

NF 분리막을 이용한 머서화 폐수에서의 알칼리 회수 및 재사용 기술 개발 (II) - 실용화를 위한 인도 공장 현장 자료 수집과 경제성 산출

이변수, 손은중, 최은경, 송형범*
 생산기술연구원 섬유기술개발센터, 주) 국제시약기기*

1. 서론

분획 분자량이 UF막과 RO막사이에 위치하여 물과 염을 선택적으로 투과시키는 NF(Nanofiltration)막은 두가지 기존의 막에 비하여 여러가지 장점을 가지면서 섬유산업에 특수하게 응용될 수 있다. 섬유산업과 관련되어 성공적으로 사용되고 있는 NF 분리막 공정의 예로는 염료합성 폐수처리, 합성된 염료의 농축 및 탈염(concentration/desalination)등을 비롯하여, 머서화 폐수나 폴리에스테르 염색시의 환원세정액에서 알칼리/물의 회수 및 재사용, 반응성 염색 폐수의 처리 및 물/염의 회수/재사용 그리고 인디고 염색시 인디고 염료/알칼리의 회수 및 재사용등이 있으나 국내에는 섬유폐수로부터 유효물질을 회수하여 재사용되는 청정기술이 실용화되고 있는 예가 아직 없는 실정이다.^{1,2,3,4,5,6)} 본 논고에서는 현재 첨단염색가공기술개발사업(DYETECH 21)으로 연구개발중에 있는 “NF분리막을 이용한 머서화폐수로부터 알칼리 회수 및 재사용 기술”의 국내 실용화를 위하여 이 기술이 실용화되고 있는 인도 공장 현장방문자료를 분석하고 반월염색공단의 중소염색업체 현황을 기반으로 NF분리막 공정을 설계하고 경제성을 산출하여 보았다.

2. 인도 공장 현장 자료 수집^{7,8,9)}

2.1 인도의 NF분리막 사용 현황

인도에서의 NF분리막 기술은 봄베이에 위치한 Genesis Membrane회사에 의하여 보급되고 있었는데 그 주 응용분야는 염료의 농축 및 탈염공정(전체 90여개 회사중 30여개 설치)과 의약품합성물에서 유효물질 회수공정(10개 회사)이었고 머서화폐수에서 가성소다 회수를 위한 설치가 한 개 있었다. Genesis Membrane회사는 NF분리막 최고 제작기술을 보유했다고 평가받는 이스라엘의 MPW사의 인도 지사로 4년전 설립되었는데 설립자의 기술력과 산업화에 대한 열정, 그리고 MPW사와의 개인적인 유대관계로 말미암아 놀라운 속도로 인도에 분리막의 현장실용화를 이루고 있다. 분리막과 모듈은 MPW에서 제공받고 장치 설비는 여건에 따라 manual에서 automatic까지 융통성을 주어 제작하고 NF분리막의 응용범위의 개발 및 pilot test를 기반으로 분리막 사용 기술을 축적하고 있다.

