

## 농도제어장치를 이용하여 면직물 전처리 공정에서 발생하는 가성소다 폐액의 재활용에 관한 연구 - 재활용 가성소다에 의한 면직물의 정련성 -

이언필

밀양대학교 응용고분자공학과

### A Study on Recycling NaOH from Pre-treatment Process with Concentration Control System - Scouring Ability of Cotton Fabric Treated with Recycled NaOH -

Un-Pill Lee

Dept. of Textile Engineering, Miryang National University, Miryang, Korea

**Abstract :** This research offers recycling method of NaOH from mercerizing process of cotton fabric. The measuring system of NaOH concentration was designed for the mercerizing process and tested for various conditions which can be occurred in factory. The accuracy of the system was varied as the testing condition was changed. As the concentration of sulfuric acid used for titrating NaOH decreased, the accuracy of measuring system increased. The concentration of NaOH for waste water collected from mercerizing process was measured by 5.2%. As the ratio of newly mixed NaOH increased, moisture regain, water absorbency and whiteness of the specimen increased. The bending rigidity(B) and shear rigidity(G) decreased, as the ratio of newly mixed NaOH increased.

**Key words:** mercerizing, concentration control system, pretreatment of cotton, moisture regain, water absorbency

## 1. 서 론

머서화는 면섬유를 팽윤시켜 강력 및 염색성을 향상시키고 광택을 증가시키는 등 다양한 효과를 나타내는 처리방법으로 최근 면직물의 전처리에서 일반적으로 적용하는 공정이다(Clifford, 1986). 그러나 면직물의 머서화 공정에서는 고농도의 가성소다를 다량으로 사용하기 때문에 회수장치를 사용하지 않을 경우 폐수에 많은 부담을 준다. 특히 면직물의 염색가공공정의 대부분을 차지하는 발호·정련과 염색공정에서도 일반적으로 다량의 알칼리를 사용하기 때문에 머서화에서 발생하는 고농도의 알칼리 폐수는 폐수처리에 많은 어려움을 준다(Peter, 1991).

따라서 지금까지 머서화에서 발생하는 가성소다 폐수를 재활용하려는 다양한 연구가 진행되었으며, 실제 일부 업체에서 머서화로부터 발생하는 가성소다 폐수를 회수하여 재활용하는 설비를 사용하고 있다(박영규 등, 1989; Christian *et al.*, 1979). 하지만 이들 설비는 대부분 머서화에서 발생하는 가성

소다 폐수를 회수하여 농도를 측정하고 가성소다를 추가하거나 가성소다 폐수를 증류하는 방법으로 머서화 공정에 필요한 농도로 높여서 동일 공정에서 재활용한다. 하지만 가성소다 액을 추가하는 방법은 가성소다 회수량과 사용량에 균형이 이루어지지 않기 때문에 잉여의 가성소다가 폐수로 방출되는 문제점이 있고, 증류를 하는 방법은 증류에 필요한 열원의 사용에 따른 비용이 상승하는 문제가 있다(한국섬유개발연구원, 1998).

일반적으로 면직물의 전처리는 모소 후 발호·정련·표백을 하고 머서화를 하기 때문에 머서화 장치와 함께 연속형 발호·정련·표백 장치를 사용한다(Haung·Yen, 1997; Min·Haung, 1999). 또한 발호·정련·표백 공정과 머서화 공정에서는 모두 가성소다 액을 사용한다. 발호·정련·표백공정에 사용된 액은 면직물의 생지에 부착된 각종 이물질, 오염 및 호제가 탈락되어 섞이고 정련제 및 표백제 등이 혼합되어 있기 때문에 재활용이 매우 어렵다(신우택·이의소, 1994).

따라서 이 공정에서 발생한 폐액은 바로 폐수처리장으로 배출된다. 머서화 공정에서는 정련으로 각종 호제 및 이물질이 제거된 직물이 처리되며, 가성소다 이외의 조제를 사용하지 않으므로 배출되는 가성소다액은 초기에 공급된 액에 비해 가성소다의 농도만 저하될 뿐 수질에는 큰 차이를 나타내지 않을 것

으로 사료된다. 따라서 농도조절 후 재활용이 용이할 것으로 판단된다(서명포, 1998).

