

염색 가공에서 새로운

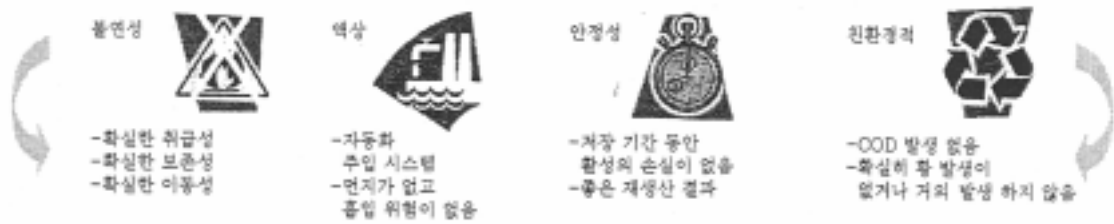
환원제의 가능성

1. 최신 기술

거의 100년 동안 하이드로설파이트소다(또는 하이드로)가 섬유 가공에서 환원제로 사용되어 왔는데, 여전히 널리 사용되고 있는 이유는 범용성과 가격적인 측면 때문이다.

그러나 최근 들어와 환경과 취급면에서 최적화된 대안이 소개되었다.

그것은 주로 하이드록시아세톤 또는 환원제뿐만 아니라 디티온산 혼합물 이중 디티온산포름알데히드 유도체(수산화메칠설파산염) 니트로메틸설파산염, 이산화티오요소, 폴리하이드록시화합물에 관해서도 언급한다. 이러한 형태는 하이드로설파이트보다 어느 한 가지 측면에서는 훨씬 뛰어나지만 적용 범위가 너무 제한적이어서, 실제로 모든 적용 범위를 하이드로로 대체한다는 것은 환경과 취급적인 면에서 실익이 없다. 예를 들면, 아직까지 분말 형태에서 발생하는, 주입, 저장, 냄새 및 분진 발생 문제가 2세대 환원제에도 발생하고 있으며, 가장 큰 문제는 폐수의 황 함유와 COD가 높다는 점이다. 최근, 특별한 무기계 약제가 개발 도입되어 실제 적용되고 있다. 무엇보다도 현재 하이드로와 이전 경쟁 품목과 비교하여, 환경과 취급성에서 상당한 이점을 제공한다. 유럽 연합을 포함하여 세계적인 환경 규제, 특히 직·간접적으로 점차 증가하는 폐수에서 황과 COD 양에 대한 규제 강화로 인하여, 이와 같이 혁신적인 환원제 기술은 확실히 섬유 가공에서 최고의 유용한 기술이 될 것이다.



<그림 1> 새로운 환원제의 특성

2. 새로운 약제

최신 화합물은 광물화 형태의 내알칼리성 무황 화합물을 주성분으로 하고 있으며,

Redutex BOR이라는 이름의 액상형으로 시판되고 있다. 저점도, 적당한 수용성 및 고전도성으로서 자연성, 폐자극성이 없어 취급이 용이할 뿐만 아니라 편리하게 수동 및 자동으로 주입할 수 있어 적용이 쉽지만, 40% 이상 가성소다액에 상응하는 강한 알칼리성이 고려되어야 하고 희석되는 것을 방지하기 위해 산과의 접촉을 피해야 한다. 반면, 제품 자체의 환경적 이점은 황이 없거나 상당히 적은 양의 황을 함유하고 있는 무기물 형태(COD가 전혀 없음)라는 것이다. 다방면에 걸친 과학적 연구에 따르면, 환원제에 의해 발생된 무기염은 환경(폐수 및 배기 가스) 및 인체(피부 생리학적)에도 무해한 것으로 조사되었다. 또한 이 제품은 액상 형태임에도 불구하고 효능의 손실 없이 장기간(1년 이상의 보증 기간) 안정적이고, 효능 반감기는 적어도 5년은 된다.

