

자외선 경화형 섬유 가공

장진호, 구광희 · 금오공과대학교 나노바이오텍스타일공학과

1. 서론

고유가 시대를 맞아 사회전반적으로 에너지 절감에 대한 요구가 심화되고 있고, 또한 이산화탄소 배출 저감, 환경오염, 인체 유해성 등 환경과 관련된 무역규제가 국내외적으로 점점 강화되고 있는 가운데, 염색가공업계에서는 에너지 비용과 친환경적 공정 개발을 통한 경쟁력 제고를 위하여 습식공정을 대체할 수 있는 염색가공 기술개발에 주력할 필요성이 대두되고 있다.

섬유 산업의 에너지 원단위는 1999년 기준 약 9 TOE(석유 환산 톤, Ton of Oil Equivalent)/억 원으로 다른 공산품에 비해 원가에서 에너지가 차지하는 비중이 높으며, 원유 가격을 배럴당 100 달러 및 환율 1,000원/달러를 기준으로 계산하면 일 만원의 섬유 생산 시 에너지 비용으로 약 630원 정도(6.3%)를 사용하고 있는 것으로 추정된다. 또한, 에너지 원단위는 유가인상과 환율상승으로 매년 증가 추세에 있으므로 국제 경쟁력 향상을 위해서 가장 효과적이고 직접적인 방법이 제조

공정에서의 에너지 절감이라고 할 수 있다. 다음은 섬유제품 생산에 소모되는 에너지 비용에 대한 자료이다. Table 1을 보면 열을 이용한 염색가공 공정에서 많이 소모되는 에너지인 벙커시유, 가스, 증기 등은 2000년 이후 2007년까지 매년 5.6% 이상씩 증가하고 있으나 수도나 전력은 상대적으로 증가폭이 낮음을 알 수 있으며 에너지 비용 절감을 위해서는 원유나 가스 등을 사용하는 공정보다는 전력을 기반으로 하는 공정이 더 효과적임을 알 수 있다. 특히, 금년의 경우 원유가 상승에 의해 2/4 분기까지 급격하게 에너지 비용이 증가하였음에도 불구하고 산업용 전력은 크게 증가하지 않았다.

또한, 섬유 제품 생산에 소모되는 원부자재의 경우(Table 2) 폴리에스터 섬유의 평균 증가율은 다소 크지만 폴리아미드 섬유, 면직물, 가성소다, 조제계면활성제 등의 경우는 증가폭이 작고 분산염료의 경우 2007년까지는 오히려 감소하였다. 금년의 경우 가성소다, 조제계면활성제, 폴리에스터섬유 등의 물가는 많이 상승하였다. 따라서 섬유 제품의 고부가가치화에 필수적인 제조비용 절감을 위해서는 섬유 원료 및 조제

Table 1. 에너지 관련 생산자 물가지수 추이(2000년, 100기준)

구분	연도								증가율(%)	2008 2/4분기
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007			
벙커시유	105	112	120	129	148	173	180	11.4	272	
도시가스	123	106	117	123	127	153	159	8.4	172	
프로판가스	115	95	106	115	129	145	155	7.9	222	
증기	109	112	116	114	123	142	139	5.6	182	
영업용수도	107	110	115	118	116	117	121	3.0	125	
산업용전력	104	104	106	107	107	110	116	2.3	117	

Table 2. 섬유제품 관련 생산자 물가지수 추이(2000년, 100기준)

구분	연도								증가율(%)	2008 2/4분기
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007			
폴리에스터섬유	97	95	110	128	137	139	148	6.9	164	
폴리아미드섬유	94	91	89	112	129	124	119	2.7	124	
면직물	111	111	109	106	105	106	109	1.3	107	
가성소다	116	108	112	109	134	131	129	4.1	194	
조제계면활성제	102	102	104	109	113	112	115	2.1	138	
분산염료	90	92	89	87	86	85	88	41.7	117	

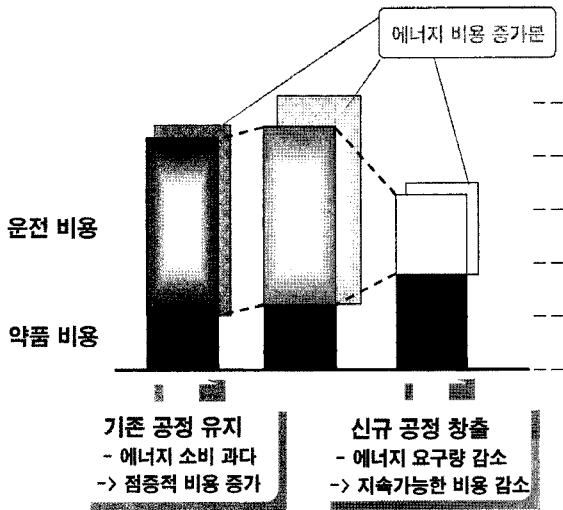


Figure 1. 에너지 절감에 의한 섬유산업의 지속가능성.