이 연구에서는 현장 머서화기의 처리조, 텐터 하부 그리고 수세조에서 채취한 알칼리 폐액의 수질을 분석하고, 각 부분에서 채취된 액과 가성소다를 추가한 액으로 발효·정련·표백을 하여 정련성을 비교하였으며, 정련된 직물에 대해 백도를 측정하고 KES-FB 시스템으로 굽힘 및 전단 특성을 측정하였다.

또한 가성소다 농도측정장치를 설계 제작하여 농도계의 정밀도를 측정하였으며, 면직물 전처리 공정에 적용할 수 있는 시스템을 설계하였다. 이러한 과정을 통해 최종적으로 머서화 공정에서 발생하는 가성소다 폐수를 여과장치로 여과 후 농도를 조절하여 발효·정련·표백공정에서 재활용하는 방법을 개발하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료 및 시약

실험에 사용된 직물은 경·위사 모두 30's 평직물로서 밀도는 60×60 올/inch인 것을 사용하였다. 경사는 polyvinyl alcohol(PVA)과 옥수수전분을 주재료로 하여 호부하였다. 정련에 사용한 조제는 ICI우방의 비이온성 계면활성제(Lenetol CP-AM)를 사용하였으며, 표백처리를 위해서 과산화수소와 규산소다를 사용하였다.

머서화에서 발생하는 가성소다 폐수는 T사 현장 머서화기의 패딩조(B100/0), 텐터 하부(T100/0)와 수세조(W100/0)에서 채집하였으며, 여과지로 여과하여 실험에 사용하였다. 또한 가성소다 폐액의 가성소다 농도를 측정하고 새로운 가성소다와의 혼합비를 100:0(L100/0), 70:30(L70/30), 50:50(L50/50), 30:70(L30/70), 0:100(L0/100)으로 변화하여 정련액을 준비하였다.

적정실험에는 시약급 황산을 사용하였으며, 농도측정장치의 정확성을 확인하기 위하여 시약급 가성소다를 사용하였다(김강진 등, 1998).

### 2.2. 발효·정련·표백 처리

시료의 발효·정련·표백처리는 실험실용 욕조 속에 상온의 물을 채우고 직물을 5분간 침지한 후 Fig. 1의 방법으로 처리하였다.

### 2.3. 가성소다 농도측정장치

가성소다의 농도측정장치는 실험실에서 제작한 장치를 사용하였으며, 개략도는 Fig. 2와 같다. 가성소다 액을 수위조절스 위치가 부착된 적정용기에 가성소다액이 일정량 공급되면, 정량펌프를 사용해서 적정용 산을 일정속도로 공급하면서 농도 계산에 필요한 종말점 확인은 pH 측정기로 측정한 후, 그 결과를 마이크로프로세서에서 수집하여 데이터를 환산하고 제어 신호를 보내 공정을 제어할 수 있도록 하였다(박정우 등, 2000).

### 2.4. 실험방법

**가성소다 폐액의 수질분석** : 머서화 공정에서 발생하는 폐액의 수질을 분석하기 위하여 KSM 9193법으로 화학적 산소 소비량(COD)을 측정하였으며, KSM 9219법으로 부유고형물(SS)을 측정하였다. 또한 폐액 속에 있는 칼슘과 마그네슘의 함유량을 측정하기 위해 KSM 0124에 따라 0.01M EDTA 용액으로 적정하여 총경도를 측정하였다.

**수분을 및 흡수도** : 정련된 각각의 시료를 증류수에 충분히 적신 후 진공건조기에 20°C의 온도로 24시간 동안 공기를 뺀 후, 원심분리기로 탈수한 직물의 중량(W)을 측정하였다. 흡수중량(W<sub>h</sub>)을 측정하기 위하여 탈수한 시료를 다시 70°C에서 1시간 동안 예비건조 한 다음 20°C, 상대습도 65%의 조건을 맞추기 위하여 황산수용액이 들어 있는 데시케이터를 준비한 후 24시간 동안 방치한 후 무게를 측정하였다. 건조중량(W<sub>d</sub>)은 시료를 열풍건조기에서 105°C, 2시간 건조한 후 염화칼슘 및 오산화인이 들어있는 데시케이터에 넣어 48시간 방치한 후 측정하였다(이명선 등, 1997).

$$\text{수분율(\%)} = (W_n - W_d)/W_d \times 100$$

$$\text{흡수도(\%)} = (W - W_d)/W_d \times 100$$

여기서, W: 원심탈수 직후의 중량(g)

W<sub>h</sub>: 흡수중량(g)

W<sub>d</sub>: 건조중량(g)

**백도측정** : Computer color matching system(Macbeth MS-2000, 영국 ICI)을 사용하여 JIS L 1081법(Hunter법)에 따라 백도를 측정하였다.

**굽힘 및 전단특성** : KES-FB 시스템을 이용하여 시료의 굽힘 특성인 굽힘강성(B) 및 굽힘 히스테리시스(2HB)와 전단특성인 전단강성(G) 및 전단 히스테리시스(2HG, 2HG5)를 측정하였다(Kawabata, 1980).

