유공장은 하나의 화학공정이며 과학적 이론을 현명하게 응용하면 좋은 결과를 얻을 수 있다. 이와 같은 응용은 OSHA나 EPA 규정에 어긋나지 않아야 한다.

새로운 또는 개량된 장치

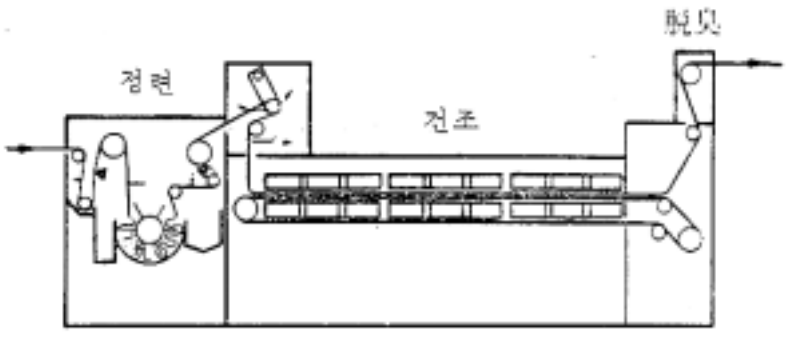
General Electric사의 우주국은 태양열을 이용하는 법(Solar heating system)을 고안함으로써 필요한 물을 뜨겁게 가열하는 비용과 에너지 수용를 어느 정도 해결할 것으로 기대하고 있다. Solar heating system은 단염색조에 190℃의 뜨거운 물을 공급할 수 있는 것으로 믿어지고 있다. 이 작업은 에너지 연구개발청의 후원으로 3단계 계획상에서 진행중이다.

1단계 연구결과에 의하면 만약 solar heat system을 전체 섬유공업에서 채용한다면 년간 10,000,000배럴(barrel) 상당의 오일(oil)을 절감할 수 있는 것으로

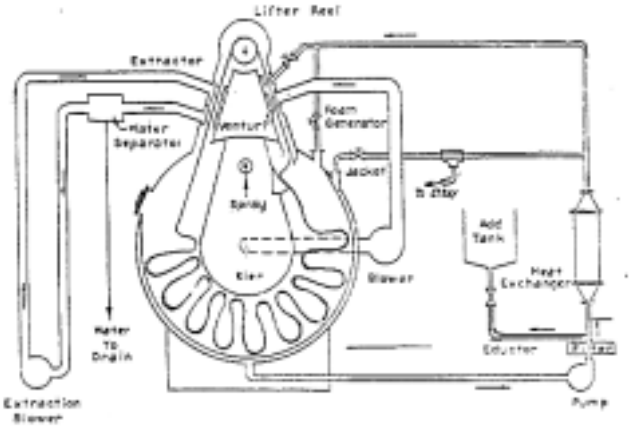
나타났다. 2단계는 고안된 system을 조위하고 설비하는 작업이다. 3단계는 system을 조작하고 성능을 평가하는 것에 관한 것이다. 이것은 1978년에 시작될 것이며 약 1년간 계속될 것이다. 고온, 고성능의 solar collector들이 염색공정의 예열(preheat) 및 고온유지를 필요로 하는 열량의 70% 이상을 제공할 수 있는 것으로 믿어지고 있다.

지난 10년동안 solvent process에 관해서 많은 관심을 보여 왔고 또 많은 양의 연구가 발표되었다. 그러나 몇 년 전에 일어난 에너지 위기로 인하여 solvent process에 보는 활발한 참여가 배제되었다. 편성물에는 많은 oil이 함유되어 있기 때문에 solvent 정련이 발달되었다.

Bruckner Machinery Corp.는 자사의 Solvanit S 연속정련기를 개량하였다. Solvent 정련기는 solvent 손실이 직물중량에 대해서 3% 초과하지 않도록 보장되어 있다. 일년 전 이 기계는 약 35,000lb의 폴리에스터 편성품을 35yd/분으로 처리한 후 0.5% 솔벤트 손실이 생겼다고 입증하였다. 입증시험을 하는 동안 spot 검사를 한 결과 직물에 남아 있는 perchloroethylene은 약 5~20ppm인 것으로 나타났다. 총손실의 주원은 봉제결점 부분이었다. 예를 들면 이면과 표면이 봉제되어 말려 있는 부분 등에서 솔벤트의 손실이 많았다.



<그림 1> Bruckner Solvanit S의 구조



<그림 2> Aqualuft 염색기의 구조

기계의 건조실은 압력을 낮춘 상태에서 작동한다. 이렇게 하면 perchloroethylene 증기가 기계를 거의 둘러싸지 않는다. 이 기계는 소비하는 system(exhaust)이 아니기 때문에 EPA가 필요 없다는 점을 주목할 만한 것이다. Solvanit기의 도면이 <그림 1>에 보이고 있다.

특히 염색공정에서 물을 적게 사용함으로써 에너지를 절약할 수 있다는 점에서 Ciba Geigy사는 액비 1 : 1.5 ~ 1 : 4로 염색하는 법을 개발하여 영국의 특허를 얻었다. 특허에는 염색용 장치와 연속조작법에 관하여 기술하고 있다. 염료는 자동화된 노즐을 사용하여 직접 직물표면에 염료를 뿜어주고, 염색은 염료가 섬유 속으로 확산할 수 있도록 직물에 충분한 열을 가함으로써 행하여 진다. 열고착을 한 후 직물은 자동화된 노즐로 수세한다. 연속염색공정은 직물이 펴진 상태로 처리되는 반면 batch 염색공정은 회전하는 드럼을 갖고 있다. 피염물에 대한 액화가 적은 염색공정은 물에 가용성이거나 물에 분산성인 염료와 물과 계면활성제를 함유하고 있는 염액에 처리함으로써 이루어진다. 처리법은 직물이 직물이 원칙적으로 밀폐된 챔버(chamber) 내에서 운동을 하도록 하여야 하며 다음에 주입된 물질을 동시에 회전시키고 가열시킨

다. 염액을 처리한 후 피염물은 염료의 고착에 완결될 때까지 포화증기압하에서 염색온도를 유지한다.