등의 절감보다 에너지 관련 비용의 절감이 필수적이라는 것을 알 수 있다(Figure 1).

염색가공을 포함하는 습식공정(wet processing)은 전체 섬유산업의 에너지 소비에서 70% 이상을 차지하며 그 중 건조과정의 에너지 소비는 전체 에너지 소비의 약 40%를 차지한다. 습식공정은 염액 또는 가공제 수용액을 가열하여 고온에서 흡착이나 반응을 완성하므로 공정 중 또는 공정 후 수분을 증발시키는 건조과정이 필수적이다. 기존 습식 가공공정이 고온에서 다량의 물을 사용하므로 염색가공 전 공정을 보면 전처리 공정에서 에너지 소모(전체의 45.1%)가 가장 높으며, 다음으로 염색 31.8%, 가공 23.1%의 순이고, 염색가공 장치별로는 열가공기(텐터) 27%, 수세기 26%, 염색기 24%, 실린더 건조기 16%의 순으로 에너지 소비가 크며, 이들 장치의 에너지 소모가 전체 에너지 소모의 93%를 차지한다.

전통적인 습식코팅에 사용되는 유기용제는 질소산화물과 반응하여 오존을 발생시키는 휘발성 유기물질이다. 하지만 자외선 경화형 코팅은 용제를 함유하지 않으므로 대기오염과 화재유발 문제가 없고, 상온에서도 경화할 수 있어 열에 민감한 재료인 섬유제품의 생산에 있어 새로운 가능성을 제시한다. 광중합/광가교 반응인 자외선 경화는 1970년대 초에 상업적으로 시작되었고 초기에 느리게 적용되었지만 근래 급속도로 성장하여 현재 세계적으로 종이, 나무, 고분자, 금속 등 다양한 재료에 대한 인쇄, 코팅, 접착 등에 활발히 적용되고 있다. 최근에는 DVD, RFID, OLED, 복합재료, 치과재료, 자동차 도장 등 다양한 분야로 확장되고 있지만, 섬유산업의 경우 다양한 수지 및 고분자로 섬유에 코팅됨에도 불구하고 자외선 경화기술의 도입은 제한적이다. 자외선 경화기술을 섬

Table 3. 코팅섬유의 분류와 미국 시장규모(단위 : million square yd)

분류	1998	2003	연평균 증가율(%)
자동차	137	182	5.8
가구	101	115	2.6
천막, 텐트 등	85	104	4.1
산업용 코팅	53	61	2.9
보호복	47	56	3.6
벽 장식	45	47	0.9
자동차 외 타 운송수단	25	36	7.6
도서 장식	32	34	1.2
소계	525	635	3.9

유산업에 적용하는데 있어 곤란한 문제 중 하나는 적합한 광경화 올리고머와 모노머 조성 및 이를 섬유에 적용하는 방법에 관련된다. 대부분의 섬유는 고 흡수성이므로 표면에 모세관을 가지므로 경화용 물질이 섬유 내부로 흡수되는 단점을 갖는다. 또한, UV 경화된 고분자는 가교도가 높으므로 의류용에는 부적합한 비신축성과 딱딱함을 발생시킬 수 있다. 하지만 최근 새로운 광경화계 및 자외선 경화기가 개발되고 있어 섬유산업에 새로운 가능성을 제시하고 있다.

2. 섬유코팅 시장과 코팅기술

섬유코팅은 섬유재료 위에 고분자 층을 도입하여 혁신적인 섬유제품을 창조하는 기술이다. 코팅은 표면 구조 및 특성, 투과도, 접착성, 마찰특성, 기계적 강도 등 기존 물성을 개질할 수 있을 뿐 아니라 방염, 방오, 대전방지성, 발수성, 외부환경 대응 등 다양한 기능성을 부여하여 고부가가치 섬유제품을 생산할 수 있다. 참고로 미국에서 사용되는 코팅직물의 분류와 미국 시장규모는 Table 3과 같다.