**농도측정장치의 성능 평가** : 준비된 용액을 농도별로 교차 사용하여 적정실험을 하고, 각각의 결과를 적정곡선으로 나타내었으며, 가성소다액의 액량의 변화에 따라 적정에 필요한 시간을 측정하였다. 또 적정에 대한 오차를 확인하기 위하여 황산액 공급 정량펌프의 스트로크당 공급량을 반복 실험하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 머서화 폐액의 가성소다 농도 및 수질

머서화기에서 발생하는 폐 가성소다액의 재활용을 위해서 머서화 폐액의 가성소다 농도 와 수질 분석의 결과를 Table 1에 나타내었다.

머서화기로부터 폐수처리장의 집진조로 배출되는 폐액의 가성소다 평균농도는 5.2%로 측정되었다. 하지만 가성소다의 농도는 채집 위치에 따라 큰 차이를 나타내었으며, 텐터 하부와

**Table 1.** The concentration of NaOH and quality of water collected from mercerizing process

Conc. of NaOH (%)	Suspended solids (mg/l)	Hardness in water (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	Chemical oxygen demand (mg O/l)
5.2	28	125	240

수세조의 경우 채집 시기에 따라서도 많은 차이를 나타내었다. 패딩조 하부에서 수집된 폐액의 가성소다 농도는 평균 18.2%로 매우 높은 값을 나타내었다. 머서화기의 패딩조에는 20~25%의 매우 높은 농도의 가성소다액을 사용한다. 머서화 처리에 따른 액의 농도 저하를 보정하기 위해 일정한 주기로 새로운 가성소다 액이 추가되며, 이 때 폐액이 발생한다. 패딩조에서 발생하는 가성소다 폐액은 농도가 높은 반면 전체 폐액에 비해 그 양은 매우 작다.

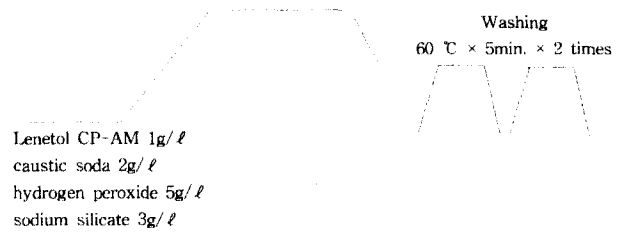
수세조에서 배출되는 폐액의 가성소다 농도는 4.2%로 낮은 값을 나타내었다. 이는 머서화기의 패딩조에서 직물에 부착된 가성소다 액이 텐터를 거친 후 수세조에서 수세될 때 다량의 물에 의해 희석되기 때문이다. 하지만 가성소다의 농도가 낮은 반면 폐액의 발생량은 매우 크게 나타났다. 텐터 하부에서 채취한 가성소다 폐액의 농도는 14.5%로 다소 높은 수치를 나타내었으나 그 발생량은 매우 작았다. 따라서 가성소다 액의 효율적인 재활용을 위해서는 머서화기의 각 부분별로 별도의 저장탱크를 부착하는 것보다는 전체 폐수를 집진하여 재활용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

머서화기에서 배출되는 폐액의 수질을 측정 한 결과, 부유고형분(SS)은 28 mg/l, 칼슘과 마그네슘의 함유량인 경도는 125 mgCaCO<sub>3</sub>/l 그리고 화학적 산소 소비량(COD)는 240 mgO/l로 측정되었다. 면직물에 부착되어 있던 다양한 종류의 호제, 이물질 그리고 각종 오염이 정련공정에서 제거되었기 때문에 머서화기 폐액에서 발생하는 부유고형분은 주로 미세한 면섬유이다. 폐액의 경도는 일반적인 공업용수의 경도인 50~100 mg CaCO<sub>3</sub>/l에 비해 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 머서화 폐수는 낮은 수준의 정제과정을 거치면 정련공정에서 재활용할 수 있을 것으로 판단된다.