Gaston county 염색기계사는 최근 Aqualuft(sancowad process)라 부르는 개량된 염색기를 제조하였다. 이 기계는 원래 욕비 1 : 1.5 정도까지 낮은 비율로 사용할 수 있도록 고안되었지만 현재 욕비 1 : 4로 사용되고 있다. 피염물의 취급성, 공정의 실용성, 장치비 등의 이유 때문에 욕비 1 : 4를 사용하고 있다. 이 장치의 도면은 <그림 2>에 보이고 있다.

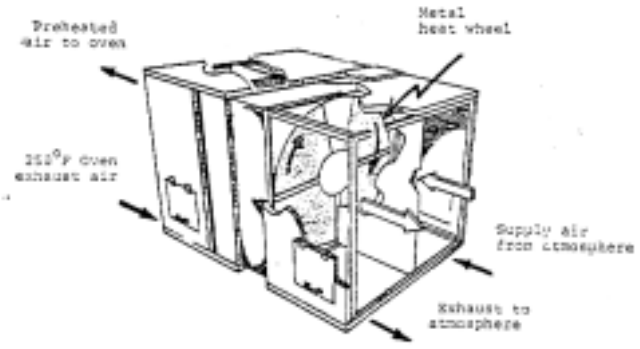
<표 1> 폴리에스터 염색비용의 구조

	Mark V 6-Tube	Aqualuft 6-Tube With Extractor	
Water Consumption			
Prescour	20 : 1	—[a]	5 : 1
Dyeing	10 : 1	5 : 1	4 : 1[b]
Wash	30 : 1	12 : 1	12 : 1
Total	60 : 1	17 : 1	21 : 1
Water Consumption (gal/lb fabric)	7.2	2.0	2.5
Steam Consumption (lb/lb fabric)	1.53	0.765	0.765
Electricity (kwh/lb fabric)	0.15	0.132	0.132
Utilities Cost (¢/lb fabric)			
Water (@ 40¢/1,000gal)	0.236	0.081	0.101
Steam (@ $2.75/1000lb)	0.421	0.210	0.210
Electricity (@ 0.77¢/kwh)	0.116	0.102	0.102
Total	0.823	0.393	0.413
Fabric Load (lb)	1,500	1,800	1,800
No. Dyeings/day	6	6	6
No. Machines for 34,000,000lb/315 days	12	10	10
Utility Cost for 34,000,000lb/315 days	$279,820	133,620	140,420
Capital Costs			
Waste Treatment (1/GPD) Machines	$776,513	220,012	271,780

[a] A prescour in the Aqualuft is not normally required to remove chemicals which create foam(as in a jet)

[b] 4:1 was increment added to bring liquor ratio to 5:1

Mark V 염색기와 Aqualuft 염색기로 폴리에스터직물 1lb를 처리하는데 드는 실용비를 비교하였더니 Mark V로 처리하는 경우 lb당 0.823¢가 드는 반면 Aqualuft로 처리하는 경우 0.392¢/lb로서 전자에 비해 52.3%나 되는 lb당 0.43¢가 절감되는 것으로 평가되었다. Aqualuft를 Gaston county Jet 염색기와 비교했을 때 1회 염색량이 중량비로 20% 증가했으며 물 뿐 아니라 스팀, 전력까지도 상당한 감소를 동반하는 것으로 나타났다. <표 1>은 Aqualuft Mark V로 폴리에스터 염색시 그 비용을 비교한 것이다.



<그림 3> heat wheel의 부분

Lawtex 산업사는 Wing Co. 와 합작으로 회전하는 열흡수판(heat wheel)을 개발하였는데 이를 건조기의 duct내에 설치하여 공장열료의 16%를 절감할 수 있다. 금속 heat wheel은 주름잡힌 모양을 하고 있으며 두개의 나란한 공기통로입구의 프레임에 설치되어 있다 <그림 3>. 이 통로들 중 한 통로는 공정으로부터 나오는 가스를 배출하고 다른 통로는 공정에 가열된 공기를 공급하도록 고안되어 있다. 작동시 바퀴(wheel)는 천천히 회전하면서 주름잡힌 금속이 가열되도록 한다. 바퀴의 가열된 부분은 회전에 의해서도 공기가 들어오는 통로로 들어가서, 들어오는 공기를 둘러싸서 가열시킨다. 결과는 발열의

85%를 회수할 수 있었다. 이와 같은 장치로부터 회수할 수 있는 열량은 공급되는 공기의 온도, 오븐으로부터 배출되는 가스의 온도, 공기의 유속, 프로판가스의 비용 등 일연의 요인에 따라 변한다. 이장치는 gas, flow GT turbine meter와 계속해서 읽을 수 있는 적산계(integrator)를 포함하여 1set를 이루고 있다.

혁 신 공 정

1971년에 직접순환(direct recycle)시 더운물 사용하는 공정의 발수를 재생시킴으로써 에너지 보존이 효과(영향)을 주는 逆渗透 (reverse osmosis)라 알려진 고성능 여과장치(dynamic membrane hyperfiltration)의 사용이 제안되었다. 하루 2,000,000갤런의 물을 소모하는 섬유염색공장에서 배출하는 혼합발수에서 구성성분을 재사용할 수 있는 경제적 체재력은 매일 $2,357나 되는 것으로 추산되었다. 전체 섬유공장이 사용하는 물이 10억갤런 이상 사용하고 있으므로 이는 추산하면 120만$이나 된다는 것을 언급할 수 있다. 발수에서 순수한 화학약품의 완전 회수가능정도는 상당한 경제적 이득을 나타낸다. 약품고형체를 회수할 수 있도록 현재 연구를 하고 있을 뿐만 아니라, 비록 개개의 공정에서 배출되는 폐수를 모두 직접순환(direct recycling) 하지만, 처리온도를 모두 합계했을 때 직접 순환법을 이용해서 에너지 보존을 최대로 할 수 있다.

La France 사업사는 실험공장(pilot plant)를 세워 고성능 여과장치가 성공적으로 가동될 수 있다는 것을 입증했다. 32becks를 쏟아 페수를 정화했을 때 혼합물의 찌꺼기를 18개 생산규모의 염색에 재사용하였다. 이와 같은 혼합물(mixture)은 검정색 또는 기타 농색을 염색할 때만 사용될 수 있다고 추측되었다. 이 결과에 의하면 평균적으로 염료에서만 16%의 절약을 할 수 있다는 것을 알 수 있다. <표 2>는 면 벨루어를 염색할 때 염료의 재사용을 나타낸

것이다.