또한, 관세통계 통합 품목분류항목(HS K code)을 기준으로 미국, 중국, 일본 등 주요 3국의 코팅 직물류 수출입 현황을 살펴보면 Table 4와 같다. 코팅 직물이 속하는 HS K 59 (침투, 도포, 피복 또는 적응한 방직용 섬유제품)와 HSK 57 (양탄자류와 기타 방직용 섬유제 바닥깔개)만을 기준으로 하였고 각 분류항목의 세계 수출입 규모는 미국, 중국, 일본 등 3국 수출입 규모의 3배로 추정하여 산출하였다. 또한, 팔호안은 수출 또는 수입 총액에 대한 각 항목의 비중을 백분율로 나타낸 것이다. 한편 유엔 무역통계 연보에 따르면 2004년 세계 섬유류 수출액은 4,300억 불이지만, WTO 자료에 의하면 세계 섬유류 수출액은 2000년 이후 연평균 6.8% 씩 꾸준히 성장하여 2006년 5,300억 불로 기록되어 전체 코팅직물류 시장의 규모는 다소 더 클 것으로 보인다.

Table 4. 코팅직물 관련 섬유류 수출입 현황(2005년 기준, 단위 : 조원)

HSK Code (관세통계 통합 품목분류 항목)	미 국		중 국		일 본		세 계	
	수출	수입	수출	수입	수출	수입	수출	수입
HSK 59	1.3 (6.1%)	1.3 (1.4%)	1.6 (1.8%)	1.4 (6.3%)	0.6 (7.8%)	0.2 (0.8%)	10.5 (2.6%)	8.7 (2.1%)
HSK 57	0.9 (4.2%)	1.9 (2.1%)	0.9 (1.0%)	0.1 (0.5%)	0.03 (0.4%)	0.5 (1.9%)	5.5 (1.4%)	7.5 (1.8%)
소 계	2.2 (11%)	3.2 (3.5%)	2.5 (2.8%)	1.5 (6.8%)	0.63 (8.2%)	0.7 (2.7%)	13.9 (4.0%)	16.2 (3.9%)
2004년 섬유류 수출입 총액*	21.4	91.2	90.4	22.1	7.7	26.3	404.1	413.8

*유엔 무역통계 연보 기준(기준 환율 : 940원/\$, 8.13원/엔)

Table 5. 섬유 코팅기술의 비교

	수계 코팅	용제 코팅	분말 코팅	UV 코팅
VOC 발생	2-5%	대량	용매 부재	용매 부재
경화온도	120-150 °C	90-100 °C	T _m 에 따라 다양	60 °C 이하
경화시간	3-5분	빠름	빠름	고속(수 초)
에너지 소비	200 kW/km	중간	100 kW/km	40 kW/km
생산성	낮음	낮음	높음	높음
최소 요구생산량	2 km 이상	2 km 이상	적음	적음
장비면적	대형(30 m)	중형	소형	아주 적음(1 m)
투자비	높음	매우 높음	상대적으로 높음	낮음
코팅 섬유	제한됨	제한됨	일부 부착 곤란	열민감 섬유도 가능
코팅성능	낮음	높음	전면코팅 부적합	높음
습도 민감성	높음	낮음	반응성 PU 문제	낮음
경화제 가격	저렴	고가	다양함	고가
화합물 독성	낮음	독성 용매	낮음	낮음

기존 섬유산업의 코팅방식은 주로 용제계, 수계, 고체계(분말 접착제 또는 핫멜트) 등을 사용한다. UV 코팅과 상기 세 가지 코팅시스템의 장단점을 비교하면 Table 5와 같다. 유기용제형 코팅은 현재도 많이 사용되고 있지만 유기 용제가 대기 중 휘발하여 환경 및 인체 유해성을 가지므로 VOC 배출을 감소시켜야 하는 문제에 직면해 있다. 또한, 용제를 제거하기 위해 사용되는 소각기는 고비용 문제를 유발하는 사후처리 방식이다. 용제 배출은 코팅 조성 내 고체 양을 증가시키거나 수계 시스템을 사용함으로써 효과적으로 감소시킬 수 있다.

