

코팅 및 라미네이팅 직물의 신뢰성 평가

최영옥, 변성원, 이원식*

한국생산기술연구원 섬유소재신뢰성평가센터,

*산업자원부 기술표준원 기술정보신뢰성과

1. 서 론

섬유는 용도에 따라 내마모성, 강인성, 내후성, 난연성, 내용매성 등의 특성이 요구되므로 특수가공 및 처리과정을 거치게 되며, 그 중에서 코팅 가공이 차지하는 비율은 매우 크다. 코팅이란 가공할 재료에 수지를 도포함으로써 표면에 피막을 형성시키는 가공으로 방수성, 방풍성, 관능적 특성 및 특수기능 부여의 목적으로 사용된다. 따라서 코팅 제품은 복합체이므로 서로 다른 성질을 지닌 두 물질, 즉 섬유제품과 코팅물질이 결합하여 최대한의 유용한 특성을 나타낼 수 있어야 한다.

코팅 및 라미네이팅 섬유포의 구성(Table 1)은 기저포로서 면, 폴리에스터, 나일론, 폴리올레핀, 아라미드, 유리섬유 등을 사용하며, 코팅되는 수지로 폴리염화비닐(PVC), 폴리올레핀(에틸렌, 프로필렌, 부텐, 이소프렌 등의 공중합체), 폴리우레탄, 불소계(PTFE, PVDF) 수지 등이 사용된다[1]. 한편 첨가제로 가소제, 열 및 UV 안정제, 방염제, 항균제, 충전

제, 안료 등이 있다. 코팅 및 라미네이팅 직물은 원사 코팅법, 스프레드 코팅, 침지법, 켈런더링, 압출 코팅/라미네이팅, 필름 접착법 등에 의해 제조된다.

합성 고무계를 제외한 세계 코팅직물의 시장은 매년 약 22% 이상의 성장을 보이는 고속 성장 산업이며, 전체 산업용 섬유소재 중 코팅직물이 평균 약 23%를 점유하고 있으며 남미와 아프리카를 포함하면 그 비중이 28% 수준까지 도달하고 있다. 코팅직물의 주요 생산 지역은 유럽과 미국이며, 최종 제품의 주요 소비지역 또한 유럽과 미국으로 생산과 수입을 포함하여 전 세계 수요의 80% 이상을 점유하고 있으며, 주 용도는 타포린(트럭커버), 건축물 방수용, roofing 소재, 보호용 소재 등이다(Table 2).

국내 산업용 코팅직물의 고성능, 고기능화 기술수준은 선진국대비 기술수준이 낮은 반면 코팅직물 산업은 전산업에 핵심부품산업으로 급속히 과급되고 있어 국내 관련 생산기업에서는 고성능화 기술개발 필요성을 절감하고 기술개발에 박차를 가하고 있다. 그러나 코팅직물의 신뢰성 확보 부족으로 인하여 관련 기간 산업의 핵심 부품 생산시 고장률 발생이 높고 업체의 난립에 따른 제품 규격화 및 품질성능 저하와 대외, 특히 선진국에 제품 수출에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다.

Table 1. 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 원료

섬유포 소재	코팅 및 라미네이팅 수지
· 폴리에스터	· 염화비닐수지(PVC)계
· 폴리아미드	· 아크릴계
· 면	· 폴리우레탄(PU)계
· 기타	· 폴리올레핀(PE, PP등)계
	· 실리콘계
	· 불소계 수지
	· 기타