<표 2> 면 Velour 염색에서 재사용되는 염료의 양[a]

Shade	Amount of Dyes (% of Fabric Weight)	
	Reuse Test	Standard Formula
Tan	0.412	0.438
Blue-green	10.480	10.932
Light Blue	0.055	0.189
Rose	0.233	0.302
Violet	0.130	0.130
Tan	0.305	0.438
Rose	0.310	0.189
Blue-green	0.485	0.632
Burnt Orange	1.450	1.940
Gold	0.990	1.033

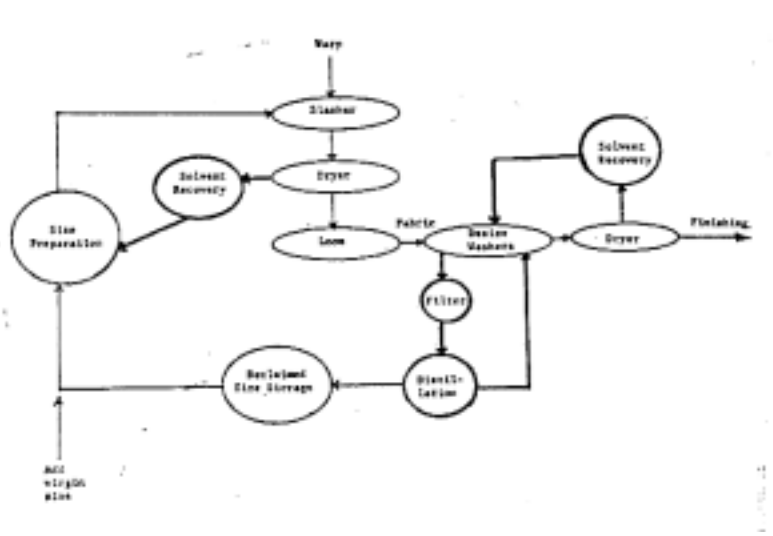
[a]EPA Grant No. 5800929

섬유공장에서 나오는 폐수는 잔여화학약품에 의해서 심하게 오염되고 있으며 배출초기에 높은 온도를 갖고 있는 것이 대부분이다. 이와 같은 상태가 대부분의 공정에서 초기배출시의 특징이다. 고성능 여과장치법(hyperfiltration process)에서 순환식 막(dynamic membrance)의 성능이 높은 온도에서 향상된다는 것은 다행한 일이다. 따라서 에너지 보존이 고온의 폐수를 여과(hyperfiltration)하므로써 증대될 것이라는 것이 가능하다.

거르는 방법(filtration process)은 혼합탱크나 초기온도가 높은 bath 또는 열교환장치에 의해서 고온 재생물을 즉각 재사용할 수 있다. 습식가공법에서는 약 25%의 물을 가열된 상태로 버리고 있고 남아 있는 75%의 물은 상당히 찬 물이다. 만약 더운 물이, 공급되는 찬 물보다 100°F정도만 높다고 가정하여도 섬유공장에서 절약할 수 있는 기름은 하루 200만캘런 이상이 될 것으

로 추정된다.

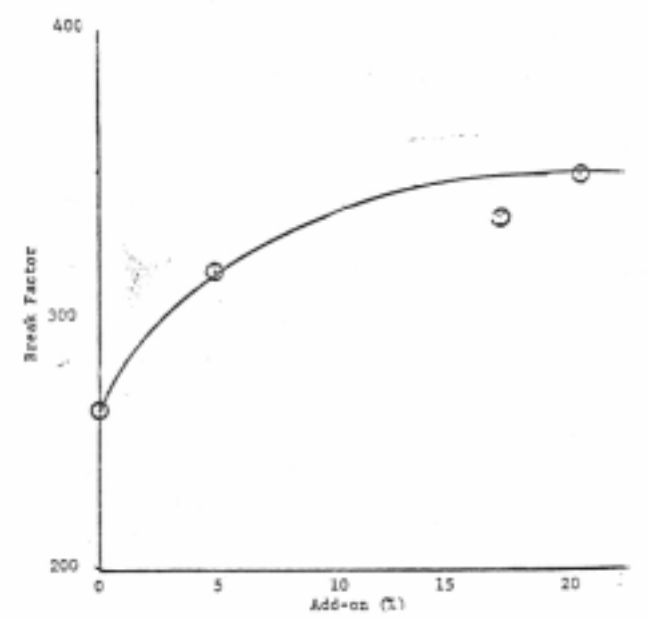
Perkins는 풀의 회수를 위한 솔벤트 가호공정에 대해서 보고하였는데 이 공정에 의하면 회수된 대부분의 풀은 재사용할 수 있다. 솔벤트 가호공정에서의 원료흐름을 나타낸 도표가 <그림 4>로 나와 있다. 현재 진행되고 있는 연구는 제직실에 경사 비임을 갖추어서 효과적인 제직을 할 수 있게 하고, 솔벤트를 사용하여 호제를 직물로부터 효과적으로 제거할 수 있게 하고, 사용되는 성분의 대부분 또는 전부를 회수함으로써 호제비용을 절감하게 하고, 그리고 물의 오염문제를 야기시키지 않도록 하는 방법에 관한 것이다.



<그림 4> 가호 및 탈호공정에서 원료의 흐름

여러 종류의 폴리머가 연구되고 있으며 경사 가호시에 솔벤트 매개체를 사용하는 것이 유망시 되고 있다. 이러한 폴리머들은 전분과 솔벤트 용해성이 있는 개질 셀룰로스가 기본 구성 원소이다. 예상한 바 대로 셀룰로스가 개실은 수용성을 잃게 하므로 폴리머는 물에 의한 탈호공정에서 제거되지 아니한다. 솔벤트를 사용하는 가호가 100% 면사의 강력에 미치는 효과가 <

그림 5>에 나와 있다.