수계 코팅 시스템은 저비용, 상용성 우수, 고 신축성 코팅 등의 장점을 갖지만, 수계 코팅 물질은 쉽게 건조되기 때문에 계속 운전되어야 하고 코팅 부여 후 물을 제거시키기 위해 다량의 건조 에너지가 요구된다. 또한, 경화를 위해 가스 오븐을 사용하는 경우 온실 가스인 이산화탄소가 발생한다는 단점이 있다. 따라서 최근에는 카펫 또는 가구용 직물의 뒷면 코팅이나 라미네이트용 등에서는 고체 코팅이 주로 사용

되고 있으며 고체물질로서 폴리에틸렌, 공중합 폴리아미드나 폴리에스터, 폴리프로필렌, 에틸비닐아세테이트, 열가소성 폴리우레탄 등의 분말이나 핫멜트를 사용한다. 이 시스템은 적은 생태계 교란, 코팅 물질 재사용, 적은 에너지 소비(건조 과정 생략) 등 장점을 갖지만, 단점으로는 피코팅체의 제한, 딱딱한 촉감, 낮은 부착성 등이 있다.

3. 자외선 경화에 의한 섬유가공

미국 및 유럽 국가들은 특히 대기 오염 문제와 관련하여 규제를 강화하고 있기 때문에 급속도로 새로운 무 유기용제형 코팅기술이 적용되고 있다. 예를 들어, 유럽연합(EU)에서는 1999년에 “산업용 시설에 있어 VOC 배출감소에 관한 지침”을 채택하여 1990년 유기용제 배출수준의 50%까지 감축하려 하고 있다. 현존 시설의 경우에도 2007년 10월까지 최대 허용 배출 기준에 부합해야 하고 2004년 이후 건축된 신규 시설의 경우에도 적용된다. 선진국의 섬유회사는 노동집약적이고 대량 생산이 중요한 의류용 섬유분야에서 경쟁하기 어려워지므로 새로운 산업용 또는 특수 제품을 혁신적으로 개발하여야 한다. UV 경화기술의 일반적인 특징은 다음과 같다.

- 전통적인 코팅방식인 수계 또는 용제계 코팅은 대부분 가열에 의한 경화방식으로 수 분이상의 경화시간을 요구하는 매우 느린 방식임에 비해 수 초에 반응하는 고속 경화시스템이다.
- 경화기구가 수계에 비해 약 20%의 에너지가 사용되는 에너지 절감형 공정으로 온실효과 및 오존층 파괴 물질이 발

4. UV 경화계의 특성

자외선 경화 코팅기술의 경화 조성으로는 올리고머, 모노머, 광개시제 등이 필수적이다. UV 경화에서는 고분자량의 수지를 사용하지 않고 짧은 사슬의 올리고머를 사용하며 올리고머에 따라 반응성, 광택, 부착성, 내화학성, 내스크래치성, 내마모성, 황변 등 코팅의 전체적 물성이 결정된다. 올리고머는 유사한 반응성을 갖는 모노머에 용해시킨다. 모노머는 종종 저가이고 다목적으로 사용된다. 그렇지만 저 점도를 요구하는 용도에서는 조성 내에 다량의 모노머가 사용되기 때문에 이에 의해 물성이 결정된다. 모노머는 분자내에 하나의 관능성기나 불포화기를 갖

