

패션 직물소재에의 오존 활용과 기대 효과

이문수 · 김정민

배재대학교 의류패션학과

1. 머리말

오늘날 패션 소재공업에서의 염색가공은 소비자들의 다양화·개성화·차별화된 상품의 요구에 만족시킬 수 있도록 새로운 직물의 기술개발에 촉각을 다투며 노력을 기울이고 있는 실정이다. 그러나 직물소재의 염색가공에 있어서의 문제점은 섬유 내에 존재하고 있는 불순물을 제거하는 것으로써, 일반적으로 합성섬유는 순수한 상태로 만들어지지만 면·마·모·견 등과 같은 천연섬유는 섬유성분 이외에 불순물을 포함하고 있다는 것이다. 이는 염액이나 가공 처리액의 대상 섬유로의 침투 분산을 막아 불균일한 염색가공의 결과를 초래할 뿐만 아니라 염색물의 염착을 방해하여 원하는 색상의 표현을 발현시키지 못하게 하는 요인으로도 작용하고 있다.

이러한 고급화된 패션 직물소재를 개발하기 위하여 지금까지 수행해 온 많은 염색가공 공정은 주로 화학약품에 의존하여 생산 가공되다보니 환경오염의 주범으로 인식되어왔으며, 이를 해소하기 위하여 많은 정화시설의 투자와 생산설비의 개량 등 생산원가의 상승에 요인으로 작용하여 신제품 개발에 많은 제약으로 작용하여 왔다. 이와같이 염색가공 공정에서의 표백공정은 아직도 예전의 화학약품 처리에 의한 방법에 의존하고 있는 실정임을 감안할 때, 염색가공 처리 시 사용되는 강산, 강알칼리, 산화 및 환원 표백제들의 사용은 가공 후 폐약품 및 폐기물 등이 되어 심각한 수질오염과 공해문제를 일으키고 있음을 알 수 있다.

따라서 이와같은 화학약품 사용으로 인한 수질오염 및 환경오염 문제를 방지하기 위하여 새로운 기술개발에 대한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 본 총설에서는 그 방법 중의 하나인 패션 직물소재에의 오존 활용 방법과 기대효과에 대하여 소개하고자 한다.

2. 오존의 특징

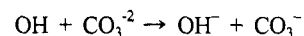
오존은 높은 산화전위를 갖는 강력한 산화제로, 특징적인 분자구조로 인하여 다양한 형태의 유·무기질과 선택적으로 산화 반응을 일으키며, 자기 분해 반응에 의해 생성된 OH 라디칼(radical)은 비록 선택적으로 산화 반응을 일으키지만 오존 분자보다 더 큰 반응성을 지니고 있다. 따라서 오존 처리에 의해 불

포화 유기물질과 방향족 화합물들은 저분자 물질로 분해되어, 시안이온(CN⁻), 철이온(Fe⁺), 망간이온(Mn⁻) 등의 무기물 이온들도 효과적으로 산화 처리된다(Roy, 1988).

오존의 물에 대한 용해도는 산소보다 수배·수십 배 크지만 온도와 압력에 좌우된다. 실제 상업적으로 생산되는 오존가스의 용해도는 상온상압에서 1-12 mg/L 정도이며 계의 압력이 크고 온도가 낮을수록 용해도가 커진다. 오존은 OH 라디칼을 제외하면 플루오르 다음으로 높은 산화 전위를 갖는 강력한 산화제로서 오존에 의한 살균, 탈취, 탈색, 유·무기물과의 반응성은 모두 강력한 산화력에 기인된 것이다.

OH 라디칼은 O₃분자에 비해 비선택적으로 반응하나, OH 라디칼 자체의 높은 산화·환원전위에 의해 매우 짧은 시간(10⁻³ sec)에 방향족과 불포화탄화수소(aromatic hydrocarbons & unsaturated compound), 지방족알코올(aliphatic alcohols) 또는 formic acid 등과 같은 용질과 함께 매우 빠르게 반응한다(김익곤, 1991).

