

면의 염색가공 - 07

1.3 면의 전처리

1.3.8 머서화 가공(mercerization)

1.3.8.1 머서화 가공의 개요

머서화가공은 1844년 이 원리를 발견한 영국의 John Mercer의 이름에서 유래한 것이며, 머서화 또는 머서화가공(mercerization)이라 부르고, 일본에서는 머서화된 제품이 견과 비슷하다고 해서 실켓가공(silket)이라고도 부른다. 면섬유는 가성소다(NaOH) 3% 용액에서 가열처리를 해도 거의 변화가 일어나지 않지만 5% 용액에서 팽윤이 일어나고, 18% 이상의 용액에서 최대의 팽윤이 일어난다. 그러나 지나치게 가성소다 농도가 높아지면 반응은 역으로 떨어진다.

<표 1-15> 셀룰로스에 대한 가성소다 처리결과

NaOH(%)	처 리 결 과
0~6	변화 없음.
6~8	1초 동안에 불완전하지만 꼬임 풀림.
9	처음에는 빨리, 나중에는 천천히 꼬임 풀림.
12	1초 동안에 꼬임 풀림.
16	꼬임이 풀린 다음 팽윤
18	꼬임 풀림과 팽윤이 동시 일어남
27~36	팽윤 후 꼬임 풀림

팽윤에 동반하여 길이가 수축하고 천연꼬임이 없어지며, 루멘(면섬유 중앙부의 공동부분)은 아주 작아지게 된다.(그림1-27, 1-28 참조)



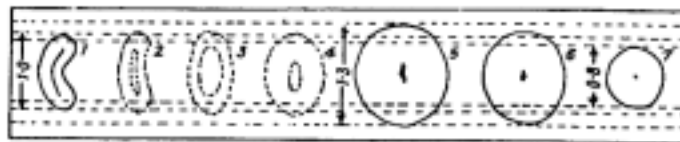
① 천연 면섬유(현미경 배율 500×)



② 머서화가공 면섬유(현미경 배율 500×)



<그림1-27> 머서화가공에 의한 면의 형태변화



1: 원면은 누에콩 모양

2~5: 알칼리용액 중에서의 팽윤

6: 물 치환에 의해 알칼리가 제거되면 팽윤은 작아짐

7: 건조후 형태

<그림1-28> 머서화과정에서 면섬유의 단면변화

면섬유의 내부에서는 가성소다와 셀룰로스분자가 결합하여 알칼리 셀룰로스가 된다. 이에 수세하여 가성소다를 제거하면 다시 셀룰로스로 돌아간다.

이때 면섬유에 장력을 주어 수축을 방지하면서 가성소다를 제거하면 다음과 같은 품질의 변화가 일어난다.

- ① 견(silk)과 같이 광택이 증대한다.
- ② 표면이 평활하게 되고, 촉감이 좋아진다.
- ③ 인장강도와 신도가 증가한다.

④ 염료 및 가공제의 흡수량이 10~25% 증가하고, 반응성이 개선된다. 또한 면섬유의 넵(nep)와 미성숙면도 염색성이 개선된다.

⑤ 직물, 편포의 치수안정성이 향상된다.

⑥ 중량이 4~5% 증가된다.

⑦ 가소성이 증가한다.

광택의 증가는 팽윤에 의해 면섬유가 원형화되고, 천연꼬임이 없어지게 되어 빛의 난반사가 그만큼 적어지기 때문이다. 표면이 팽활하게 되고 촉감이 좋아지므로 면섬유가 팽윤된 상태에서 가공방식에 의해 매끈하고 차가운 감을 주거나 부드러운 감을 줄 수 있다.

인장강도가 증가하는 것은 면섬유 길이방향의 수축에 의해 밀도가 증가하는 한편 셀룰로스 분자끼리가 미끄러지기 쉬운 상태에 있는 곳을 인장시 고분자의 배열이 균제하게 되어 균일하게 정렬하면 섬유에 걸리는 힘이 전체에 고르게 배분되는 것에 의해서 강도가 증가한다.