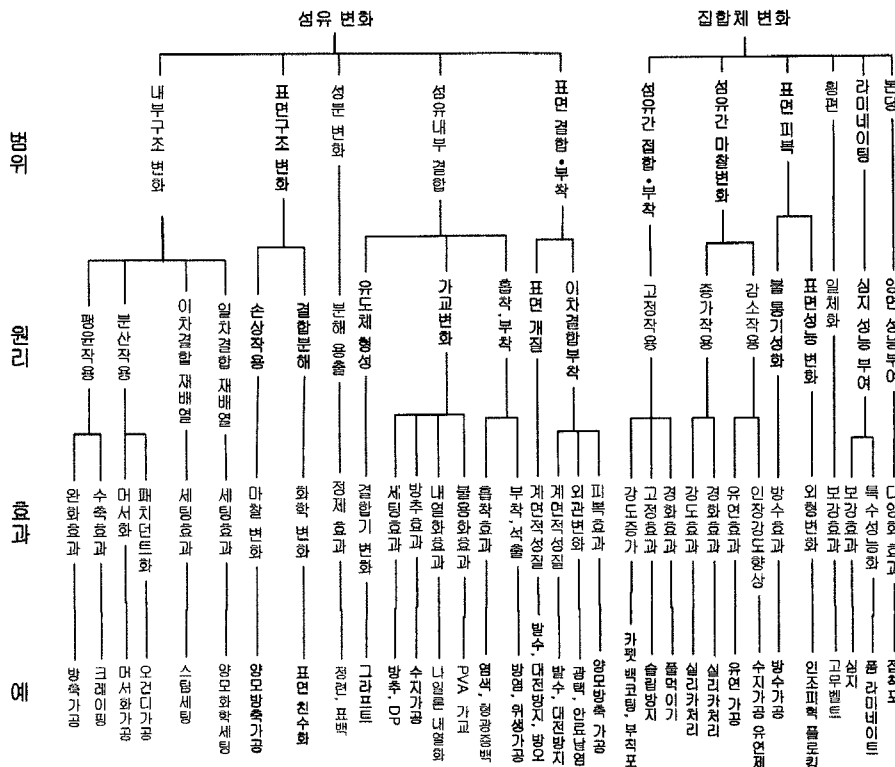


Figure 2. UV 경화 적용 가능한 섬유 기술분야.

생하지 않는다.

- 기존 코팅의 경우 건조속도가 최대 운전속도를 결정하지만, UV 코팅에서는 매우 빨리 경화하므로 최대 코팅속도 등 타 인자에 의해 결정된다.
- 일반 코팅에서 용제 증발과 산화 등에 의한 점도 증가나 표면 건조 등의 문제가 발생하지만, UV 경화형 코팅 물질은 UV 조사 전까지는 액체 상태이므로 이러한 문제가 유발되지 않고 청소시간을 크게 감소시킨다.
- UV 경화계는 용제가 없으므로 화재 위험성이 적다.
- 대부분 100% 반응성 액체나 분말이므로 경화온도를 조절하기 쉬워 폴리에틸렌(PE, PP)과 같은 열민감성 재료에 적용하기 용이하다.
- UV 램프와 반사판은 경화능력에 비하여 매우 소형이므로 기존 제조 공정에 부착하기 쉽다.
- UV 경화장비의 가격은 가스나 오일을 사용하는 타 건조 방식과 유사하다.

UV 경화기술을 적용할 수 있는 섬유 기술분야를 도시하면 Figure 2의 진하게 표시된 부분과 같다.

는 단 관능성이거나 다 관능성이다. 일반 코팅에서 공통적으로 공기 중으로 용제가 배출되지만 관능성기를 갖는 모노머는 최종 경화물의 일부가 된다. 광개시제는 UV를 흡수하여 자유 라디칼이나 이온들을 발생시키고 이 활성종이 올리고머나 모노머의 중합과 가교를 가능하게 한다. 또한, 착색을 위한 안료나 첨가제가 사용되는데 첨가제는 저장 중 광조사에 의한 겔화 방지, 탈포, 부착 증진, 습윤 등의 역할을 한다. UV 경화에 영향을 미치는 인자는 다음과 같다.

- 램프 종류 : 아크 또는 마이크로파 타입, 엑시머, LED 등으로 나뉜다.
- 램프 강도 : 램프 출력을 말하며 보통 80-240 W/cm이다. 조사 강도는 충분히 강하여 상업적으로 의미있는 속도로 광화학적인 반응을 달성할 수 있어야 한다.
- UV 에너지 : 단위 면적당 코팅 표면에 도달하는 조사에너지 양(J/cm²)으로 생산 속도에 반비례한다.
- 조사과장 : 자외선 흡수는 파장의 함수이고 단파장 빛은 쉽게 흡수되고 장파장에 비해 코팅을 투과하기 어려우므로 표면경화에 있어 중요하고 장파장 빛은 내부경화 특히, 두꺼운 안료 착색형 코팅의 계면경화를 이루기 위해 중요하다.