3. 적용 범위

산화 환원 전위(표준 수소 전위와 비교하여)가 적용 조건에서 900mV 이하로 크게 떨어지지 않는다면 화학적인 면뿐만 아니라 공정 단가적인 면을

고려했을 때의 잠재적인 가능성 때문에 아직까지는 배트 염색을 포함한 가능한 모든 환원에 적용되고 있다. 기존 시스템과 비교해서, 이것은 다음과 같은 공정(연속 공정과 비연속 공정)에서 다방면으로 유익하게 이용할 수 있음을 의미한다.

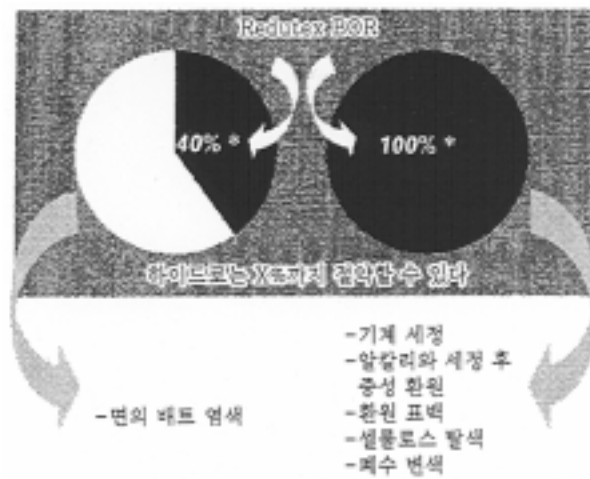
-배트 및 황화 배트 염색

-폴리에스터 및 폴리에스터 혼방의 염색 및 날염에서 환원 중간 과정 및 세정 후

-폐수 변색

-기계 세정, 면 염색의 탈색, 환원 전처리, 황화 염색, 배트 날염 레이온의 탈황 또는 가먼트 워싱(스톤 워싱) 탈염소 등과 같은 다른 환원공정

서로 다른 공정에 적용방식은 상당히 다양하다<그림 2>.



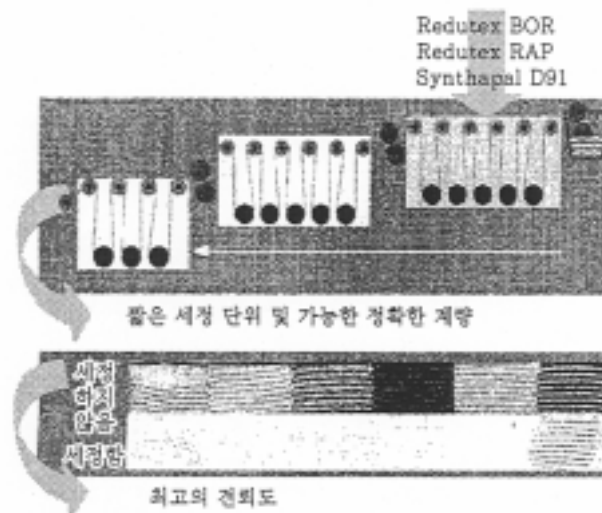
<그림 2> 다양한 적용 분야

반면, 배트 염색에서 촉매 효과와 안정화 효과를 위해 산화 환원 완충액으로서 사용된 제품은 하이드로를 대체하는 것은 아니지만, 확실히 하이드로 사용이 감소하기 때문에 Redutex BOR은 기계 세정과 환원 세정에서 유일하

게 알칼리 용액과 함께 사용할 수 있다. 추가적으로 조제(Redutex RAP)와 함께 조합하는 것은 다른 공정 중 특히, 폴리에스터 및 폴리에스터 혼방 환원 세정 중 연속적인 콜드 염색욕뿐만 아니라 폐수 변색에서도 특히 추천할 만하다. 이것은 Redutex BOR와 비교해, 함께 사용해서 pH 중성치와 최대효과를 보장한다. 하이드로와 비교하여 Redutex RAP가 첨가된 폐수액에서는 황이 대략 40% 정도 감소하였다. 이것은 배트 염색에서 Redutex BOR 과 하이드로를 함께 적용한다는 것과 동일한 것은 황의 양을 감소시킬 수 있다는 것이다. 만약 알칼리 용액에서만 적용한다면, 황은 전혀 발생하지 않는다.