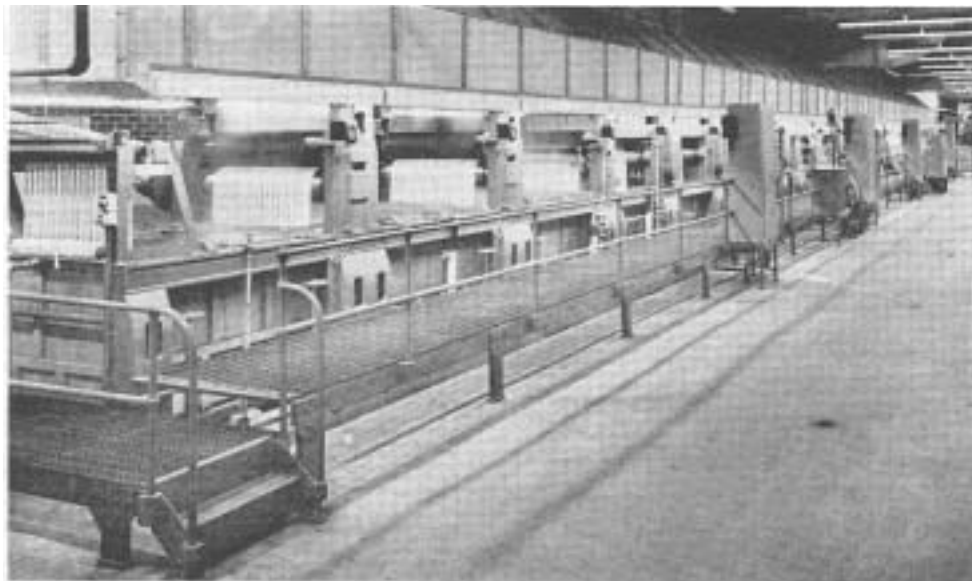
염색성과 가공제의 흡착성, 반응성이 증가하는 것은 머서화에 의해 면섬유가 팽윤하게 되어 섬유구조가 이완하게 되면 셀룰로스의 결정화부분이 감소하므로(마이크로피브릴의 결정부분이 파괴되는 것이 아님) 허물어진 셀룰로스의 결정가운데의 OH기가 유리하여 원래부터 있는 셀룰로스의 비결정부분의 OH기에 더해져 그만큼 반응하는 힘이 커지게 되는데 있다. 흡착성이 커지게 되는 것에 의해 염색성은 좋아지고, 그만큼 빛의 난반사도 적게 되는 것에 의해서 발색성이 증가하므로 염료의 절약도 된다. 치수안정성이 좋아지는 것은 섬유가 원형으로 팽윤하고 있어 세탁을 했을 때 섬유가 물을 흡수하여도 그 이상 그다지 팽윤하지 않게 되므로 수축을 일으키는 요인이 없는 데서 생긴다.

1.3.8.2 머서화가공 형태별 분류

(1) 워프 머서화가공(warp mercerization)

실을 머서화가공하는 방법 중의 하나로 실 300~400가닥을 로프형태로 만들어준 다음 빔(beam)에 감아 정련-수세-가성소다 머서화, 침지·장력장치-열탕 수세-산 수세(중화)-수세-유연제 처리-건조(열풍)의 일관 연속공정으로 머서화가공을 한다.

양말사, 편성사, 재봉사의 대량생산에 활용되고 있으나 타래실 머서화가공에 비하여 가공비가 싸고 균일한 품질이 생산되는데, 광택도는 떨어지며, 장치비가 많이 든다. 그러나 직물형태로 머서화가공하는 것보다 광택과 인장강도는 더 높다.(그림1-29 참조)



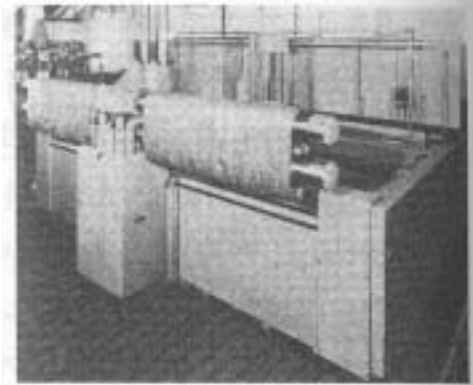
(Coats & Clark Inc.)