- 적외선 : 고출력 수은 아크 램프는 약 50% 이상의 에너지를 적외선의 형태로 방사하는데, 열이 경화에 도움이 되기는 하지만 열에 민감한 소재의 경우 적외선의 영향을 감소시키는 것이 중요하다.
- 반응성 : 올리고머의 관능성도는 반응성에 직접적으로 관련된다.
- 광흡수 : 자외선이 코팅층을 만날 때 표면 반사, 내부 흡수, 투과 및 계면반사가 일어난다. 코팅에 흡수된 자외선 양은 광개시제, 색소와 색소량, 코팅 두께, 빛의 파장과 강도 등 다양한 변수에 의존한다. 자외선 에너지 자체는 코팅 내 존재하는 분자에 라디칼을 발생시키기에 충분하지 않으므로 광개시제가 특정 파장의 자외선을 흡수하여 라디칼을 발생시켜 중합과 가교가 일어나게 된다.
- 코팅 무게 : 광흡수는 투과 깊이 또는 코팅 두께에 따라 감소한다.
- 착색화 : 안료로 착색된 경우 색에 따라 다른 흡광계수를 가지므로 광개시제의 광흡수를 방해한다.
- 산소 금지 작용 : 산소는 표면경화 속도를 낮추거나 박막 필름의 경우 경화 자체를 금지시킨다. 산소는 아크릴레이트보다 라디칼에 더 빨리 반응하기 때문에 광개시제 효율을 감소시킨다.
- 코팅과 기질의 상호작용 : 코팅과 기질간의 계면경화는 적실성, 경화시간, 수축률 등 상호작용에 의해 영향을 받는다.

UV 경화기술은 80년대 말경부터 섬유산업에의 도입이 시도되었지만 전통적인 섬유산업분야에서 수용되지 않았다. 예를 들면, 섬유에 적합한 경화조성의 제한성, 노하우의 부족 및 섬유산업에 필요한 데이터 및 정보 부족 등 기술적 또는 비기술적인 문제에 원인이 있다. 하지만 UV 조사기술이 가진 생태환경적인 측면 뿐 아니라 경제적 및 기술적인 장점으로 인해 섬유산업분야에 새로운 관심을 유발하고 있다. 최근 UV 경화용 코팅 물질과 관련 공학기술이 급속히 발전함에 따라 섬유산업에의 적용이 용이해지고 있는데 최신 코팅기계는 수제 UV 경화 뿐 아니라 100% UV 경화형 코팅을 사용할 수 있고 고 유연성 우레탄 등 새로운 올리고머는 부드러

운 태를 유지할 수 있으며 광개시제와 램프 시스템의 발전은 전체 광조사 영역을 효율적으로 사용하게 한다. UV 경화기술은 이미 천연 및 합성섬유의 표면처리, 염색성 개질, UV 발수 코팅, 안료날염, 아라미드섬유 코팅, 나노복합재료, 방염 코팅, 디지털 잉크젯용 바인더 및 잉크, 부직포 바인더 등 다양한 섬유분야에 적용되고 있다. 예를 들어, 온도, pH, 염, 광, 전기장, 응력 등 환경변화에 따라 구조를 변화시키는 자극감응형 고분자(stimuli sensitive polymer, SSP)로 섬유를 UV 코팅하는 경우 미가교 SSP, 모노머와 광개시제 조성 용액의 광중합을 통해 섬유에 고정화하면 약물, 향 및 향미생물제 전달, 온습도 조절, 분리 및 센서 등 기능성을 갖는 인텔리전트 섬유를 개발할 수 있다. 또한, 열 경화에 비해 경화속도와 경화도가 월등히 높으므로, 미 반응물 배출에 따른 환경오염, 연소에 의한 이산화탄소 무 배출 등 환경 친화적인 장점을 가지는 자외선 경화기술을 통해 섬유 염색가공 산업의 환경 친화적 생산 및 차별적인 고부가가치 제품을 개발할 수 있는 기반을 제공할 수 있다.

5. 자외선 경화형 섬유가공의 에너지 절감성

상온 연속 건식 가공기인 UV 가공기는 기본적으로 물을 사용하지 않을 수 있고, 피경화체를 부여하기 위해 물을 사용하더라도 광에 의한 상온 경화이므로 일정 수분율로 건조할 필요가 없으며, 피경화체 및 섬유를 가열하지 않는 공정이므로 에너지 절약효과가 상당히 크다. 열가공기는 대류에 의한 열 전달이므로 에너지의 이용 효율이 낮아 다량의 에너지가 소비되지만 UV 가공기는 광에 의한 경화로서 에너지 소비가 작아(대부분 0.2-1.0 J/cm² 요구) 약 50% 이상의 에너지 절감이 가능하다. 따라서 열을 에너지원으로 사용하는 현재의 전처리 및 염색가공공정을 자외선 이용 공정으로 전환한다면 가시적인 에너지 절감효과가 발생할 수 있다.