4. 폴리에스터 염색 및 날염에서의 환원 세정

보조제 Redutex RAP를 사용할 때, 상대적으로 낮은 황 함유 환경을 조성하는 것이 중요하다. 이것은 <그림 3>에 나타난 바와 같이 제품 및 공정에 적합한 pH 7을 나타낼 수 있을 뿐만 아니라, 하이드로나 하이드로 유도체와 비교해 적은 양으로도 Redutex BOR을 상당히 활성화시킬 수 있다. 이산화티오 요소와 비교했을 때 Redutex BOR은 거의 2배의 효과가 있다.



<그림 3> 폴리에스터/면의 세정 후 연속 환원

이 효과는 다른 이산화티오요소에도 적용할 수 있다.

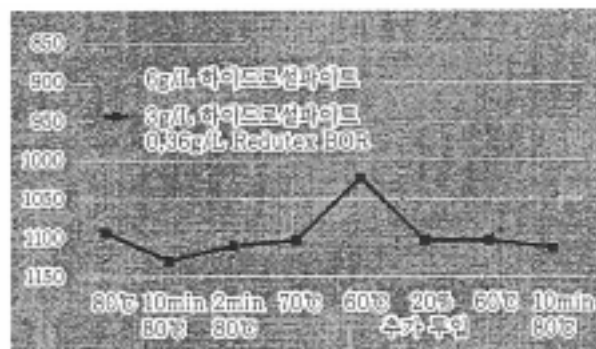
이러한 시스템은 제트 염색 중 특히 냉염욕에 적용할 때 최적의 효과를 볼 수 있다.

대략 40% 황의 감소와 조제의 절약을 제외하고서라도, 공정 단가(별도의 세정, 수세 및 중화 공정이 생략되므로)를 상당히 절약할 수 있다. 다른 환원 과정과 비교하였을 때 냉 염욕의 산성 상태에서 정밀 세정을 위한 니트릴로 트리메틸설펜산염을 주성분으로 한 황을 기반으로 하는 시스템에서 사용되는 Redutex BOR의 양은 상당히 적다. 의도적으로 올리고머를 최소화시켰기 때문에 그런 공정은 기계 염색에는 적합하지 않다. 따라서, 이런 경우는 알칼리 환원 세정시 RAP와 BOR을 함께 활성화시키거나 BOR 단독으로 사용하는 것이 바람직하다. 보통 하이드로로 중화시키는 것과 비교해서, 연속 공정에서 상당히 효과가 있고 안정적인 이 공정은 셀룰로스/폴리에스터 서모졸 염색 또는 폴리에스터 날염에서 상당히 요구되고, 세정 중간이나 후에 적용하는 좀더 경제적이며 안정적으로 작업할 수 있다. 즉, 중화 공정이 필요 없고, 좀더 적은 양의 Redutex BOR(하이드로와 비교하여)을 사용한다는 점에서, 좀더 많은 설비를 이용할 수 있거나 현재 설비에서 좀더 빠르게 공정을 수행할 수 있다. 이것은 조제에 대한 비용 절감뿐 아니라, 좀더 싼 공정으로 생산성을 증가시킬 수 있다. 더군다나 배트 상태는 훨씬 더 안정적이고, 주입 문제를 최소화시킨다. 결과적으로 제품의 자동 주입하는 것은 특히 연속 공정에 상당한 이점이 있다.