<그림1-29> 워프 머서화가공 설비

(2) 타래실 머서화가공(skein mercerization)

실을 타래실형태로 만들어 머서화가공하는 방법으로 소량생산에 적합하다.

광택은 워프 머서화 가공된 제품보다 월등하게 좋으나 로트(lot)간의 균일한 품질관리가 어렵고, 가공비가 비싸게 드는 것이 결점이다.(그림1-30 참조)



MM-U(Jaeggli사)

<그림1-30> 타래실 머서화기

(3) 직물 머서화가공(fabric mercerization)

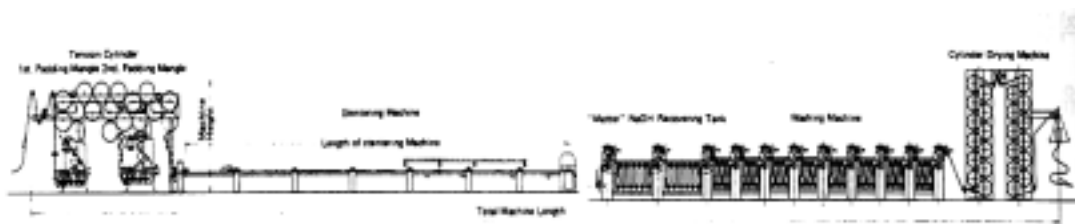
직물 머서화가공기는가성소다 침지장치, 직물의 경·위사방향 장력조절장치, 수세장치로 구성되어 있지만 대별해서 클립 머서화기와 체인리스 머서화기의 2종류가 있다.

1) 클립 머서화기(clip mercerizing machine)

일명 체인 머서화기(chain mercerizer)라고 하며, 직물용으로 가장 많이 사용되는 머서화가공기로 후(厚)직물에 적합하고, 경사와 위사방향으로 자유로이 장력을 가할 수가 있으므로 가장 우수한 광택을 얻을 수가 있다. 폭 고정 불가능하나 원단파손, 변파손이 나기 쉽다.

그림1-31은 클립 머서화기로서 가성소다 침지부는 일반적으로 둘로 나누어 직물로 18.5~23.5% 가성소다용액이 균일하게 충분히 침투할 수 있도록 침지조 2개를 사용한다. 다수의 철제 실린더를 통과시키므로서 가성소다액이 침

투할 시간을 주고, 길이방향에 장력을 줄 수 있도록 한다. 폭내기(tentering)는 폭방향에 장력이 걸리도록 하여 직물이 경위사방향으로 신장된 상태로 텐터 상에서 치수안정성과 광택이 얻어진다. 또 텐터(tenter · stenter) 위에서 샤워(shower) 탕세를 하여 가성소다의 농도를 충분히 낮추지 않으면 안된다. 이후 열 탕세, 중화 수세를 되풀이하여 가성소다를 완전히 제거한 후 건조한다.

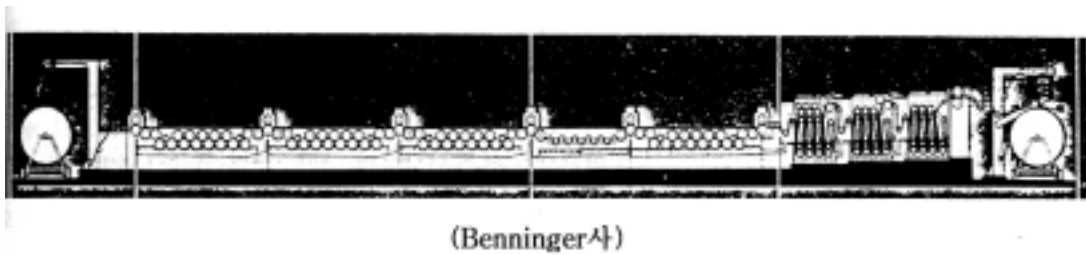


<그림1-31> 클립 머서화기

2) 체인리스 머서화기(chainless mercerizing machine)