<그림 5> 솔벤트를 사용하는 가호가 100% 면사의 강력에 미치는 효과

전사날염이 생산성의 급격한 향상을 보인 섬유공업의 여러 분야 중의 하나임은 잘 알려져 있으며 앞으로 수년동안에도 이와 같은 확대추세가 계속되리라고 예상된다. 이 공정에서는 염료가 전사지로부터 폴리에스터 직물 위로 승화되어야 하기 때문에 에너지 보존을 위하여 두 가지 기본적인 방법이 있어야 한다. 그 첫번째 방법은 염료이용을 증가시키는 것이고 두번째 방법은 기계를 개발하는 것이다. 멕시코의 날염기계는 한 종류의 전사지로부터 3종류의 날염을 할 수 있다고 보고했다. 이 세 종류의 날염은 알맞은 섬유의 선택과 속도와 온도를 적절히 조절함으로써 가능하다고 알려지고 있다. 이 염색기는 맨 먼저 기계의 속도를 높여서 날염시간을 줄인다는 간단한 원리로 나일론 랜저리 제품이나 농색제품을 날염한다. 두번째로 정상속도와 정상온도로 폴리에스터 직물을 전사날염한다. 그리고 세번째의 날염은 속도는

30% 줄이고, 온도는 가능한 한 최고로 올려서 폴리에스터 직물을 염색한다.

David Gessner사는 그들의 제품인 Gessner Transcolorizer 60이라는 전사날염기의 생산능력을 25~30% 향상시키는 새로운 고안품을 개발했다. 이 새로운 고안품은 승화추진기라고 불리우며, 기계의 가공속도를 가벼운 직물은 30yd/min까지, 보다 무거운 직물은 22yd/min까지 증가시킬 수 있다. 그러나 새산량의 증가 이외에도 이 승화추진기는 염료를 완전히 승화시킨다고 한다. 게다가 큐어링 종이(backing paper)를 사용하지 않아도 된다고 한다. 염료와 종이는 완전히 사용되며 종이 때문에 사용되는 에너지는 없어도 된다.

Hoechst회사는 아염소산염을 사용한 유기물의 연속 및 불연속표백에 대하여 영국특허를 신청해서 특허를 받았다. 아염소산염, 특히 alkaline earth metal chlorites가 섬유, 직물류 그 외의 착색된 유기화학물질 등과 같은 유기물질을 표백할 때에 표백제로서 현재 사용되고 있음은 잘 알려져 있다. 이들 표백제는 강염기와 약산의 염이며 현재까지는 산성상태에서 사용된다. 현재 표준공정에서는 표백제를 활성화하기 전에 표백용액을 불안정화 시키기 위하여 먼저 이들 알칼리성 물질을 산화시키는 것이 필요하다.

산성화는 여러 가지 문제점을 야기시킨다. 그 중 하나가 pH가 4보다 낮으면 휘발성염소이산화물이 생성된다는 것이며, 또 다른 문제점으로는 산화작용과 산성 pH로 인하여 시험장치의 부식이 발생해서 특수한 시험장치를 갖추거나, 반부식제를 사용하거나 염소이산화물 흡수제를 사용해야 한다는 점이다. 다시 표백용액을 일정농도로 유지하면서 pH를 좁은 제한범위내에서 조절해야만 한다. PH가 너무 높으면 산화의 속도가 눈에 띄게 감소되어 만족스럽지 못하거나 규모이하의 제품을 생산하게 된다. 반대로 pH가 너무 낮으면 산화의 속도가 너무 증가해서 건강에 해를 끼칠 정도가 된다.

수년동안 아염소산염을 사용해 왔지만 특별히 발전된 것은 칼슘염에서 나

트륨염으로 바뀐 것 뿐이다. 그러나 과산화물 또는 차아염소산염으로는 잘 표백되지 않는 인조섬유의 수요급증 때문에 아염소산염 표백법에 대한 관심은 계속 증가하리라고 믿어진다. 더구나 표백은 에너지를 가장 많이 소모하는 공정 중의 하나이고 또 앞으로 에너지 보존에 많은 노력을 기울일 것이기 때문에 열의 필요를 제거하는 방향으로 노력을 하는 것이 바람직 할 것이다. Hoechst 특허에서의 직물류 표백은 물의 존재하에서 pH을 9에서 11사이로 유지하면서 실온 또는 그 미만에서 연속 또는 불연속 방법으로 고에너지 방사(irradiation)에 의해서 활성화된 아염소산염을 사용해서 행하여 진다.

물의 양은 표백할 직물류 무게의 0.1% 보다 많아야 하며 100%까지도 허용된다. 이 공정은 방사(radiation)에 의해서 활성화되었기 때문에 별도로 화학적 활성제가 필요치는 않다. 방사원으로는 전자가속기, X-선발생기, 자외선등, 방사선물질 등이 있다. 방사선물질 가운데에서도 코발트 60과 세슘 137이 바람직하다. 방사지속시간은 다양하지만 방사원의 방사력이 방사시간을 결정한다. 예를 들자면, 전자가속기에 의한 방사는 그 지속시간이 짧은 편이고 반면에 자외선등에 의한 방사는 대체로 시간이 긴 편이다. <표 3>은 서로 다른 여러 직물류에 대한 최대 방사량의 지표이다. 방사량의 범위는 셀룰로스가 2Mard인데 반해 폴리에스터는 40Mard가 필요하다.(1Mard = 10^8erg/g of substrate).

<표 3> 방사량에 대한 지표

Fabric	Dose(Mrad/g)
Cellulose	2—3
Cellulose/Synthetic	2—3
Polyamide	5
Polyester	40
Polyacrylic	5

이 공정은 아염소산염 농도가 5내지 110g/l인 수성 알칼리 용액을 사용하면 정상적으로 작동된다. 사용용액은 광학광택제, 습윤제 그 외 공정보조첨가물 등과 같은 일반적인 첨가제를 함유할 수 있다. 직물을 용액에 담그기 전에 먼저 용액을 방사시켜서 표백을 하거나 또는 직물에 표백 용액을 가한 후에 방사시켜서 자장해도 된다. 특허를 얻은 몇 가지 실예가 <표 4>와 <표 5>에 나와 있다. 대부분의 처리는 25g/l의 아염소산 나트륨과 1~10 Mard의 방사량을 가졌다.