5. 배트 염색과 황화 배트 염색

Redutex BOR은 완충 성능과 안정화 성능을 가지는 촉매로서 하이드로설펜이트와는 별도로 사용할 수 있다. 일반적으로, 상당히 적은 양의 Redutex

BOR를 추가 사용하면 염색 결과에는 큰 차이가 없이 보통 사용하는 하이드로 양보다 $40\pm 10\%$ 정도를 사용한 것과 같다. 이것은 연속(패드 스팀 염색)뿐만 아니라 비연속(배출법) 공정에서도 적용할 수 있다. 대기 중의 산소가 적을수록 고장이 더 많이 발생한다. 이러한 절감 이외에, 배트의 환원 상태는 보통 좋거나 더 나아지며(패드액 안정화 연속 공정에서), 대부분의 경우에는 색의 농도 및 견뢰도는 훨씬 더 증진된다. 이러한 효과는 산화 환원 전위 안정화로 설명할 수 있다<그림 4>. 이와 같이 내재적으로 안정화된 시스템은 또한, 적은 비용(게다가 40%까지 감소된 양으로)으로 고압 배트 염색시 하이드로에서 히드록실메틸설피네이트의 치환시나, 질산나트륨이나 민감한 인단스텐 형태를 가진 포도당에 의한 과환원시 환원 방지제 사용을 감소시킬 수 있도록 한다. 만약 그것이 재생 셀룰로스(장섬유 형태) 염색에 적용된다면, 후자는 무엇보다도 실의 분야에서 특히 중요하다.



<그림 4> Redutex BOR를 사용한 배트 염색에서 Redox 버퍼링

6. 폐수 변색

특히, 이 분야에서는 새롭기도 하지만 단순히 기술에 대한 큰 기대가 있는 듯하다. 독일이나 유럽 연합뿐 아니라 심지어 국제 환경 규제는 꾸준히 폐수의 잔류 색상을 규제하고 있다. 그 동안, 이러한 규제는 천연수에서 직접적

인 폐수 유출뿐만 아니라, 지역적으로도 회사들에 대해 간접적인 폐수 유출을 언급하고 있다. 이것은 단지 반응성 염료에서만이 아니라 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 습식 산화, 멤브레인 여과, 전기 부유법 등과 같은 뛰어난 세정 기술에 대한 투자는 주로 동시에 재활용되는 시스템에만 지원하며, 100% 방출에 대해서는 그렇지 않다.

반면, 기존 및 최신 기술 어느 것도 더 이상 단순 탈색에 대해서 특정한 것으로 생각해서는 안된다. 너무 많이 발생하는 찌꺼기가 문제이기도 하지만, 사용된 물은 전해질 또는 물에 상당히 독성을 주는 4급 암모늄 화합물로 인해 추가적으로 오염된다.

특히 이러한 경우에, 문제를 일으킬 수 있는 반응성 염료가 환원 탈색에 민감하기 때문에

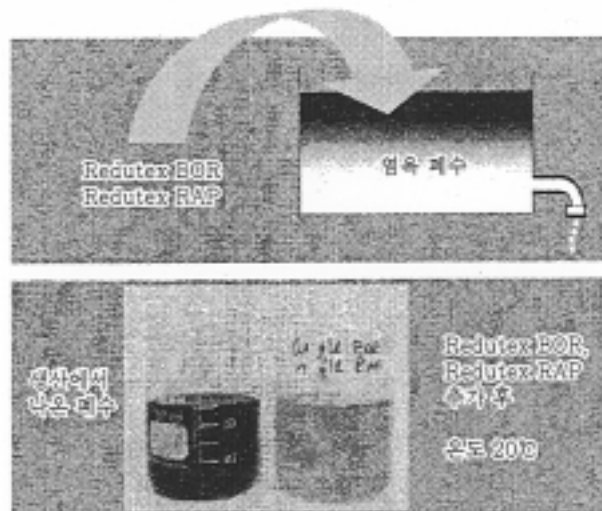
염색에 효과가 있는 환원 시스템을 사용하는 것이 더 낫다.