체인리스 머서화기는 그 명칭에서도 짐작할 수 있는 것처럼 텐터가 없다. 유럽에서 많이 사용되고 있으며, 얇은 직물이나 일정한 폭이 필요치 않은 직물에 적합하다. 직물의 폭방향으로 장력을 줄 수 없지만 경사방향의 장력이 더 좋아 원단파손 위험성이 없고 양호한 광택이 얻어진다. 폭이 다른 원단의 연속가공이 가능해서 조작이 용이하고, 원단2매를 겹쳐서, 또는 폭이 좁은 것은 2매를 평행하게 머서화가공을 할 수도 있어 생산성이 양호하다. 또 체인 머서화기에 비해 동력도 적게 들고, 편포도 처리할 수 있는 점이 장점이다.

그림1-32의 체인리스 머서화기로 직물의 장력 부여와 수세를 위한 장치는 일련의 고무롤러, 스테인리스 롤러와 확포장치(expander)로 구성되어 있으며, 폭방향의 확포는 경사방향의 장력에 의해 영향을 받지만 벤트 익스팬더(bent expander)에 의해 최고 8%의 확포가 가능하다.

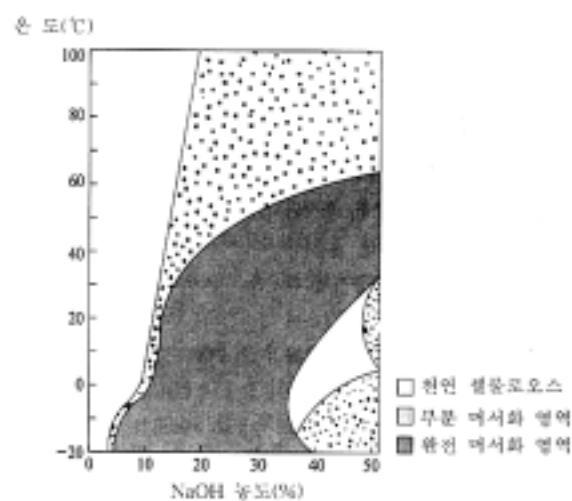


<그림1-32> 체인리스 머서화기

1.3.8.3 머서와 가공의 여러가지

(1) 일반적인 머서화가공

머서화가공은 가성소다 18% 용액에서 가공할 때 가장 반응이 크지만 이것은 면섬유에 대하여 시험실에서 가공하는 경우이고, 실과 직물에 있는 면섬유는 꼬임이 주어지고 단단한 조직으로 조여져 있어 실제 공장생산에서는 조금더 농도가 진한 20~24%정도 가성소다의 용액이 사용되고, 대략 15~20°C 온도에서 30~60초 정도로 처리한다. 가공할 면사, 면직물은 가성소다용액에 침지후 화학반응을 위해 필요한 시간을 준 후에 장력을 준 상태에서 수세하여 가성소다를 완전히 제거해 준다.



<그림1-33> 면의 머서화 영역

실제 공장생산에서는 직물을 연속으로 처리하고, 안되는 경우에도 충분한 수세장력을 가하는 방법, 침지시간 등 기술적으로 어려운 문제가 있다. 그 점이 가공공장의 노하우(know-how)로 되어 있으며, 그림1-33은 면의 머서화 영역을 보여준다.

(2) 저온(cold) 머서화가공

가성소다용액을 $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$ 의 저온에서 20~60초 동안 처리하면 면섬유에 투명감을 주고, 마와 같은 매끈하고 차가운 촉감과 딱딱한 촉감을 주므로 면직물의 의마가공에 응용되고 있다.

가성소다 온도가 낮으면 셀룰로스 섬유와의 반응성이 좋지 않기 때문에 섬유 표면에서 급속한 반응을 일으켜 표면 부분에서만 팽윤이 일어나고, 중앙쪽은 미반응의 상태가 된다. 그 때문에 표면만 팽윤하여 유연한 상태의 섬유끼리만 짝 밀착하여 고정되기 때문에 투명감이 있는 한편 촉감이 딱딱해진다.