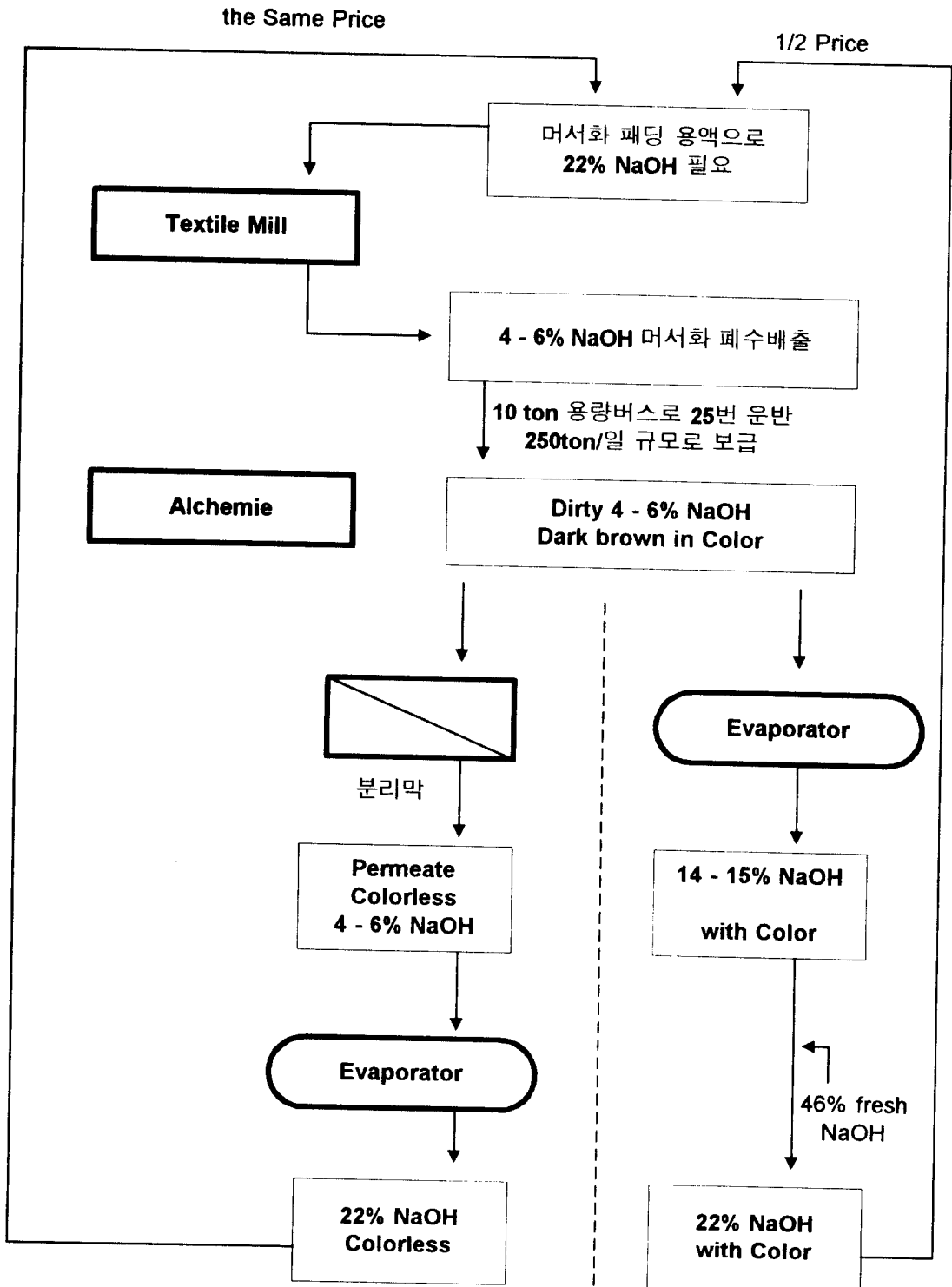


Fig 1. 인도 Alchemie 공장에서의 머서화 폐수 재사용 현황

2.2 인도에서 NF분리막이 머어서화 폐수 재사용에 응용되게 된 배경

인도의 중서부에 위치한 항구도시 봄베이 남단에는 1920년대부터 40-50여개의 섬유공장이 설치되었고 현재는 8개의 대규모 섬유공장이 남아 있다. Alchemie공장은 34년전에 설치되어 이들 공장(예로 Century공장과 The Bombay Dyeing & MF Co. Ltd.)에서 나오는 머어서화 폐수(5-6% 진노랑색 가성소다액)를 모아 multieffect evaporator(용량: 150톤/일, 8개의 실린더를 석탄으로 가열, 사진 1)를 사용하여 14-15%로 농축시킨 후 46%의 새 가성소다를 섞어 머어서화 패딩 용액인 22% 가성소다로 만들어 다시 보급 판매하는 일을 해오고 있었다. 재사용되는 가성소다액의 색상이 문제가 되던 중 Genesis Membrane사의 홍보전시회에서 Alchemie공장측에서 NF분리막의 머어서화 폐수 응용을 먼저 제안하게 되었고 Genesis Membrane사의 기술제공으로 Pilot test를 거쳐 실용화되었다. 현재 Alchemie에서는 종전의 방법에 더하여 머어서화 폐수의 일부는 분리막 공정을 사용하여 맑은 가성소다로 회수되고 있다 (Fig.1).

2.3 인도 Alchemie공장에서 실용화된 NF분리막 공정

Alchemie공장에 1995년 9월에 설치되어 머어서화 폐 가성소다액으로 부터 알칼리를 회수해 온 공정을 도식화하면 Fig.2와 같고 현장사진과 함께 추가 설명이 되어질 수 있다. Alchemie 분리막공정은 Table 1로 요약될 수 있고 설치비의 payback기간은 1년이고 6개월 운영후면 20 module unit 추가금액이 나온다고 한다.