오존은 원래 불안정하여 물속에서 자기 분해 반응으로 인하여 산소로 변하는 과정 중 연속적인 산화반응을 일으켜 반응성이 더 큰 중을 생성한다(Hoigne, 1984). 이때 분해는 UV, pH, O₃농도 등에 의해 영향을 받는다. 즉, pH가 증가함에 따라서 오존분해가 가속화되며, 순수한 물에서는 OH⁻이온에 의해 많은 오존 분자들이 분해된다. 그러나 수중의 CO₃²⁻가 OH 라디칼과 반응하여 carbonate 라디칼을 형성하여 안정화되므로 더 이상의 오존분해반응이 일어나지 않게 된다(Glaze, 1987).



따라서 오존은 알칼리도가 높은 곳에서 안정화 된다(임재림, 1992).

오존은 물속에서 기질과 직접적으로 반응하지만 어느 한계 pH값 이상에서는 기질과 반응하기에 앞서 자기분해 되어 OH 라디칼과 같은 중요한 산화제를 형성한다. 따라서 유기물과 오존의 반응은 오존분자의 직접반응과 오존분해 반응에 의해 생성된 반응성이 큰 OH 라디칼의 간접반응으로 구분될 수 있다(Gurol · Singer, 1982).

공명구조를 지닌 오존분자는 쌍극자 전자 친화제, 핵친화제로서 작용한다(조환 외, 1993).

오존을 과량으로 주입할 경우에는 자유라디칼 생성율이 증가하고 이때 유기물과 생성된 자유라디칼의 일차반응으로 인하

여 COD가 급속히 감소한다(Hewes · Davison, 1971).

3. 오존을 이용한 표백 방법의 장점

패션 직물소재에의 오존을 이용한 표백의 장점은 첫째, 다른 유색물질의 제거법에 비해 일반적으로 착색성분의 선택적 제거성이 높고, 빠른 탈색속도와 높은 탈색효과를 발휘하게 되며, 둘째, 오존이 산소의 동소체이기 때문에 물속에서의 자기분해속도가 빠르고 또한 자기분해에 의하여 산소를 생성한다는 점에서 착색성분의 산화생성물로서의 유해물질을 만들거나 오존 및 그 분해 생성물이 잔류한다든지 하는 2차 오염을 일으킬 염려가 전혀 없게 된다. 셋째, 오존은 전력만 있으면 공기를 원료로 하여 필요한 장소에서 필요한 양만큼 만들 수 있으므로 운반의 필요성이 없고, 부하 변동에 대응이 용이하게 되며, 넷째, 오존 산화 탈색법에서는 슬러지(sludge)가 발생하지 않게 된다(小林次郎, 1992)는 것이며, 이러한 장점을 이용하여 친환경적이고 무공해의 염색가공 공정에서의 이용이 가능하다.

4. 패션 직물소재에의 오존 활용과 연구 동향

4.1. 물에 용존 처리 시킨 오존 활용의 연구 동향

이문수(1996)의 오존에 의한 반응성 염료의 탈색에 관한 연구에 의하면 오존 처리 능력은 염료 폐액의 농도가 높아지면 그만큼 오존이 많이 필요하게 되므로 처리 속도도 떨어진 것으로 나타났고, 반응성 염료의 탈색 속도는 진한 색상인 blue가 제일 늦게 나타났으며, 옅은 색상일수록 빠르게 탈색 진행된 것을 알 수 있었다. 또한 오존의 처리 시간이 경과함에 따라 반응성 염료의 색상은 중간색을 거쳐 무색으로 변하여 색상이 파

괴됨을 알 수 있었고, 반응성 염료의 색상에 따라 약간의 차이는 있지만 알칼리 영역에서보다는 산성 영역에서 더 빠르게 탈색이 진행되는 것을 알 수 있었다. 오존 처리의 온도는 낮을수록 탈색 속도가 빠르게 나타났지만 그 차이는 적은 것으로 나타났다.