(3) 고온(hot) 머서화가공

먼저 $80\sim 95^{\circ}\text{C}$ 고온의 25% 가성소다용액에서 침지처리를 행한 후 냉각시켜 알칼리를 완전히 제거하여 부드러운 촉감과 강한 광택을 얻을 수가 있다. 고온에서는 가성소다용액의 면섬유에의 침투가 신속 균일하게 이루어지므로 머서화효과가 향상되고, 고온처리에 의하여 가성소다의 점도가 낮아지므로 촉감이 보다 유연해지고 습방추성이 향상된다.

발호, 정련공정을 생략할 수가 있어 생산원가를 절감시킬 수 있으나 보다 고농도의 가성소다용액을 사용하여 80°C 이상의 고온도에서 처리하므로 조작상의 안전성에 문제가 있어 널리 보급되지 못하고 있다.

(4) 무긴장(tensionless) 머서화 가공

(1), (2), (3)은 전체적으로 긴장(장력을 가하여 팽팽하게 켜짐) 머서화가공이

자만 무긴장 머서화가공은 장력을 가하지 않는 머서화가공으로 긴장과 무긴장 머서화 후의 품질을 비교하여 보면 표1-16과 같이 다르다.

이와 같이 무긴장 머서화가공을 하면 광택은 그다지 좋아지지 않지만 직물에 신축(stretch)성이라는 새로운 기능성을 부여할 수가 있다.

<표1-16> 긴장과 무긴장 머서화가공 비교

구 분	무긴장 머서화가공	긴장 머서화가공
강 력	저하	증대
신 도	증대	저하
투명도	대	중
염색성	현저히 증가	증가
형태안정성	저하	개선
촉 감	거칠고, 딱딱하게 됨	개선
광 택	소	대

1.3.8.4 액체암모니아 머서화가공

액체암모니아(liquid ammonia) 머서화가공은 가성소다에 의한 머서화가공에서 가성소다 대신 액체암모니아를 사용하여 머서화가공 효과를 얻는 방법이다. 액체암모니아가공의 면제품은 품질면에서 다음과 같은 향상이 있는 것으로 알려져 있다.

- ① 촉감이 부드럽고, 드레이프(drape)성이 좋아진다.
- ② 방추성(防皺性)이 높게 된다.
- ③ 세탁해도 줄어들지 않는다.
- ④ 인장강도, 굴곡마찰강도가 향상된다.
- ⑤ 세탁을 몇번이고 반복해도 가공효과가 없어지지 않는다.
- ⑥ 특히 수지가공, 샌퍼라이즈가공을 함께 조합하여 사용하면 우수한 품질의 가공지를 만들 수 있다.

(1) 가성소다 머서화가공과의 차이점

면섬유를 팽윤시키는 점은 가성소다 머서화가공도, 암모니아 머서화가공도 서로 비슷하다. 이 때문에 액체 암모니아가공도 머서화가공이라고 말하는 사람도 있다. 엄밀하게는 머서화가공과는 다른 반응을 보이는 것으로 해외의 정설이 되고 있다. 가공한 면직물의 품질을 비교하면 가성소다 머서화가공은 염색성, 광택, 외관의 개선이 뛰어나고, 다른 한편 액체암모니아가공은 세탁에 대한 형태안정성과 외관의 유지라는 면에서 특히 뛰어나고, 더욱 주름회복성, 강도의 향상, 부드러운 촉감 등의 면에서 우수하다.

액체암모니아가공은 암모니아를 물에 용해한 암모니아수와는 달리 순수암모니아만으로 액체화된 것으로 가공한다. 암모니아의 비등점은 낮아 영하 33.4°C에서 액체로 된다. 액체암모니아는 물과 유사한 화학반응을 나타내지만 물보다는 알칼리성이다. 면섬유는 액체암모니아에 의해 똑같이 팽윤을 일으킨다.