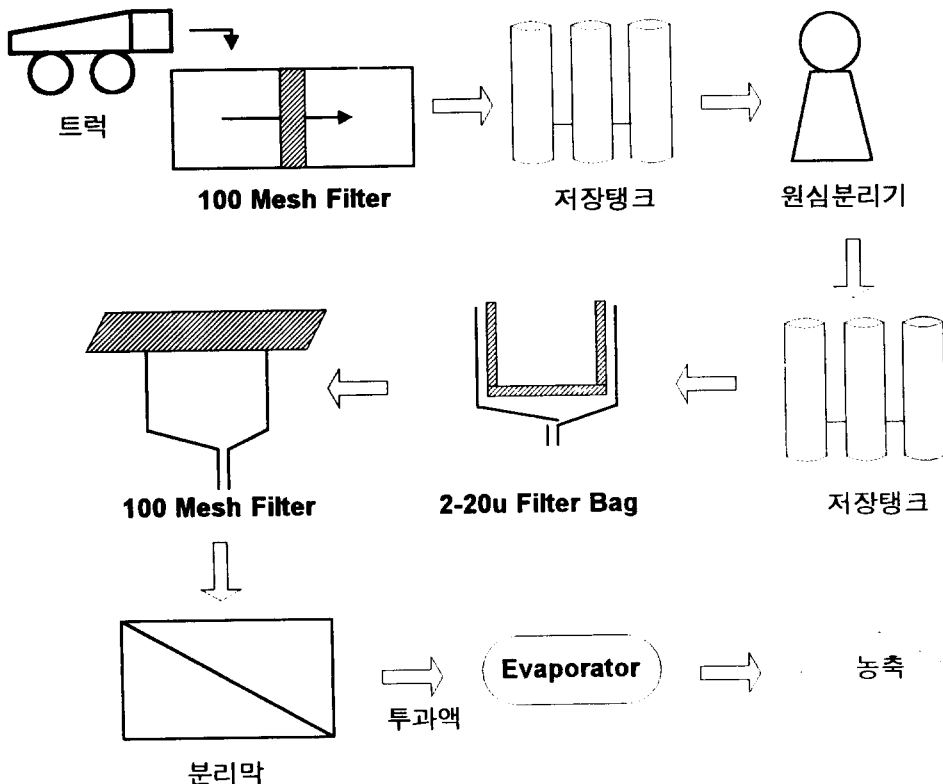


Fig 2. Alchemie 공장에서 실용화된 NF분리막 공정 도식화

Table 1. Alchemie공장의 NF분리막 공정 요약

Plant Size	20 Tubular Modules (사진 5)
Membrane Type	MPT-34
Module Name	TM 1228 ● length: 3.66 m ● 18 membranes/module ● 2.6m ² membrane area /module
Membrane Area	52 m ²
Operating Conditions	Pressure: 25 bar << 30-35 bar*) Temperature: 60℃ << 65℃*) *: 최대압력과 최대온도가 넘어가면 안전상control pannel (사진 8)에 의해 운전이 멈추어짐.
Flux	20 l / m ² hour
Feed Quality	진한색의 4-6% NaOH액
Permeate Quality	맑은 4-6% NaOH액 (사진 10)
전처리 조건	100 mesh filter(사진 2) ⇒ 원심분리기(사진 4)* ⇒ 2-20μ filter bag (사진 3) ⇒ 100 mesh filter (사진 5-1) *: 원심분리기를 통과해서 나온 검정찌꺼기(사진 9)중 일부(전체의 20%)는 완전제거가 안되고 막을 통과하나 막오염에는 전혀 영향이 없음.
세정 조건	● 하루 운전후 물과 1% EDTA로 45 분 세정 ● 15일 주기로 추가세정: 열수와 1% EDTA로 6시간 운전
설치상의 특성	● 60℃의 운전온도를 유지하기 위해 저장탱크 (용량:60톤, 사진 3)안에 열선이 설치되어 있음. ● 20개의 모듈이 2개씩 직렬로 연결되어 있음.(사진 5-3) ⇒inlet pressure와 outlet pressure의 차이가 5 bar 정도 생기지만 운전에 지장이 없고 pumping 비용이 1/2 절감. ● 운전 압력의 흔들림을 최소화하기 위해 Damper설치(사진 7) ● 4-6% NaOH 투과액 (사진 6)은 multieffect evaporator (사진 1)로 보내져 농축됨.
비고	● 하루 처리 용량: 20 LMH x 20 hrs x 52m ² ≃ 21 ton ● 분리막system중 막값이 차지하는 비율은 약 80%이고 그의 설비는 완제품 수입시에 비해 1/2 비용으로 제작할 수 있다. ● automatic system 제작시 1.5배 가격 상승⇒전체 분리막system으로 보면 110% ↑ ● 같은 규모로 한 unit 더 설치 예정 (사진 11) ● Alchemie종업원수는 약 40명으로 3조로 나뉘어 24시간 근무