**3.2. 전처리 시료의 수분율, 흡수도 및 백도**

머서화 폐액의 정련성을 측정하기 위하여 Fig. 1의 전처리 방법으로 처리한 각각의 시료에 대해 수분율, 흡수도 및 백도를 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다.

머서화기의 패딩조, 텐터 및 수세조로부터 채취한 가성소다 폐액, 그리고 머서화기 전체로부터 수집되는 폐액을 새로운 가성소다와의 비율을 변화하며 일정한 가성소다 농도를 갖는 정련액을 준비하여 전처리 하였을 때, 각 시료는 수분율의 차이를 나타내었다. 기계 각 부분으로부터 채취한 폐액에 의한 수분율을 비교한 결과, 수세조로부터 채취한 가성소다 폐액으로 전처리한 시료의 물 침투성이 다소 높게 나타났으며, 패딩조로



**Fig. 1.** Profile of pretreatment.

**Table 2.** Moisture regain, water absorbency and whiteness of the fabric

Sample	Moisture regain (%)	Water absorbency (%)	Relative whiteness (%)
B100/0	8.20	33.18	90.3
T100/0	8.45	38.91	92.5
W100/0	8.70	42.15	92.4
L100/0	8.12	37.65	94.2
L70/30	8.30	38.72	96.5
L50/50	8.27	38.43	98.9
L30/70	8.52	42.22	98.7
L0/100	8.77	45.45	100.0

부터 채취한 폐액으로 전처리한 시료의 물 침투성은 가장 낮았다. 또한 새로운 가성소다의 비율이 증가할수록 물 침투성이 다소 높은 경향을 나타내었다. 흡수도 역시 수분율과 유사한 경향을 나타내었다.

이러한 결과는 기계 각 부분에서 채취한 폐액의 수질과 상관을 가지는 것으로 판단된다. 발호·정련·표백 공정을 거친 직물에는 미량의 이물질, 오염 및 모우 등이 잔류하며, 이들 잔류물질은 머서화 공정의 패딩조, 텐터 그리고 수세조를 거치며 서서히 탈락한다. 하지만 이들 잔류 물질은 패딩조와 텐터에 부착된 진공탈수장치에서 상당부분 제거된 후에 수세가 되고, 수세조의 욕비가 높기 때문에 수세조 폐액에는 크게 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다. 정련액에 이물질이 잔류하면 면직물의 호제 및 유지성분을 제거하는 것을 방해하고 이로 인해 수분율 및 흡수율이 감소하는 것으로 해석된다.

새로운 가성소다로 제조한 정련액으로 전처리 한 시료(L0/100)의 백도에 대한 각 시료의 상대백도를 측정한 결과, 새로운 가성소다의 혼합비가 증가할수록 백도는 다소 증가하는 경향을 나타내었으며, 기계의 각 부분에서 채취한 폐액으로 전처리 한 시료의 백도는 패딩조의 폐액으로 처리하였을 때, 가장 낮은 값을 나타내었다. 이러한 결과로 수분율과 흡수도에서와 같은 이유로 머서화 폐액에 함유되어 있는 이물질이 발효를 방해함과 동시에 표백효과를 저하시키는 것으로 판단된다.

3.3. 전처리 시료의 굽힘특성 및 전단특성

Fig. 3과 Fig. 4는 전처리 한 시료의 굽힘강성과 전단강성을 나타낸 그래프이다.

기계의 각 부분에서 채취한 가성소다 폐액으로 전처리 한 시료의 경우, 굽힘강성과 전단강성 모두 수세조에서 채취한 폐액(W100/0)으로 처리한 시료가 가장 낮은 값을 보였으며, 패딩조로부터 채취한 폐액으로 처리한 시료가 가장 높은 값을 보였다.