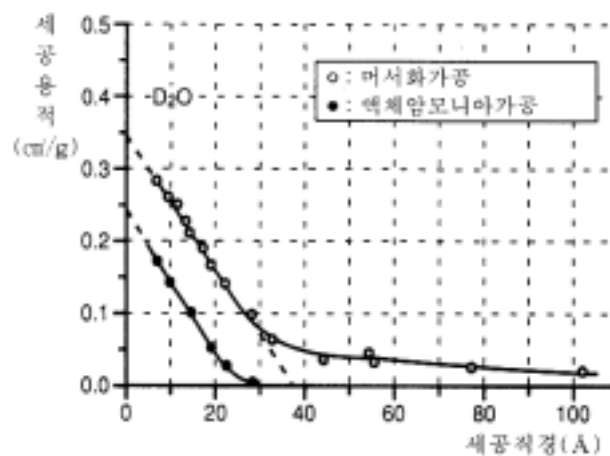
가성소다 머서화가공은 면섬유에 가성소다수용액을 침투시켜 가공한다. 면섬유를 개질하는 것은 가성소다이지만 물의 힘을 빌려 물과 함께 면섬유의 내부로 스며들어 화학반응을 일으킨다. 그 때문에 공업생산에서는 침투가 불균일하게 되는 경향으로 면섬유의 내부에서 균일하게 머서화가 일어나는 것은 대단히 어려운 것으로 알려져 있다.

직물은 실의 꼬임과 제직된 조직으로 인하여 어떤 부분에서는 강하게 조여져 있고, 어떤부분은 느슨하게 되어있어 물의 침투가 어려운 곳과 쉬운 곳이 있다. 이 때문에 가성소다수 용액의 경우에는 침투속도가 변하여 반응결점이 발생하기 쉽다. 이에 대해 액체암모니아는 면섬유에 침투성이 뛰어나 어떤 곳에서도 신속 균일하게 반응하여 결점이 적게 된다.

(2) 면섬유내의 빈틈의 크기와 양

면섬유 내부에서의 화학반응은 빈틈의 대소와 분량에 의하여 영향을 받는다. 면섬유 내의 빈틈크기의 변화율은 크로마토그래피(chromatography) 분석 방법으로 헤아려지지만 이것은 크기가 다른 분자를 섬유의 내부로 통과시켜 통과한 분자의 크기와 그 양에서 세공의 크기와 분포상태를 헤아리는 방법이다. 이 측정에 의하면 액체암모니아 가공의 면섬유는 세공이 거의 동일한 크기의 것으로 차있는 것으로 판명되었다.

가성소다 머서화가공의 면섬유는 미가공의 것보다 세공이 작아지고 수량은 많게 되는데, 액체암모니아가공에 의해서 그 이상으로 작은 세공을 균일하게 얻을 수 있다.(그림1-34 참조)



<그림1-34> 섬유내의 세공의 크기와 용적

세공의 크기는 면의 방염가공제와 같이 매우 큰 분자의 것은 침투할 수 없는 정도의 작은 크기(size)로 차 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 수지, 염료 및 물의 분자가 쉽게 통과할 수 있는 크기로 되어 있다.

(3) 가성소다와 액체암모니아의 차이점

우선 액체암모니아와 물과의 성질을 비교하여 보자. 표1-17과 같이 물의 비등점 100°C, 빙점 0°C에 비하여 액체암모니아는 상압에서 비등점 -33.4°C, 빙점은 -77.7°C이기 때문에 꽤 낮은 온도에서 처리하지 않으면 안된다. 액체암모니아의 표면장력은 물의 반정도로 그만큼 침투속도가 빠르다.