<표 4> 직물에 표백용액을 가한 후(65% Add-on) 방사

Fiber	pH	Chlorite (g/l.)	Temp(C)	Dose (Mrad)	Reflectance		Strength	
					Untreated	Treated	Untreated	Treated
Cotton	11	25	25	2	51.5	64.5	22.2	20.7
	11	25	25	0		55.3		21.9
	11	0	25	2		52.3		18.6
	11	0	25	0		52.3		21.6
	11	25[a]	25	2		62.5		19.6
	11	25[a]	25	0		56.1		21.1
	9	25	25	2	63.8	78.2	40.0	41.4
	9	25	25	3	63.8	80.1		
	11	25	25	2	62.5	74.6		
Polyester		12	25	1.5	64.6	76.7		
Cotton(Raw)	11.1	15	25	2	48.3	80.1[c]		
Polyester		20[b]		10	80.2	82.3		
Nylon 66		5	25	2		77.6		
		5	25	0		73.6		
		5	90[d]	0		76.2		
Cotton		25	−15	2.5	62.5	78.7		
Nylon		25	−15	2.5	72.8	79.3		
Rayon(Fleece)		15	25	2	54.8	72.5		

[a] Activator added [b]50% uptake [c]Husk free [d] Steamed 60min

<표 5> 표백용액에 방사한 후 원면에 처리(65% Uptake)

Chlorite (g/l.)	Temp(C)	Dose (Mrad)	Storage Time(hr)	Reflectance after Treatment
20	25	1	6	80.8
20	25	0	6	52.3

새로운 처리방법

플루오로 카본(Fluoro carbon)은 합리적이고, 매우 장점이 많고 또 직물가공에 쉽게 적용할 수 있는 유기용제인 것 같다. Du Pont사에 트리클로로 트리플루오로에탄과 프레온 TF에 대한 연구과정에서 이 제품을 여러 종류의 서뮤에 적용했을 때에 특성의 균형이 잘 잡혀 있음을 알았다. 직물가공에서 이와 같은 용제의 성질은 확포식 연속직물정련에서와 마찬가지로 패키지 건조부문에서도 매우 유용하다는 것이 입증되었다. <표 6>은 솔벤트와 플루오로 카본(Fluorocarbon)dml 성질들을 비교한 표이다. 네 종류의 용제중에서 플루오로 카본이 비등점, 기화체열, 용해계수, 표면장력에서 가장 낮은 수치를 보였으며 기화속도는 가장 높았다.

<표 6> 정련제의 성질

	H_2O	Freon TF	Perchloro-ethylene	Petroleum Solvent
Boiling Point(C)	100	48	121	176
Specific Gravity	1.00	1.56	1.62	0.71
Latent Heat of Vaporization (cal/g)	540	35	50	68
Surface Tension (dyne/cm)	72	18	32	27
Solvency Power				
Solubility Parameter	23.5	7.2	9.4	7.5
Kauri Butanol Value		31	90	34
Vaporization Rate Comparison		280	27	4
Viscosity at 20°C(cP)	1.00	0.69	0.90	0.95

비등점과 기화체열이 낮기 때문에 이 용제가 패키지 건조와 직물의 정련에 사용된다. 패키지 염색이나 직물을 정련한 후에 건조시킬 때 직물에 남아

있는 모든 용제를 증발시켜야 한다. 플루오로 카본은 많은 종류의 다른 용제와는 달리 물과 共融混合物을 만들지 않는다. 그래서 물과 용제와의 분리는 저절로 된다. 프레온 TF의 분리가 쉬운 까닭은 다른 플루오로 카본 제품과 마찬가지로 차가워졌을 때 계속적으로 그리고 자동적으로 분리가 일어나기 때문이다. 비등점과 기화체열도 충분히 낮아서 건조시 에너지 소비를 최소화할 수 있다는 점을 유의해야 한다. 한편 비등점은 충분히 높아서, 냉각제로 차갑지 않은 물을 사용해도 증기액화가 가능한다.

용해계수를 보면 프레온, TF의 용해작용이 상당히 낮음을 알 수 있다. 시험한 바에 의하면 프레온 TF의 유기물을 용해시키는 능력은 편성 기름과 얼룩을 제거하는데 아주 적절한 것으로 나타났다. 물이나 퍼클로로에틸렌에서와는 달리 프레온 TF에서는 폴리에스터가 수축하지 않는다는 사실이 뛰어난 장점이다. 거기에다 플루오로 용제정련은 퍼클로로에틸렌에서처럼 폴리에스터 섬유내부의 트림머(trimer)를 손상함이 없이 섬유표면의 트림머만을 제거시킨다. 정련제로서 사용될 때는 용제와 휘발성 기름의 비등점이 현격히 차이가 나기 때문에 용제회수비용은 그리 많이 들지 않으면서도 산출량은 많다. 흔히 사용되는 여러 용제와는 다리 이 플루오로 카본은 직물의 특성을 변화시키지 않고도 편성기름을 제거하고 얼룩을 지운다.

프레온 TF는 발열, 가수분해, 산화 그리고 강산이나 약알칼리 같은 반응성 화학물질을 수반하는 반응에 대해서 거의 활성이 없다. 이와 같은 프레온 TF의 불활성은 이 용제가 다른 여러 종류의 상업적으로 이용가능한 용제와는 달리 일반섬유의 내부에서 분해되지 않는다는 것을 뒷받침 한다. 프레온 TF의 낮은 표면장력은 직물이나 섬유속으로 프레온 TF의 침투를 방지함으로써 이 용제의 효과를 높이는데 기여한다.

여러 용제의 공기중 허용한계치가 <표 7>에 나와 있다. 이들 허용한계치를

살펴 보면 트리클로로 트리플루오로에틸렌이 가장 안전한 용제임을 쉽게 추축할 수 있다. OSHA와도 별다른 문제가 없을 것이다. Du Pont사가 현재 이 용제를 사용하기에 적합한 장치를 개발하기 위하여 기계제조업자와 공동연구를 행하고 있다.