2. 코팅 및 라미네이팅 직물의 성능 시험 방법

코팅 및 라미네이팅 직물의 성능 시험 방법에 대

Table 2. 각 산업에서의 주요 코팅제품의 실례

용도분야	제품 (예)	코팅기술에 부여된 성질
의류	우의용-레인코트 피혁-레저웨어 방호의류-방화, 내열용열접착심지	방수성, 방오성, 가죽과같은외관, 보온성, 난연성, 내열성, 단열성, 열접착성
잡화	방수포(테이블보, 기저귀커버, 비치파라솔, 샤워커튼, 케이스류), 피혁 (구두, 가방, 케이스류)	방수성, 방오성, 내후성, 내마모성, 가죽과같은외관, 내굴곡성, 수밀성
농림	방수포-천막, 햇빛가리개	방수성, 내수성, 기밀성, 수밀성
수산, 공업분야	송풍관, 수조, 야적시트, 연마포, 콘베이어벨트	표면평활성, 내마모성, 연마성, 연삭성
토목건설	차수재, 루핑재, 양생시트, 에어דם	내수성, 수밀성, 기밀성, 내후성
주택인테리어	벽지, 천정재, 마루재, 블라인드포, 카펫백킹	미관, 방열성, 방수성, 내마모성, 방오성, 쿠션성
정보산업	타이프라이터리본, 드레싱포, 자기테이프, 제본용포	내수성, 투명성, 자기기록성

해 여러 규격에서 규정하고 있다. 그 대표적인 규격은 아래와 같다.

- BS 3424 (25 parts) Testing coated fabrics
- ASTM D 751 (90 sections) Standard test methods for coated fabric
- ASTM D 4851 Standard test methods for coated and laminated fabrics for architectural use
- TP 1324 (E) Material specification for coated fabrics used in the manufacture of inflatable liferafts
- ISO 8095 PVC-coated fabrics for tarpaulins - specification
- ISO 15372 Ships and marine technology - Inflatable rescue boats - coated fabrics for inflatable chambers
- ISO 1419 Rubber- or plastics-coated fabrics - Accelerated ageing tests
- ISO 1421 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of tensile strength and elongation at break
- ISO 2411 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of coating adhesion
- ISO 3011 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of resistance to ozone cracking under static conditions
- ISO 5470 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of abrasion resistance

- ISO 7854 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of resistance to damage by flexing
- KS B 5549 제논 아크 램프식 내광성 및 내후성 시험기
- KS K 0856 고무 또는 플라스틱 코팅 섬유포의 열노화 시험 방법

이들의 시험 규격에서 일반적으로 평가되는 기본 항목은 인장특성, 접착강도, 마모강도, 인열특성, 굴곡성능, 공기투과도, 방수성, 해수안정성 등이다. 또한 내구성과 관련된 시험 항목으로 열에 대한 안정성(저온, 고온특성), 오존 안정성, 내후성 등을 들 수 있다[1-3].

2.1. 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 기본 성능 평가

여기에서는 코팅 및 라미네이팅 직물의 기본적인 성능 평가방법에 대해 소개한다. 각 규격에 따라 시험 방법이 서로 약간 다르나 그 기본 방법은 큰 차이는 없다.

2.1.1. 인장강도 및 신도

대표적인 시험 규격으로 ASTM D 751, KS K 0520/0521, BS 3424-6, TP 1324, ISO 15372 등이 있으며 이중 ASTM D 751 시험법에 의한 강신도 측정은 아래와 같으며 시험방법은 Figure 1과 같다.

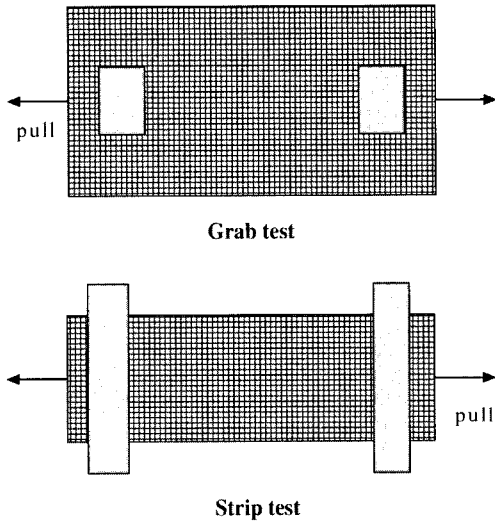


Figure 1. ASTM D 751에 의한 강신도 시험 방법.