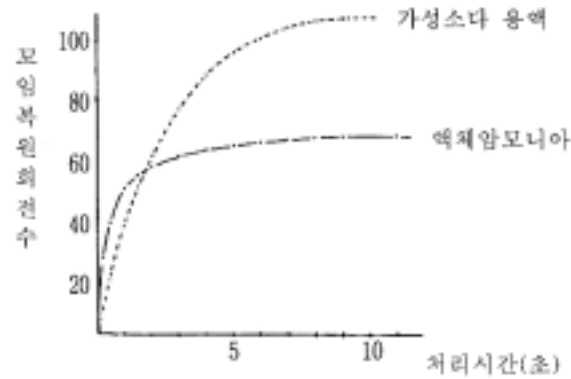
<표1-17> 암모니아와 물의 물리적 성질

구 분	NH ₃	H ₂ O
비등점(°C)	-33.4	100
빙 점(°C)	-77.7	0
밀 도(g/cm ³)	0.6823(-34°C)	1.0
증발열(cal/g)	327	537
점 도	2.647(-34°C)	1.002(20°C)
표면장력	34.4(-34°C)	72.75(20°C)

증발열은 액체암모니아가 물의 약 60%이므로 가공처리한 후 식물에서 액체암모니아를 제거하는데 필요한 열량이 물에 젖어있는 것을 건조시키는 것보다도 그만큼 적게 든다. 다음에 액체암모니아와 가성소다수용액의 면섬유에 대한 화학반응을 비교해 보면 그림 1-35와 같이 액체암모니아의 반응은 가성소다수용액의 반응보다 5~10배는 빨라 면섬유를 액체암모니아에 1~2초만 침지하는 것으로도 섬유내부에 침투가 가능하기 때문에 셀룰로스의 팽윤이 10~15초 정도로 완료되는 것으로 알려져 있다. 또한 그림에서 액체암모니아 표백면직물의 위사의 꼬임복원 회전수를 조사한 결과에서도 액체암모니아가공은 단(短)시간에 반응하는 것을 나타내고 있다.

더구나 액체암모니아는 면섬유의 결정부분에까지 침투하여 셀룰로스 분자끼리의 수소결합을 느슨하게 하여 그 상이에 깊숙히 파고들어가 화학반응을

일으킨다. 다만 그것에 의해 고분자를 뽀뽀이 분해하여 놓을 정도의 힘은 없다.



<그림1-35> 액체암모니아와 가성소다용액의 면섬유와의 반응 비교

<표1-18> 머서화가공과 액체암모니아가공의 효과 비교

가공법 효과 및 특징		머서화가공		액체암모니아가공	
		저 온	고 온	NH ₃ /H ₂ O	NH ₃ /건조/증열
가공 법의 특징	처리속도	비교적 저속(60초)	비교적 고속(5~50초)	고속(1~10초)	
	팽윤능력	높 음	온도가 높을수록 감소	고온 머서화보다 약간 낮음	
	처리의 균일성	불균일되기 쉬움	양 호	양 호	
	수축력의 발현	작음, 신축성을 줄 수 있음		큼, 정확한 치수고정 논란	
처리 면직 물의 성질	광택	크게 향상	크게 향상	머서화 가공 보다 작음	약간 향상
	염료흡수성	크게 향상	저온 머서화보다 작음	머서화 가공 의 80~90%	거의 향상치 않음
	강도	실 또는 니트에서는 개량됨			
	치수안정성	고밀도, 두꺼운 직물(데님, 코듀로이, 벨벳)은 액체암모니아가공이 유리			
	방추성	약간 변화함			향상
	수지가공성	실, 니트에서는 강도저하 적음, 직물에서는 효과 적음			인열, 마모강 도 향상

그러나 면섬유를 팽윤시키는 힘은 가성소다쪽이 강하여 처리시간을 길게 끌면 팽윤 등의 화학반응은 가성소다쪽이 크므로 비결정부분의 증대와 염료의 흡수량의 증가는 가성소다 머서화가공쪽이 크다. 표1-18은 머서화가공과 액체암모니아가공의 비교표이다.