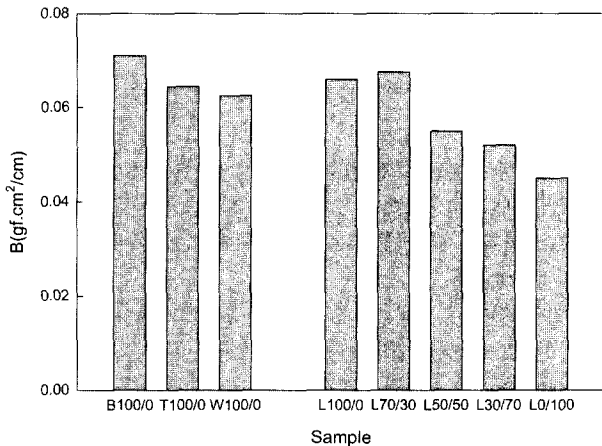


Fig. 3. Bending rigidity of cotton fabric with the ratio of newly mixed NaOH and the place where wasted water was collected.

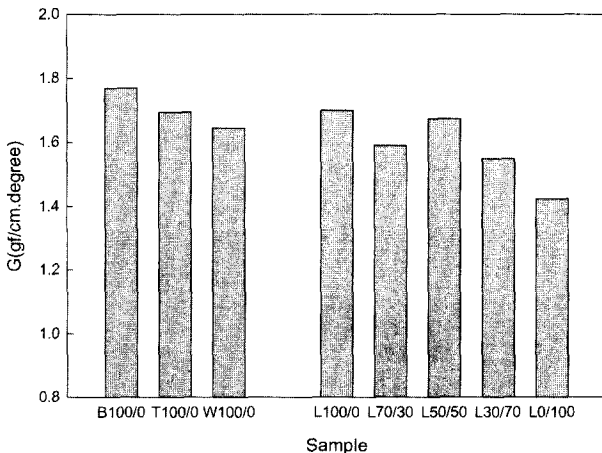


Fig. 4. Shear stiffness of cotton fabric with the ratio of newly mixed NaOH and the place where wasted water was collected.

일반적으로 면직물에 호제가 잔류하면 직물을 구성하는 각각의 섬유가 구속되기 때문에 굽힘강성(B) 및 전단강성(G)이 증가하는 것으로 알려져 있다(Wakida *et al.*, 2000). 따라서 기계 각 부분으로부터 채취한 폐액의 정련성을 비교하였을 때 수세조로부터 채취한 폐액의 정련성이 높으며, 패딩조로부터 채취한 폐액의 정련성이 가장 낮은 것으로 판단된다. 새로운 가성소다의 혼합비가 증가할수록 굽힘강성과 전단강성은 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과에서 판단할 때 새로운 가성소다의 혼합비를 증가하면 정련성이 증가하는 것으로 판단할 수 있다.

3.4. 농도측정장치의 성능

**측정의 정확성 :** 농도측정장치의 측정의 정확성을 확인하기 위하여, 농도를 알고 있는 1N 가성소다 용액 200 ml에 1N~3N 황산용액을 투입하면서 pH 미터에서 주어지는 측정값을 확인하여 Fig. 5에 나타내었다. 1N 황산 용액으로 적정 후 농도를 환산한 결과 기준농도인 1N에 대해 오차한계 1% 이내의 측정결과가 구해졌으나, 3N 황산용액으로 적정 시에는 오차한계 5% 이상의 비교적 큰 오차를 나타내었다. 이는 3N 황산액으로 측정 시에는 측정 액량의 부족으로 인해 실험에 사용된 장치의 교반봉이 충분한 교반을 할 수 없었고, 반응이 급속히 일어나 종말점 검출 신호 처리의 오차에 의한 것으로 판단된다.

Fig. 6은 현장 각 공정에서 채집한 가성소다 액의 농도를 농도측정장치로 측정된 결과를 적정곡선으로 나타낸 것이다. 패딩조는 가성소다의 농도는 일정하였으나, 텐터 하부와 수세조에서 채집한 시료는 시료채집 시기에 따라 큰 차이를 나타내었다. 5회 측정의 평균값은 패딩조에서 채취한 폐액은 17.9%로 실험실에서 피펫으로 적정한 값보다 조금 낮은 값을 보였으며, 텐터 하부의 경우 14.3%, 수세조는 4.3%로 측정되어 피펫으로 적정한 결과와 유의한 차이를 나타내지 않았다.