3. 국내 실용화를 위한 제안 및 경제성 산출

국내 실용화를 위해서는 Alchemie의 경우처럼 환경회사에서 여러 섬유공장의 머어서화 폐수를 수거, 알칼리 회수, 재분배하는 방식과 섬유 회사 자체에 설치하여 운영하는 방식의 두가지를 제안해 볼 수 있는데 각 경우 고려해야 할 점과 경제성을 산출해 보았다. 그리고 이때 패딩 용액의 가성소다 농도인 @ 22%를 맞추기 위한 방법으로 농축기를 사용하는 경우와 46%의 새 가성소다를 가해 주는 방법의 장단점이 논의되었다.

분리막 공정의 경제성은 (설치비+운영비) 대비 (회수된 NaOH 금액 + 폐수처리비 경감)으로 산출되었고 후자의 이익금에 의한 설치비 회수기간(payback period)이 제시되었다.

4. 결론

인도에서 머어서화 폐수 재사용에 분리막 기술이 정착될 수 있었던 이유는 인도의 염색공장에서는 공장 자체에서도 머어서화 폐수를 5-6번 되풀이 하여 사용하여 왔고 색도가 매우 진해져 공장에서 더 이상 취급할 수 없을 때 Alchemie로 보내져서 농축시스템을 사용하여 섬유공장보다는 효율적으로 농축후 새 가성소다를 섞어 색도가 있어 불만족스러운데도 불구하고 재사용해 오던 전통에서 분리막 사용이 요긴하게 받아 들여졌다고 볼 수 있다. 이에 더하여 Genesis Membrane사의 분리막 기술보급에 대한 열정과 낮은 인건비(한국의 약 1/10)도 중대한 기여를 한 바 있다.

가성소다액 자체가 일반적으로 오염된 분리막의 세정액으로 쓰이고 있고 머어서화 폐수가 다른 폐수에 비해 비교적 깨끗한, 섬유찌꺼기나 수세후 남아 있는 소량의 호제, 정련제나 습윤제등만이 섞인 2-6% 범위의 가성소다액이므로 값싸고 쉬운 전처리로 막오염 가능성을 배제할 수 있고 농축액 처리에 대한 부담이 적어 분리막을 이용한 회수에 매우 적합한 폐수라고 할 수 있고 경영자적 판단 기준에 따라 환경회사에 의한 공동 분리막 설치나 각 섬유공장에의 단독 분리막 설치등 두가지 방법 모두 실용화의 타당성이 있다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 최은경, 손은중, 이범수, 김진우, NF 분리막공정에 의한 염색가공폐수에서의 유효물질회수 및 재사용기술, *한국섬유공학회지*, 33(10), (1996).
2. Raphi Shavit, Fax Contact, Membrane Products, Kiryat Weizmann LTD., P.O.B. 138, 76101 Rehovot, Israel, Fax: 972-8-407556.
3. Membrane Products 자료 제공 (1994):
 - 1) Recovery of Caustic Soda from Textile Mercerization and Sandoflex Operations,
 - 2) Membrane Process for Recovery of Water and Salts from Textile Dye Wastes with Reactive Dye Stuffs,
 - 3) New Application Data: Dye Waste Treatment- Reactive Dye Waste Treatment from a Local Dye House, Dye Bath Volume: 50 m³/day.

4. Alan E. Hodel, Nanofiltration Plant Purifies Industrial Wastewaters, *Chemical Processing*, Nov., 99 (1993).
5. Kiyoshi Koyama, Membrane Separation Process for Renovation and Reuse of Wastewaters Discharged from Dyeing Process, *공해와 대책*, 20(9), 27 (1984).
6. Douglas L. Woerner(Principal Engineer, Koch Membrane Systems, Inc.), Utilization of Membrane Filtration for Dyebath Re-use and Pollution Prevention, 대한방직협회 세미나 자료 (1994), 한국염색신문 63호, 64호 (1994).
7. 송형범, Private Communication, 국제시약기기 (분리막 설비업체), Fax: 02-548-5935.
8. Dr. B. Chakravorty, Private Communication, Genesis Membrane Sepratech Pvt. Ltd., Bombay, India, Fax: 91-22-579-0608.
9. D. B. Sheth, Private Communication, Alchemie Pvt.Ltd.,Bombay,India, Fax : 91-22-414-6427.