UV 조사 경화기술이 섬유산업에 본격적으로 활발히 이용되지 않으므로 정확한 에너지절감 효과가 발표되어 있지 않지만 다른 산업분야에서는 널리 사용되고 있기 때문에 그 절감효과를 Huntsman 사가 2007년 발표한 종이인쇄물의 실리콘 코팅의 예를 들어 살펴보면 Table 6과 같다. 열 가공을 UV 가공(생산속도 600 m/min, 코팅량 20g/m² 기준)으로 대체하면 에너지 절감율은 약 65%이고 배기 가스량도 58% 절감된다고 보고하고 있다.

또한, 자외선 경화형 섬유가공기술은 최근 지구 온난화 등 새로운 환경 문제 및 무역 규제가 될 수 있는 탄소배출권 문

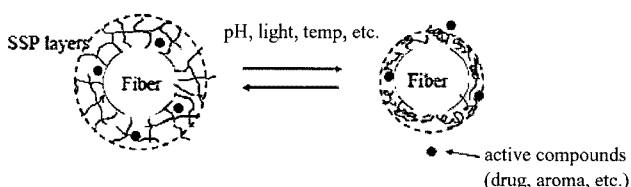


Figure 3. 겔코팅된 자극감응형 인텔리전트 섬유.

Table 6. 열경화와 UV 가공의 에너지 소비량 비교

	열경화		UV 가공	
	kWh	TOE	kWh	TOE
전력	611	0.15	624	0.16
냉수	445	0.11	175	0.04
가스	1200	0.30		
스팀	32	0.01		
전체 에너지 소비	2,288	0.57	799	0.20
배기가스량	16,700 m ³ /h		7,000 m ³ /h	

제에 있어서도 효과적으로 대응할 수 있는 혁신적인 공정이라 할 수 있다. 위 사례를 탄소배출량으로 계산하면 열가공 시 가스를 LNG로 사용한다고 가정했을 때 탄소 배출량은 약 0.19 Ton C(탄소 톤)/hr이고 전력으로 인한 탄소배출은 0.068 Ton C/hr으로 총 0.258 Ton C/hr의 탄소를 배출하지만 자외선 가공의 경우 0.072 Ton C/hr만 배출하여 약 72%의 탄소 배출을 절감할 수 있다. 한국은 이미 세계 10위의 탄소배출국이고 앞으로 적용될 가능성이 있는 에너지 과다소비 업체에 대한 탄소세 부담 및 친환경 녹색 성장에 대한 정부의 의지 등을 고려할 때 자외선 경화형 염색가공 기술의 개발은 매우 중요한 분야로 인식된다.

6. 결론

자외선 경화형 공정을 섬유 염색가공 분야에 적용시키면 에너지 비용이 과다한 섬유산업의 에너지 비용을 혁신적으로

절감할 수 있을 뿐 아니라 탄소 배출권 문제에도 효과적으로 대응할 수 있으므로 관련 분야에 대한 지속적인 연구개발이 요구되며 이를 통한 섬유산업의 국제 경쟁력 강화가 필요한 시점이라 할 수 있다.

참고문헌

1. W. Fung, "Coated and Laminated Textiles", Abington, UK, Woodhead Publishing, 2002.
2. A. K. Sen, "Coated Textiles", Lancaster, USA, Technomic Publishing, 2001.
3. 장진호, 섬유기술과 산업, 7, 303-321(2003).
4. A. De Raeye, "UV Technology for the Textile Industry?", RadTech Europe 05 Conf. Proc., 2005.
5. 장진호, 구광희, 염색가공, 1, 1-9(2006).
6. 장진호, 구광희, 염색가공, 2, 1-10(2007).
7. M. van Parys, "UV COAT: Durable and Innovative Finishing of Textile Using UV-Technology", RadTech Europe 07 Conf. Proc., 2007.

• 장진호

- 1992. 서울대학교 섬유공학과 졸업
- 1994. 서울대학교 섬유고분자공학과(석사)
- 1998. 영국 UMIST 섬유학(박사)
- 2002-현재. 금오공과대학교 나노바이오텍스타일공학과 교수

• 구광희

- 2005. 금오공과대학교 신소재시스템공학부 졸업
- 2007. 금오공과대학교 섬유패션공학과(석사)
- 2007-현재. 금오공과대학교 나노바이오텍스타일공학과(박사과정)