이문수 외(1997)의 오존을 이용한 마직물 표백성 향상에 관한 연구에 의하면 발생 오존의 농도는 전압이 높을수록, 원료 산소 가스의 유량이 적을수록 증가하는 것을 알 수 있었고, 처리포의 표백 효과는 오존의 순수 농도가 증가함에 따라 증가하였으며, 처리포의 백색도는 처리온도가 0~15°C, 처리시간이 20분일 때가 최적의 상태를 나타내는 것을 알 수 있었다. 처리포의 인장강도는 처리시간이 길수록, 온도가 높아질수록 저하되는 것으로 나타났다.

이와같은 용존처리법을 이용한 오존활용은 고농도의 처리가 불가능하고 온도, pH 등과 같은 요인에 의하여 가공능력이 변화하므로 새로운 오존처리방법의 필요성이 대두되었다.

4.2. 기상 처리에 의한 오존 활용의 연구 동향

오존이 발생할 때에는 기체 상태로의 고농도이지만, 수용액 상태로 물에 녹이는 과정에서 기화 요인에 의하여 오존의 손실이 많았다. 따라서 기존의 오존처리 방법인 수용액 상태의 처리방법이 아니라 기상의 오존을 직접 직물에 처리함으로써 고농도의 오존을 단시간동안 처리하여 직물에 존재하는 색소를 탈색하는 방법으로 연구 진행되었다.

김경아 · 이문수(1997)의 오존 기상처리방법에 의한 비스코스 레이온의 탈색 효과에서는 기상의 오존은 직접 유기색소와 반응하지 않기 때문에 물을 매개체로 하여 pick-up ratio를 60%, 50%, 40%, 30%, 20%로 변화시키면서 비스코스 레이온의

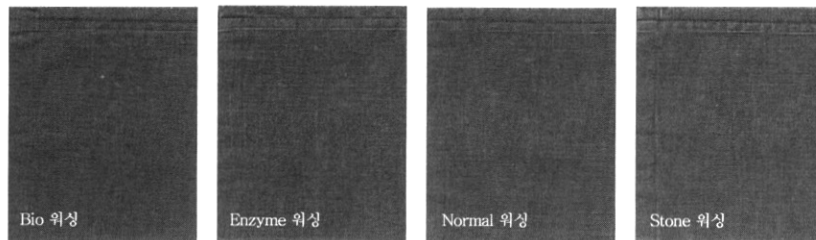


그림 1. 기존의 워싱 처리 후 사진.

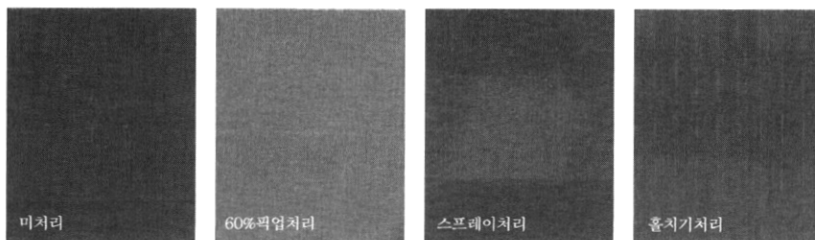


그림 2. 오존 탈색 처리 후 사진.

탈색에 대하여 연구하였는데, pick-up ratio 40%일 때가 유기 색소를 분해하는데 필요한 최적의 수산기가 발생하므로 처리포의 탈색효과가 가장 우수한 것으로 알 수 있었다. 그러나 처리시간이 길수록 너무 과다하게 오존에 의해 산화되므로 강도와 신도의 저하를 초래한 것으로 나타났다. 따라서 최적의 기상오존 처리시간은 60분 정도인 것으로써 강도와 신도의 저하를 최소화 할 수 있으며, 백도도 향상시킬 수 있는 조건이라는 것으로 사료됨을 알 수 있었다.

이문수·권윤정(2001)의 기상 오존처리법을 이용한 폴리에스테르 직물의 유연성에 관한 연구에 의하면 폴리에스테르 직물에 대한 기상 오존 처리의 최적 조건은 기체 상태의 발생하는 오존농도에서 pick-up율을 40%로 할 때, 상온에서 60분 내외임을 알 수 있었다. 또한 폴리에스테르 직물에 대하여 기상 오존 처리를 하면 약 3~4%정도의 감량이 되었으며, SEM 및 강연도 측정으로 표면의 감량흔적 및 유연성이 증가함을 확인할 수 있었다.