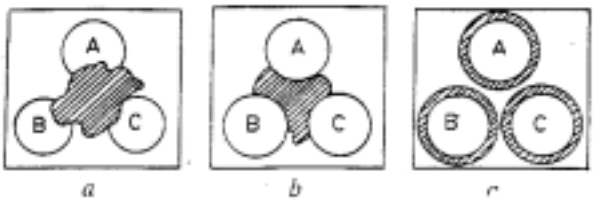
<표 7> 공기중에서 솔벤트증기의 허용한계치(Thres hold Limit Value)

Substance	TLV. (ppm)
Trichlorotrifluoroethane	1,000
Methyl Chloroform	350
Hexane	100
Perchloroethylene	100
Trichloroethylene	100
Carbon Tetrachloride	10

직물류의 염색에 대한 2가지의 연구가 지난 2년 동안 행하여졌는데 이들 날염과 침염에 관한 것이다. 날염직물에 대한 수요가 증가일로에 있기 때문에 날염공정의 여러 면을 고찰할 만한 가치는 충분히 있다. 염색화학과 이것의 날염공정과의 관계는 염료의 섬유내부에로의 확산역학과 염료 및 섬유구조에 관한 학문으로부터 추론해 낼 수 있다. 조사결과, 날염공정과 연속침지공정은 둘 다 시간에 종속적 관계를 가지기 때문에 좋은 상관관계를 가질 것이라고 지적했다. 날염풀의 농도가 진해짐에 따른 표면의 급격한 증가는 염료흡착과 확산을 지연시킨다.

수성 날염법에서의 확산에 대한 연구는 거의 없다. 따라서 이 중요한 날염의 諸現象에 대하여 보다 근본적인 연구가 요구되는 바이다. 확산은 흡착과 직접적으로 연관되어 있기 때문에 염색속도는 날염풀의 성분과 섬유 사이의 표면상호작용에 의해서 정해진다.

유기용매를 사용하는 염색을 현미경으로 조사해 보면 염료가 염색공정에서 섬유의 표면에 균일한 피막을 형성하지 못하고 있음을 볼 수 있다<그림 6>. 염료는 Cosolvent球와 섬유표면의 접합부문에 들어간다. 이와 같은 관찰을 근거로 용제와 섬유의 표면장력차이가 염료의 확산에 중요한 영향을 미치리라는 것을 가정할 수 있다. 또다른 연구에 의하면, 용제의 표면장력을 섬유의 표면장력에 맞게 조절했을 때 염색결점은 감소되고 확산속도는 증가되었다.

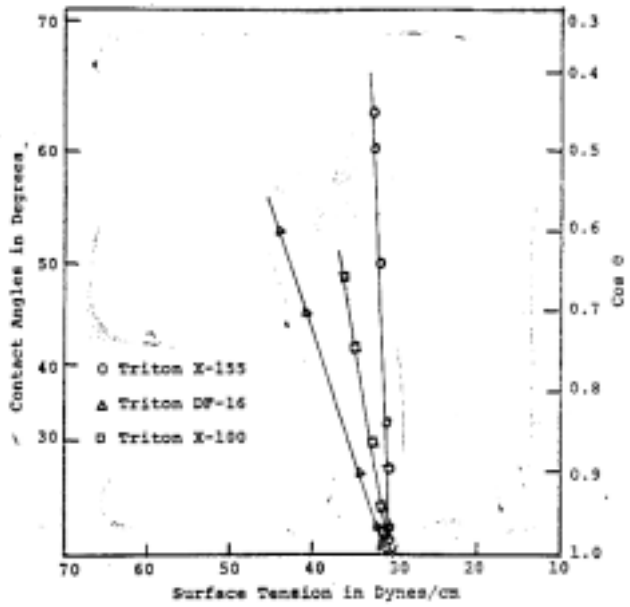


<그림 6> 표면장력에 의한 염료의 분산

(a) tetrahydrothiophene 1, 1-dioxide가 섬유 A, B, C 사이에 위치한다.
(b) 염색이 시작됨에 따라 섬유 A, B, C가 tetrahydrothiophene 1, 1-dioxide에 들러 붙는다.
(c) tetrahydrothiophene 1, 1-dioxide가 섬유 A, B, C에 고르게 분배된다.

가정을 증명하기 위한 연구가 시작되어서 Dacron 54의 표면장력을 측정하고, (Print for mulation의) 표면장력을 작게 하는 화학구조를 결정하고, 표면장력을 조정한 결과로 얻어지리라 생각되는 염료침투의 정도를 측정하였다. 대부분의 공급자들에 의해서 제시되는 표면장력에 대한 데이터는 물과 계면활성제를 용기에 담아서 대기중에 측정한 것이다. 그러나 날염공정에서의 표면의 형태는 다양하며 그 중에는 물, 계면활성제, 용기, 공기 이외에도 유제방울, 염료(집합체), 색소접합체, 날염풀, 섬유의 표면 등이 있다. 연구보고에 의하면, 면 1파운드의 표면의 넓이는 5에이커에 달한다고 보고되었다. 이상 살펴본 바와 같이 직물을 날염한다는 것이 간단하지는 않으나 주의를 기울일

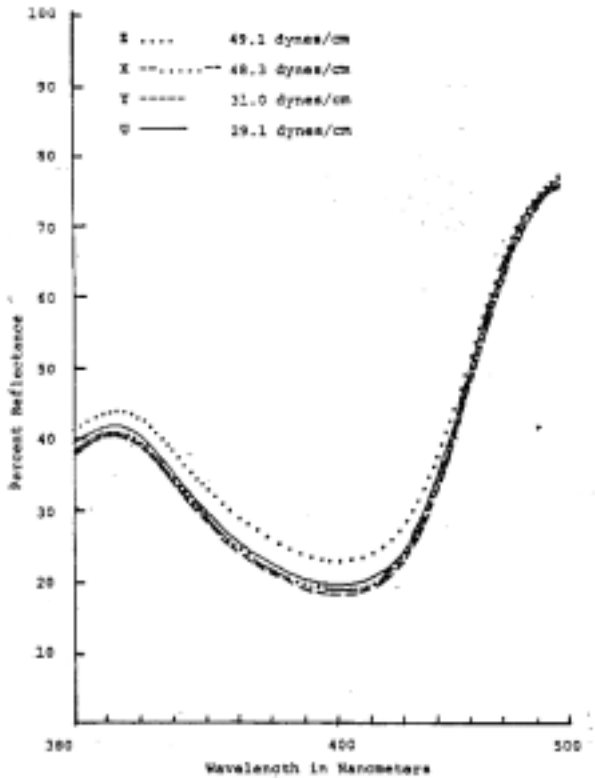
만한 충분한 가치는 있다.