- Grab test: 시편 100 mm(W)×150 mm(L), 클램프 간격 75 mm, 인장속도 5±0.2 mm/min(“KS K 0520 직물의 인장강도 시험 방법: 그라브법”과 동일)
- Cut strip test: 시편 100 mm(W)×150 mm(L), 클램프 간격 25 mm, 인장속도 5±0.2 mm/min(“KS K 0521 직물의 인장강도 신도 시험방법: 스트립법”과 유사)
- 결과: 5개 시료 평균값

2.1.2. 인열강도

대표적인 시험 규격으로 KS M 6664, BS 3424-5, ASTM D 751, TP 1324, ISO 15372 등이 있으며, 이중 KS M 6664 시험법에 의한 시험은 아래

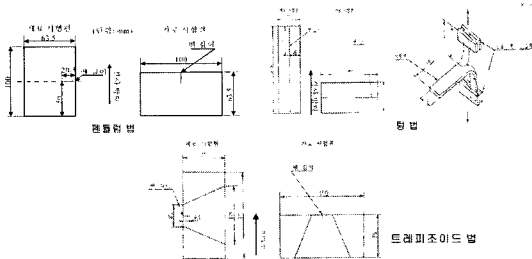


Figure 2. 인열강도 시험편의 준비 및 시험 방법.

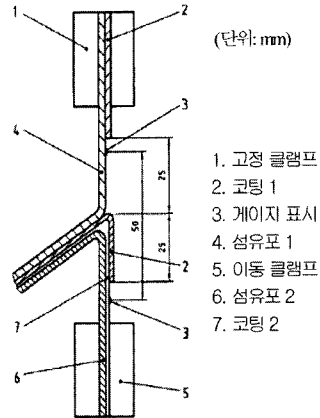


Figure 3. 접착강도 시험편 및 물림 방법.

와 같으며 시험방법은 Figure 2와 같다.

- 인장시험기 사용, 인장속도 50~200 mm/min
- 방법: 펜듈럼법, 텅법, 트리패조이드법
- 결과: 측정 피크중 10개(초기 피크 제외) 평균값

2.1.3. 접착강도

기저포와 코팅층 사이의 강도를 말하며 이에 대한 시험법은 KS K 0533, BS 3424-7, ASTM D 751, ISO 2411, TP 1324 등이 있으며 KS K 0533에 의한 시험 방법은 아래와 같다(Figure 3 참조).

- 인장시험기 사용, 인장속도 300 mm/min
- 시험편: 한 쌍의 50 mm(W)×150 mm(L)의 시험편을 접착체로 접착한 후 직물층과 코팅수지 층을 분리시켜 클램프에 고정
- 방법: 펜듈럼법, 텅법, 트리패조이드법
- 결과: 벗겨진 거리가 75 mm 이상에 되게 박리시켜 5개의 강도 피크의 평균값

2.1.4. 굴곡성능

코팅 및 라미네이팅 섬유포에 대한 굴곡 성능 시험법은 ISO 7854, BS 3424-9, TP 1324 등이 있으며 ISO 7854에 의한 시험 방법은 다음과 같다(Figure 4 참조). 평평한 2개의 그림이 상하로 마주하여 배

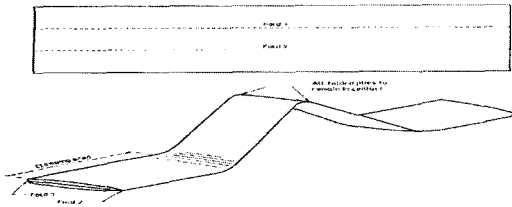


Figure 4. De Mattia 법에 의한 굴곡시험 시편.