김정민·이문수(2004)의 기상 오존처리법을 이용한 견직물의 표백성에 관한 연구에 의하면, 과산화수소와 오존을 이용하여 표백한 결과, 전반적으로 인장강도가 처리하지 않은 직물보다 저하되었으며, 오존표백법이 더 낮은 인장강도를 나타낸 것을 알 수 있었다. 또한 과산화수소와 오존 표백포의 표면을 관찰 비교한 결과, 오존 표백포에서 표면이 분해된 흔적을 더 많이 찾을 수 있었는데, 이는 오존 표백포에서 견직물의 표면 산화가 더 극심하게 진행되었음을 알 수 있었다. 결과적으로 표백 효과를 최대화하고 강도 저하를 최소화하기 위한 견직물의 오존 처리시간은 20분 이내인 것이 효과적인 방법인 것을 알 수 있었다.

한편 기상 오존을 이용하여 데님 직물의 탈색 결과, 그림 1, 2에서 보는 바와 같이 기존 워싱 방법에서 가장 우수한 탈색 효과로 사료된 Stone 워싱과 유사한 정도의 탈색 효과를 얻는 최적조건은 Pick-up Ratio 60%에서 약 5분 처리인 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 오존 처리시간을 5~10분 정도 단시간 처리하여도 데님을 개성 있는 진(Jeans)으로 변화시켜 패션성을 부여할 수 있는 가능성이 있음을 확인할 수 있었고, 그밖에 오존을 이용하여 패션성을 부여하는 방법으로 스프레이처리와 홀치기처리 방법 등이 있음을 알 수 있었다.

5. 오존 표백 장치의 자동화

그림 3은 기존 염색가공의 전처리 공정과 오존을 이용한 자동 표백 공정을 비교한 것으로 기존 염색가공 전처리 공정은 발효, 정련 공정 후의 표백 공정을 위해 다량의 화학 표백제와 물, 그리고 높은 온도와 건조 공정이 요구되었다. 그러나 오존을 이용한 자동 표백 공정은 Pick-up Ratio 조절을 통한 소량의 물만 필요로 하기 때문에 건조 공정이 생략될 수 있으며, 기존 화학 표백제에 의한 수(水)처리 과정이 생략되었기 때문

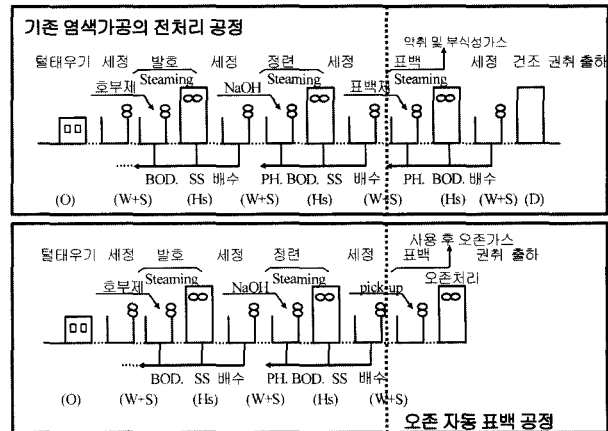


그림 3. 오존 자동 표백의 공정.

에 폐수도 전혀 발생하지 않게 되는 장점을 가질 수 있게 되었다(김정민, 2004).

따라서 최근에는 기존 염색가공 공정에서 해결하기 어려웠던 연속가공 처리시스템을 개발하기 위하여 오존을 활용하고 건조 및 자외선 장치등을 부착한 연속자동화 시스템의 개발에 박차를 가하고 있으며 이와 관련한 특허출원과 연구가 다수 발표되고 있는 실정이다.