황산액 공급용 metering pump의 1 stroke당 토출량은 0.1 ml로 최종 스트로크의 미 감지에 의한 측정의 오차는  $5 \times 10^{-4}$

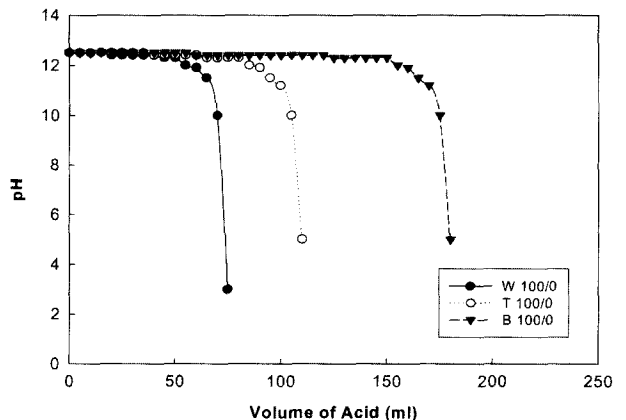


Fig. 5. Effect of acid/alkali ratio on the titration curves.

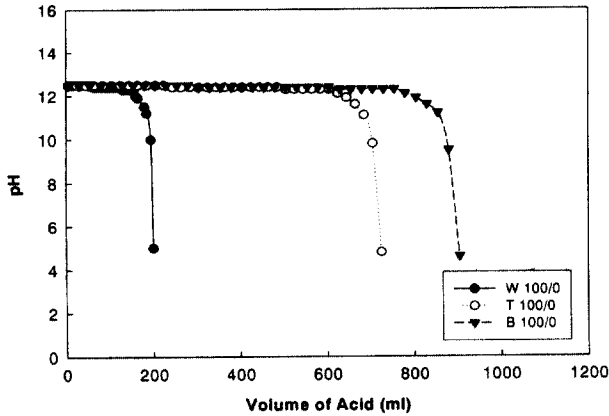


Fig. 6. Titration curves of NaOH from each process.

N 미만으로 무시할 수 있다. 또한, 종말점 검출을 위한 프로그램 입력 pH값의 설정은 준비된 가성소다 용액에 페놀프탈레인 지시약을 떨어뜨린 후, 설정값을 변경하며 측정된 결과 pH meter에서의 전달값이 pH 10.4일 때 정확한 종말점의 검출이 이루어졌다.

**측정시간** : 농도측정장치를 현장에 적용하기 위해서는 측정의 정확성과 함께 측정에 소요되는 시간이 매우 중요하다. 농도측정장치의 농도측정에 소요되는 시간을 확인하기 위하여, 1 N 가성소다액 100 ml~500 ml에 대해, 황산용액의 농도를 바꾸면서 실험한 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

가성소다:황산 액비 1:1을 기준으로 할 때, 200 ml 가성소다액 1N을 측정하는데 소요되는 시간은 metering 펌프의 분당 토출량을 30 ml/min으로 했을 때 6분 40초이다. 가성소다:황산 액비를 2:1로 할 경우에는 측정의 정확도는 증가하지만 200 ml 가성소다 1N 측정시에 12분 40초가 소요되므로 측정시간이 2 배로 증가한다.

이러한 결과로 판단할 때, 현장기계에 적용하기 위해서 측정 시간이 길기 때문에 반복 실험을 통해서 측정 데이터를 수집하

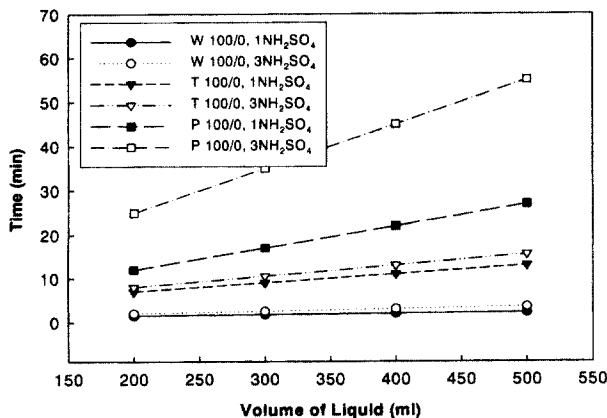


Fig. 7. Relationship between time and volume of alkali liquid.

여 분석한 후 예상 농도를 산출한 후 황산액의 초기 투입속도를 증가시키고, 예상 농도 이하의 일정 pH에서부터 투입속도를 감소시키는 방법을 도입할 필요가 있다고 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 머서화기에서 발생하는 가성소다 폐액의 재활용을 위해, 머서화기의 패딩조, 텐터 하부 및 수세조에서 채집한 가성소다 폐액의 수질을 측정하고, 다양한 조건에서 면직물의 정련성을 평가하였으며, 가성소다 농도 제어를 위한 농도 측정장치 및 머서화 적용 시스템을 설계·제작하여 그 성능을 측정하였다.