치된 De Mattia-type 굴곡 시험기를 이용하며, 하나의 그룹이 57±1 mm의 이동거리를 가지면서 분당 300회 진동하며, 최대거리 70±1 mm이며 최소거리 13±0.5 mm, 180도의 각도로 반복적인 굽힘을 실시한다. 시험편은 코팅 표면이 바깥쪽으로 향하게 하여 Figure 4과 같이 접어, 접힌 3면중에서 가운데 면이 중앙에 위치하도록 하여 클램프에 물려 중앙부분에서 굴곡 발생하도록 그림을 조절한다. 분당 300회의 주기로 200,000회 굴곡 후 시험편을 5배 확대하여 균열 유무 관찰한다.

2.1.5. 공기투과도

관련 규격으로는 ISO 7229, BS 3424-16, TP 1324 등이 있으며, 이들 중에서 ISO 7229에 의한 시험은 공기투과도 측정 장치(Figure 5)를 이용하여 400 mm(W)×400 mm(L)의 시편을 장착 후 공기압력을 27.5

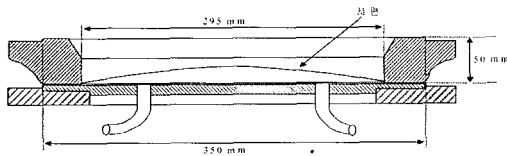


Figure 5. 공기투과도 측정 장치.

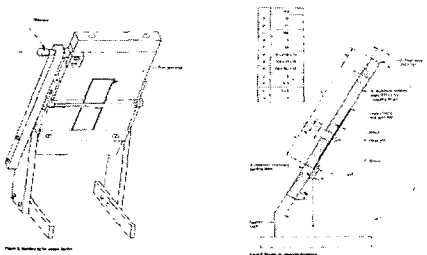


Figure 6. 저온 bend test 시험 방법.

kN/m²으로 가한 후 압력이 일정해진 후, 5분 동안 표면에서 발생하는 기포의 수를 관찰한다(규격에 따라 다소 차이).

2.1.6. 저온 bend test (cold crack)

TP 1324, BS 3424-8, ASTM D 2136에서 규정하고 있으며 TP 1324에 의한 시험법은 25 mm(W)×110 mm(L)의 시료를 유리판 사이에 넣은 후 -50±2 °C에서 4시간 유지 후, Figure 6과 같은 굽힘 시험기에 바로 옮긴 후 굽힘 시험을 행한다. 경위사 방향으로 각각 3개의 시료를 저온 유지/굴곡 후 5배 확대 관찰하여 균열 발생의 유무를 관찰한다.

2.1.7. 열 노화(heat aging) 시험

열노화 시험은 ISO 15372, ASTM D 751 등에서 규정하고 있으며 ISO 15372의 경우 시료를 70±1 °C에서 7일 동안 오븐에서 각각 공기중(dry)과 물(wet)에 넣어 유지 후 치수 변화 및 인장강도를 측정한다. 시험 후 코팅이 벗겨지거나 끈적거리지 않아야 하며, 균열이 없어야 하고, 치수변화가 2% 이내, 인장강도가 노화시키기 전과 비교하여 90% 이상을 유지할 것을 규정하고 있다.

2.1.8. 내수성(water resistance)

ISO 15372, BSEN 24920, BSEN 29865 등에서 규정하고 있으며, ISO 15372에 의한 내수성 시험은 밀폐된 용기에서 시료를 93 °C에서 12주동안 유지 후, 80 °C에서 1시간 건조 후 표준상태에서 24시간 방치 한 다음, 표면관찰 및 접착강도를 측정하며, 코팅이 벗겨지거나 끈적거리지 않아야 하며, 균열이 없어야 하고, 접착강도가 시험 전과 비교하여 70% 이상을 유지하도록 규정하고 있다.

2.1.9. 내염수성(sea water resistance)

ISO 15372, TP 1324 등에서 내염수성 시험에 대해 규정하고 있으며, ISO 15372에 의하면, 300 mm(W)×300 mm(L) 시료를 70 °C의 3.3-3.8% NaCl

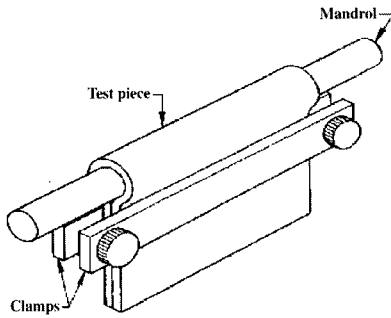


Figure 7. 내오존성 시험을 위한 시편 장착.