<그림 7> Dacron 54의 표면장력에 대한 Zisman plot

섬유를 균일하게, 그리고 완전히 적시기 위해서는 날염풀의 표면장력이 섬유의 표면장력에 비해서 충분히 작아야만 한다. 이를 달성하기 위해서는 섬유의 표면장력과 날염혼합물의 표면장력 또는 습윤시간을 알아야만 한다. 날염혼합물에 계면활성제를 일정량씩 계속적으로 가해 나감으로써 각기 다른 표면장력 또는 습윤시간을 측정할 수 있다. 표면장력의 절대값을 측정하면, Zisman plot<그림 7>와 외삽법을 사용함으로써 cosφ값을 구할 수 있다. 한편, 높은 점성을 가진 날염풀의 표면장력은 측정하기가 매우 어렵다는 것을 알아야 한다. 그러나 이 문제도 점도가 낮은 여러 종류의 다른 풀 혼합물을 사용함으로써 해결된다. 즉 액체상태의 풀 각각에 대한 영-습윤시간(zero-wetting time)을 측정해서 날염공정에서 사용되는 날염풀의 농도에 대한 필요한 계면활성제의 농도를 외삽법으로 구한다. 한 연구보고에 의하면, 날염풀

의 표면장력은 매우 중요한 역할을 하며 이를 섬유의 표면장력에 대해 조정함으로써 이익을 최대화 할 수 있음이 밝혀졌다. Dacron 54의 표면장력은 표면장력과 습윤각의 cos값 사이의 상관관계를 나타낸 Zisman plots로부터 알 수 있다. <그림 7>은 시험용액의 표면장력에 대한 폴리에스터 필름 위에서의 시험용액의 접촉각을 나타낸 것이다. 그림을 보면 Dacron 54의 표면장력이 30.5dyne/cm임을 알 수 있다.



<그림 8> 표면장력의 변화에 대한 Kubelka-Munk의 색변화곡선

날염혼합물의 구성이 복잡하기 때문에 즉시에 균일한 습윤이 되도록 하기 위해서는 한가지 이상의 계면활성제를 사용해야 될 것이다. 계면활성제의 소수성 부분은 날염혼합물내의 고체입자나 기타 집합체와 잘 반응하지 않기 때문에 용제가 섬유와 날염혼합물 사이의 틈을 연결시키는 가교역할을 하리

라고 생각된다. 한 연구에 의하면, 용제날염시 정선된 계면활성제를 사용하면, 표면장력을 31dyne/cm로 낮추기 위해서 단지 0.01%의 시약만이 추가로 필요하다는 것이 밝혀 졌다. 또 다른 연구에 의하면, 동일한 계면활성제를 날염공정에 사용했을 때 어떤 종류의 풀에 대하여 0.02%의 시약을 필요로 했다. 그러나 날염풀을 달리 했을 때 표면장력을 31dyne/cm로 낮추기 위해 0.8%의 시약이 필요했다.

<그림 8>은 표면장력을 달리해 가면서 날염한 결과를 圖示한 것이다. 표면장력이 작아져서 폴리에스터의 표면장력에 가까워짐에 따라 염료의 흡착이 증가함을 볼 수 있다. 염료의 흡착이 가장 클 때는 날염혼합물의 표면장력을 31dyne/cm로 조절했을 때였다. 그러나 표면장력은 더 작게 해서 29.1dyne/cm로 했을 때에는 염료의 흡착이 감소되었다. 동 연구에서 표면장력의 범위가 약간 넓은 것은 날염풀의 변화에 기인된 것으로 추측된다고 밝혀졌다. 10g/l의 locust bean gum은 43.2dyne/cm의 표면장력을 갖는데 반해 같은 농도의 alginate는 55.6dyne/cm의 표면장력을 가졌다. 이들 실험은 표면장력을 임계치에 가깝도록 조절하는 것이 여라 가지 면에서 이익이 된다는 것을 보여주었다. 이점은 다음과 같다.

(1) 날염풀 분포의 균일성을 향상시킨다.

(2) 염료의 집합체의 크기를 감소시킨다.

(3) 염료의 균염성을 높인다.

(4) 염료의 흡착을 증가시킨다.

염료의 흡착증가량은 사용한 염료무게의 약 10%였다.

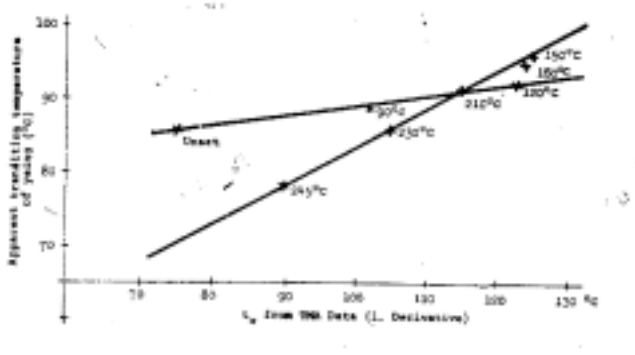
실제적인 면에서 보면 폴리에스터 섬유를 염색할 경우에 분산염료를 사용해서 100℃ 미만에서 정상 염색시간동안 염색하거나 또는 100℃에서 짧은 시간동안 염색하는 방법도 유망하다. 확산의 속도는 조절할 수 있다는 것이

일반적으로 인정되고 있는 염색 메커니즘이다. 그래서 확산계수를 증가시키면 폴리에스터 섬유는 보다 낮은 온도에서 염색이 가능하고, 비등점에서 염색할 경우에는 보다 짧은 시간에 염색이 되게 한다. 확산계수는 섬유내에서의 염료특성에 따라 달라진다. 만일 섬유특성만을 고려한다면 확산계수는 폴리머체인 유동성에 의해서 알 수 있다. 이 유동성은 유리 전이온도(glass transition temperatures) T_g의 함수이다

물이 매체일 때 염색속도는 캐리어를 첨가함으로써 증가될 것이다. 최대의 가속도는 캐리어의 농도가 꼭 섬유를 포화시킬 만할 때에만 가능하다. 이 점을 지나면 캐리어는 염욕 속에서 제3의 상태로 존재하게 됨으로 염색속도를 감소시키고, 염욕의 잠재적 소비를 감소시키고, 솔베이트를 만들거나(solvating) 섬유의 강도특성을 약화시킨다. 캐리어의 대용품으로 용제의 유화제(emulsifier)를 사용해서 염색공정을 수정할 수 있음은 잘 알려져 있다. 용제는 분산성이 있다는 간단한 원리로 염색공정을 수정할 수 있다. 유화제(emulsifier)의 소수성/친수성 성질 때문에 양이 지나치게 많으면 염료가 유화되어서 물 분자들에 의해 유치된다. 따라서 용제나 유화제를 사용하지 않고 캐리어만을 폴리에스터 섬유에 적용하는 것이 보다 나은 방법임을 쉽게 예상할 수 있다.