(4) 액체암모니아가공의 2가지방법

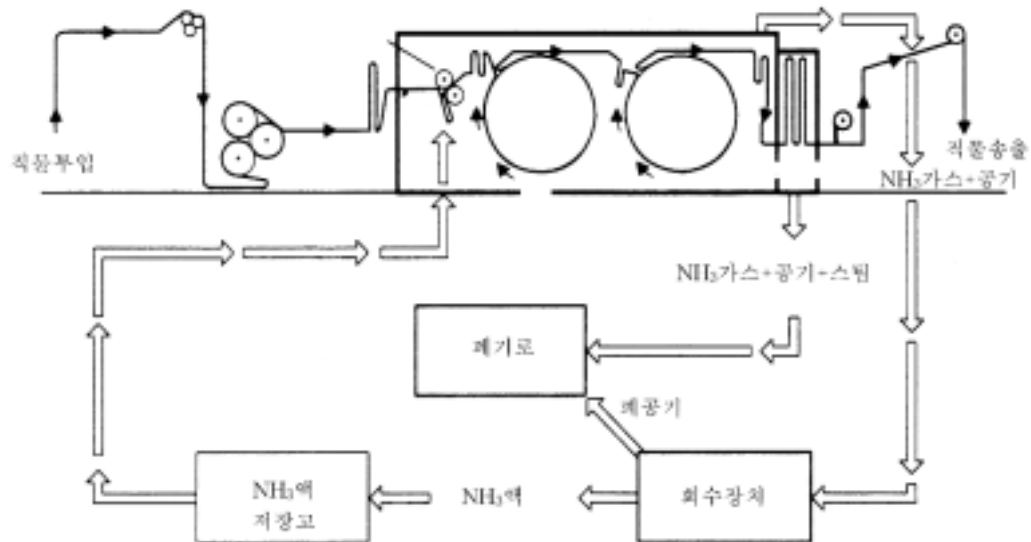
액체암모니아 가공공정에서는 액체암모니아의 처리가 10~15초라는 짧은 시간에 끝나치지만 그 후 암모니아를 직물에서 제거하지 않으면 안된다. 그 방법은 1960년대 중반기에 동시에 발표되었다. 한가지는 직물을 가공하는 샌퍼셋(sanforset)가공, 다른 한가지는 실을 가공하는 프로그래이드(prograde)가공으로 사용되고 있다.

전자는 건조한 상태에서 암모니아를 증발시키는 방법(dry steam 방식), 후자(後者)는 물론 사용하여 암모니아를 제거하는 방법(water 방식)이다. I.I.C의 히프씨에 의하면 전자는 가성소다 머서화가공을 하지 않은 상태에 가깝지만 품질은 매우 우수하고, 후자는 가성소다 머서화가공한 상태에 가깝지만 완전히 똑 같은 것은 아니다.

1) 드라이 스팀(dry steam)방식

액체암모니아 처리 후에 고온의 롤러와 스팀으로 암모니아를 증발시켜 완전히 직물에서 제거해 준다. 암모니아처리 장치는 가성소다 머서화 가공공정에 비하여 매우 짧고 간단하지만 암모니아를 회수하기 위한 회수장치가 대규모이고, 90% 이상의 암모니아를 회수하여 재사용한다. 이 방법은 노르웨이의 섬유연구소와 Tedeco사가 처음 개발하여 특허를 미국 Cluett Peabody사에 양도되어 처리장치는 Sanforize사에서 샌퍼셋가공(sanforset process)으로서 세계 각국에 특허권을 행사하고 있다. 최근 데님(denim)이나 코듀로이(corduroy) 등의 후직물분야에서 유효성이 인정되어 미국, 유럽, 중국, 일본에서는 실용화

되고 있다.(그림1-36 참조)



<그림1-36> sanforset 처리장치

2) 워터(water) 방식

액체암모니아 처리후 먼저 저온의 물로, 이어서 따뜻한 물로 행구어 최후에 고온의 실린더로 건조하여 암모니아를 제거하는 방법이다. 이 방법으로 가공한 직물은 가성소다 머서화가공된 것과 비슷한 특성을 가져 강도, 촉감, 방축성, 방추성, 염색성의 향상을 얻을 수 있는 것으로 알려졌다. 벨기에의 베라무텍스사가 이 방식을 가지고 작업복지, 셔팅(shirting), 편성포(knitted fabric) 등을 가공하고 있다.