6. 결 론

기존의 오존에 의한 산업분야에서의 응용은 살균 및 탈취, 상수도 처리, 식품의 살균 및 장기 보관, 무균 포장, 펄프의 표백 등이 주된 활용 분야이었으나, 이 오존의 가능성을 의류패션산업에 적용하기 위하여 패션 직물소재에 부착된 오염 물질과 부가 색소의 제거 및 패션 직물소재인 폴리에스테르의 유연성 향상, 반응성 염료 및 비스코스 레이온, 데님 직물의 탈색 등과 같은 오존의 산화 및 표백 특성을 이용한 오존 패션산업에의 응용도 상당한 영향력과 효과를 미치고 있다.

이와같은 오존의 의류 패션산업의 응용은 환경 친화적 저공해 클린 기술의 기술적 효과와 수질오염 및 환경오염 방지, 화학약제 미사용으로 인한 생산원가 절감, 수세과정 단축에서 오는 절수 효과 등의 경제적, 산업적 측면의 효과가 있을 것으로 사료되며, 앞으로 패션 직물소재에 오존 신기술들을 개발·도입·활용하여 패션 제품의 고부가 가치 상품 개발과 고급화에 기대 효과가 크다고 사료된다.

참고문헌

김경아·이문수 (1997) 오존 기상처리방법에 의한 비스코스 레이온의 탈색효과. *배재대학교 자연과학논문집*, 10(1), 103-109.
 김정민 (2004) 오존을 이용한 천연섬유 표백공정의 자동화에 관한 연구. *배재대학교 대학원 석사학위논문*.

김정민 · 이문수 (2004) 기상 오존처리법을 이용한 견직물의 표백성에 관한 연구. *한국의류산업학회지*, **6(4)**, 511-514.

김정민 · 이문수 (2004) 오존자동표백장치에 의한 데님직물의 탈색. *한국의류산업학회 춘계학술대회 논문집*, 대구, pp.126-128.

김익곤 (1991) 환경산업 분야에서의 오존 이용기술. *화학공업과 기술*, **9(1)**, 8-17.

이문수 (1996) 오존에 의한 반응성 염료의 탈색에 관한 연구. *배재대학교 자연과학논문집*, **9(1)**, 9-17.

이문수 · 권윤정 (2001) 기상 오존처리법을 이용한 폴리에스테르직물의 유연성에 관한 연구. *한국의류산업학회지*, **3(4)**, 362-366.

이문수 · 송경현 · 김경아 · 송봉근 · 이래연 (1997) 오존을 이용한 마직물 표백성에 관한 연구. *배재대학교 자연과학논문집*, **10(1)**, 93-102.

임재림 (1992) 난분해성 산업폐수의 오존처리에 의한 생분해성 향상. *한국과학기술원 대학원 석사학위논문*.

조환 · 서말용 · 유재선 (1993) 오존을 이용한 면직물의 표백에 관한 연구. *한국염색가공학회지*, **6(17)**, 311-321.

Glaze, W.H. (1987) Drinking water treatment with ozone. *Environ. Sci. Technol.*, **21(3)**, 214-230.

Gurof, M.D. and Singer, P.C. (1982) Kinetics of ozone decomposition. *Eenviron. Sci. Technol.*, **16(7)**, 377-383.

Roy, D. (1988) Uses of Ozone in Drinking water treatment. *AWWA.*, **2**, 44-56.

Hewes, C.G. and Davison, R.R. (1971) Kinetics of ozone decomposi-

tion : a dynamic approach. *Environ. Sci. Technol.*, **16(7)**, 377-383.

小林次郎 (1992) 오존による 染色廢水處理. *加工技術*. **27(3)**.



이문수(Mun-Soo Lee)

충남대학교 섬유공학과 졸업
충남대학교 대학원 석사학위
일본 동경공업대학 박사학위
현재: 배재대학교 의류패션학과 교수
한국의류산업학회 회장
Tel. +82-42-520-5641, Fax. +82-42-520-5576
E-mail: leems@pcu.ac.kr



김정민(Jung-Min Kim)

배재대학교 패션산업학과 졸업
배재대학교 대학원 석사학위
현재: 배재대학교 의류패션학과 연구조교
Tel. +82-42-520-5410, Fax. +82-42-520-5576
E-mail: min1980@pcu.ac.kr