염색업자가 폴리에스터 직물을 성공적으로 염색하기 위해서 반드시 극복해야 할 한가지 문제점은 그 앞의 단계에서 행해진 직물 또는 섬유의 모든 열처리효과가 무효화 된다는 것이다. 불행히도 대부분의 열고착은 120~180℃ 범위에서 행해지며 유리 전이온도는 대개 120℃이다<그림 9>. 다수의 연구자들이 분산속도의 가속화는 운반매체의 화학적 구성에 달려 있다기 보다도 섬유내에 존재하는 캐리어의 양에 달려 있다는 견해에 동의하고 있다. <그림 10>은 biphenyl과 O-phenylphenol 사이에 별다른 차이가 없음을 보여준다. 이

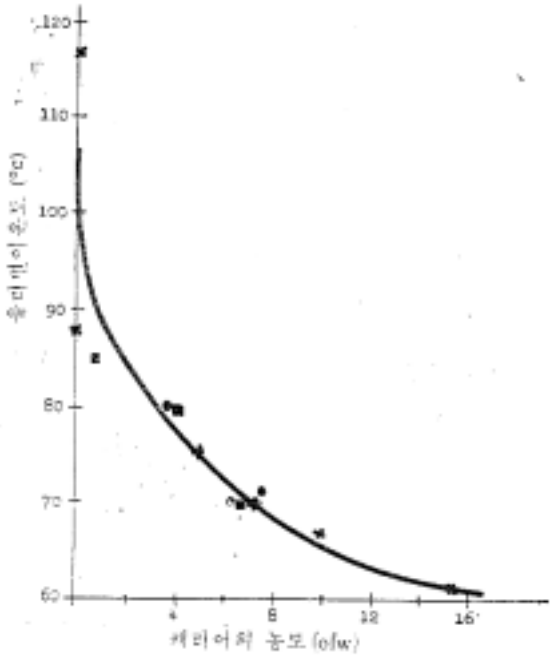
들 데이터에 기초를 두고서, 폴리에스터 섬유에 캐리어를 적용시키는데에 관한 연구가 시작되었다. 사용된 용제의 기준은 실제사용온도에서 섬유에 흡착되지 않아야 한다는 것이었다. 그래서 선택된 용제는 낮은 비등점을 가져서 쉽게 증발했다. 그리고 용제는 캐리어가 단분자상태로 분산되어서 섬유에 쉽게 흡착될 수 있을 정도로 솔베이팅시켰다. 시험에서, 용제로는 methylen chloride을 사용했고 캐리어로는 O-phenylphenol(o.p.p)을 사용했다. 시료는 충분히 적셔서 짠 후에 methylen chloride을 제거하기 위하여 증기로 휘발시켰다. 이와 같이 해서 얻은 확산계수가 다른 조건하에서의 계수와 함께 <표 8>에 나와 있다. 이들 결과를 살펴보면, 80℃에서는 매우 낮기 때문에 한계점이 있음을 알 수 있다. 그러나 methylene chloride의 존재하에서는 염료의 확산게수가 증가하기 때문에 O-phenylp-henol은 섬유의 유리 전이온도 이하에서도 잘 확산되리라고 생각된다.



<그림 9> T_a 와 겉보기 전이온도와의 상관관계

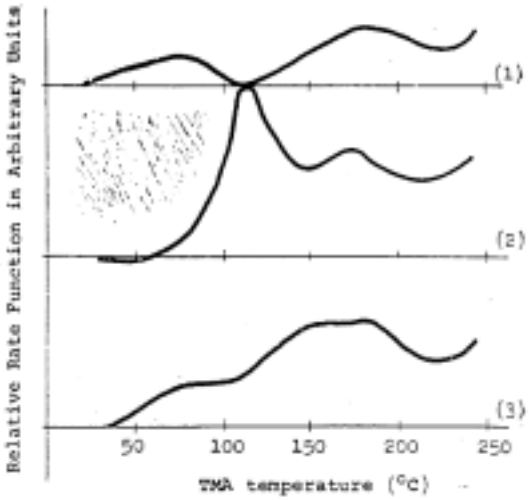
<그림 11>은 열역학적 분석(TMA) 데이터이다. methylene chloride을 사용했을 때 유리 전이온도 이하에서도 섬유 속으로 잘 확산되는 적절한 캐리어가 있음을 그림을 보면 알 수 있다. 비등점이 낮은 용제에 용해되는 캐리어를 사용해서 나중에 용제를 휘발시키는 방법을 사용하면 온도가 낮아짐에도 확

산속도는 증가한다는 것이 계속된 실험에서 밝혀졌다.



<그림 10> 여러가지 캐리어의 종류에 따른 T_g 값의 감소

●, X; biphenyl ■; O-phenyl phenol



<그림 11> 몇 가지 처리조건에 따른 염착곡선

(1) 100g/l opp/methylene chloride으로 처리한 것.

(2) opp/methyl chloride로 처리 후 80℃에서 45분 염색한 것.

(3) 5g/l opp로 80℃에서 45분간 처리한 것

<표 8> C. I. Disperse Red 60로 80℃에서 염색할 때의 확산 계수

Dyeing Conditions	Diffusion Coefficient $D \times 10^{-12}$
Without Carrier	0.45
With OPP, 1 g/l	13.0
With OPP, 5 g/l	13.0
Pretreated with OPP in Methylene Chloride+Steaming	26.1

요 약

에너지와 자원의 보존을 위해 보다 최근에 개발한 설비, 혁신적 공정, 출현된 특허들 중에서 몇 가지 요약했다. 에너지 사용의 최소화를 위한 필요조건은 계속 변하고 있으며 그것을 해결하기 위하여 논리적인 접근방법도 사용하고 있다. 해결해야 할 중요인자는 다음과 같다.

(1) 공정으로부터 나오는 모든 생성물, 열, 원료의 회수

(2) 유기물과 무기물의 처리공정의 개선

(3) 저온을 사용하는 공정에로의 변경

(4) 단시간을 필요로 하는 공정의 채택