그러나, BOR/RAP 시스템은 이러한 단점이 없다. 황의 양을 감소시키는 특성을 지니는 것뿐만 아니라, 이 시스템은 대규모 투자 없이 적은 양의 투입으로 효과를 낼 수 있다. 어떤 찌꺼기도 발생하지 않고, 오염펌프 계랑기에도 쉽게 적용할 수 있다. 실온에서 이 시스템에서의 탈색 효과는 빠르고, 비가역적이며, 다량으로 이루어진다. 황과 황이온의 농도와는 무관하게 생화학 폐수 처리 시설이나 콘크리트 파이프에 임계 농도 이상 초과하지 않는다. 폐수(염색 색상 형태나 농도)에 따라, BOR/RAP 시스템에서는 Redutex RAP이외에 Redutex BOR의 아주 적은 양으로 효과를 낼 수 있다.

조제가 투입되는 펌프에서의 유량은 조제의 투입량을 기초로 쉽게 계산될 수 있고 실험실에서의 사전 실험으로 총 탈색과 폐수 유량 관계를 계산할 수 있다.

$$\text{조제량(L/m}^3 \text{ X 폐수 유량(m}^3\text{/h)) = 펌프에서의 유량(L/h)}$$

대부분의 경우, 탈색은 낮은 온도 및 5분 미만의 짧은 반응 시간 내에서 성공적으로 이루어진다. 실질적으로는 보통 더 높은 폐수 온도(특히 폐수 방출 후 처리 직전의 경우에)는 아직까지 비가역적인 탈색의 효율을 개선시키고 있다. 기존 설비에서 BOR/RAP 시스템을 적용하는 것은 매우 쉽고, 여기에는 최소의 노력과 투자만 요구된다. 그렇지만, 최대 탈색을 성공적으로 이루기 위하여, 제품이 따로 탈색 탱크로 따로 주입되거나 부근 주입 파이프로 옮겨야 한다. 만약 두 제품이 직접(고농도로 혼합 파이프에) 혼합이 된다면, 발열 반응으로 인한 과열로 인해 위험할 수 있다.



<그림 5> 폐수 탈색

7. 다른 환원제의 적용

지금까지 기술된 적용 이외에도, 다른 분야가 많다. 그렇지만, 그런 적용 분야는 섬유 공업에서 덜 중요하다거나 기존의 환원제에 비해 경제성이 없다는 것이 아니다. 염색 기계의 세정에 있어서, 가성소다, 기계 세정 이외에 0.5mL/L 정도의 Redutex BOR 으로도 최대의 효과를 충분히 낸다. 제품을 탈

색하는 데 있어서, 특히 직접 및 반응성 염료로 한 면 염색에 성공적임을 증명했다. 이러한 적용의 긍정적인 효과는 사실 알칼리가 존재하지 않음으로 인하여 그에 따른 중성화를 피할 수 있었기 때문이다.

8. 전 망

아직까지도 앞서 기술되었던 적용 분야에 포함되지 않은 분야가 있다. 배트 날염, 황화 염색(황화 배트 염색 외에 같은 방식으로 적용될 수 있는 염색법) 및 인디고 염색에 관한 것이다. 그러나, 섬유 공업에 있어 거의 모든 환원제 적용 분야에서 기술된 부분이 흥미롭게 소개되었고, 차아황산나트륨(하이드로), 이산화티오요소 같은 기존의 시스템을 대체할 수 있음이 증명되었다. 현재 시험실과 생산 현장에서 포괄적인 시도가 진행 중이다. 많은 경우에 적용의 실현 불가능성에 대한 의문은 적어 보이는 반면, 이 분야에 관한 조사, 체계화 및 광범위한 시도의 부족함에 대한 의문이 훨씬 더 많아 보인다. 이러한 새로운 화학제가 환원 시스템에서 고려될 수도 있다고 생각해 보자.

이 순간 가장 친환경적이고 증명된 보편적으로 적용할 수 있게 고려된 시스템이다. 다른 최선의 전기 화학 공정(전기 분해) 같은 환경을 상당히 고려한 관심을 주는 기술은 아직까지는 실행 단계는 아니며, 보편적인 방법도 아니다. 더군다나 BOR/RAP 시스템과는 달리 전기 화학 방법은 예를 들어 새로운 시설과 설비에 대한 투자가 요구된다. ♣

(Novel reducing agent for textile finishing ; Melliand Textileberichte 2005, No.4)