머서화기에서 채집한 폐액에 함유된 가성소다의 평균농도는 5.2%로 측정되었으나, 채집 시기 및 채집 위치에 따라 큰 차이를 나타내었다. 폐액의 수질은 부유고형분은 28 mg/l, 칼슘과 마그네슘의 함유량인 경도는 125 mgCaCO<sub>3</sub>/l, 그리고 화학적 산소소비량(COD)은 240 mgO/l로 면직물의 전처리 공정에 재활용이 가능할 것으로 판단된다.

머서화기로부터 채취한 폐액으로 면직물에 대한 정련성을 측정된 결과, 폐액의 채집 위치에 따라 수분율, 물 흡수성 및 백도에서 차이를 나타내었으며, 수세조에서 채취한 시료를 사용하여 전처리 하였을 때 가장 높은 값을 나타내었다. 머서화 전 체로부터 집진된 폐액에 새로운 가성소다를 혼합하여 전처리 한 결과, 새로 혼합된 가성소다의 비율이 증가할수록 수분율, 흡수도 및 백도가 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 새로 혼합된 가성소다의 비율이 증가할수록 굵힘강성과 전단강성은 감소하는 경향을 나타내었다.

가성소다 농도측정장치의 정확도는 가성소다 액의 액량과 acid/alkali 농도비의 증가와 함께 증가하였다. 측정에 소요되는 시간은 액량의 증가 및 acid/alkali 비의 증가에 따라 증가하였다. 현장적용을 위해서는 측정시간을 단축할 필요가 있으며, 이를 위해서는 반복실험을 통해 가성소다 액의 예상농도를 결정하고 황산액의 투입속도를 조절할 필요가 있다고 판단된다.

**감사의 글** : 본 연구는 밀양대학교 교내학술연구비의 지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

- 김강진·김하석·이대운·이원 (1998) "분석화학". 자유아카데미, 서울, pp.306-310.
- 박영규·이철희·양용운 (1989) 응집-활성오니 공정에 의한 폴리에스테르 감량폐수가 주 인 염색폐수 처리. *환경연구*, 8(2), 19.
- 박정우·변희운·노근필·구자길·황백순·김덕리 (2000) 액류감량기 가성소다 농도 제어 시스템의 개발. *한국염색가공학회지*, 12(4), 233-238.
- 서명포 (1998) 막을 이용한 염색폐수의 재활용 연구. *한국염색가공학회지*, 10(4), 235-242.

- 신우택 · 이의소 (1994) 1욕법에 의한 P/C 알칼리/머서화 가공. *한국 섬유공학회지*, **31**(12), 1021-1994.
- 이명선 · 배소영 · 이문철 (1997) 가성소다, 액체암모니아 처리한 텐셀의 염색성. *한국섬유공학회지*, **37**(8), 507-516.
- 한국섬유개발연구원 (1998) "합섬기술자료집". 한국섬유개발연구원.
- Christian Barraque 외 23인 (1979) "Water Treatment Hand Book". 15ed., Degremout Paris, p.147.
- Clifford P. (1986) "The Dyeing of Cellulosic Fibers". Dyers' Company Publications Trust, West Yorkshire, p.70.
- Haung K.S. and Yen M.S. (1997) Feasibility of a one-step process for desizing, scouring, bleaching, and mercerizing cotton fabrics. *J. Soc. Dyers Colour.*, **113**, 95-98.
- Kawabata S. (1980) "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation". The Hand Evaluation and Standardization Committee, Osaka, pp.8-24.
- Min R.R. and Haung K.S. (1999) Feasibility of a one-step process for desizing, scouring, bleaching, and mercerizing cotton fabrics: dyeing kinetics of direct dyes in a finite bath. *J. Soc. Dyers Colour.*, **115**, 69-72.
- Peter G. (1991) Textile industry wastewaters treatment. *Wat. Sci. Tech.*, **24**, 97-103.
- Wakida T., Kida K., Lee M., Bae S., Yoshioka H. and Yanai Y. (2000) Dyeing and mechanical properties of cotton fabrics treated with sodium hydroxide/liquid ammonia and liquid ammonia/sodium hydroxide. *Text. Res. J.*, **70**, 328-332.

(2004년 2월 16일 접수)

---