수용액에 4시간 동안 침지 후, 표면관찰 및 인장강도 측정한다. 코팅이 벗겨지거나 끈적거리지 않고 균열이 없어야 하며, 인장강도가 시험 전과 비교하여 85% 이상을 유지할 것을 규정하고 있다.

2.1.10. 내오존성(ozone resistance)

내오존성에 대한 코팅직물의 시험은 ISO 3011, TP 1324 등에서 규정하고 있으며, ISO 3011의 경우 25 mm(W)×100 mm(L) 시료를 Figure 7과 같이 장착 후, 30±2 °C, 오존농도 50±5 pphm에서 72시간 동안 노출 시험을 행한다. 시험 후 표면 7배 확대하여 균열 발생 유무를 관찰한다.

2.1.11. 그 밖의 시험 항목

그 밖의 시험으로 마찰 특성, 뚫림에 대한 저항성, 오일에 대한 저항성, 내한내열(freeze/thaw cycling) 특성, seam 강도 등이 있다.

2.2. 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 내구성 평가

일반적으로 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 고장 모드는 Table 3과 같으며, 고장 원인의 규명을 위한 시험항목은 Table 4와 같다. 일반적으로 코팅직물의 고장 발생 원인은 적용환경에 따라 차이가 있으나 자외선, 오존, 해수, 온습도 등이 해당된다[4-10].

2.2.1. 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 내구성에 관한 연구

코팅직물의 촉진 내후성시험: Table 5에는 여러 표준규격에서 규정하고 있는 코팅직물의 촉진 내후성 시험의 조건을 나타내었는데, KS F 2274의 건축용 합성수지재의 촉진 노출 시험방법은 촉진 노출 시험장치의 광원으로 KS B 5549에서 규정한 카본 아크 등(카본 아크 등과 선샤인 카본 아크 등)을 사용하여 최대 2,000시간 동안 내후성 시험하는 방법에 대해 규정하고 있다. 또한 KS F 4911의 합성고분자계 방수시트의 촉진 폭로 처리 방법에서도 KS F 2274의 방법을 적용한 내후성 시험방법에 대해 규정하고 있다. KS K 0746의 지오텍스타일의 내후성 시험방법에는 제논 아크 타입 내후성 시험장치를 사용한 내후성 시험방법에 대해 규정하고 있다.

ASTM D4851의 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 촉진 내후성 시험방법에서는 촉진 노출 시험장치의 광원으로 제논 아크 등(ASTM G26 방법 A), 선샤인 카본 아크 등(ASTM G23 방법 1), 형광 UV 응축방식(ASTM G53)을 사용하는 세 가지 방법을 규

Table 3. Requirements(Stresses and Performance) and Failure Modes/Mechanisms Matrix

Requirements(Stresses and Performance)	자 외 선	오 존	해 수	온 도	오 일
Failure Modes/Mechanisms					
표면의 부풀어오름	○	○	○	○	
손상(마모, 구멍남, 자상)	○		○	○	
형태변형(수축 및 팽창)	○		○		
표면의 균열	○	○	○	○	○
상호 접합부의 박리	○	○	○		○
방수층의 파단(누름·기압에 의한)	○	○	○		
가스배리어 성능 저하	○		○		

Table 4. Failure Modes/Mechanisms and Test Methods Matrix

Failure Modes/Mechanisms	Test Methods	해수·내후 성능시험	굴곡내구 성능시험	오존 내후 성능시험	방수 내구 성능시험
표면의 부풀어오름		◎	○	◎	○
손상(마모, 구멍남, 자상)		◎	◎	◎	◎
형태변형(수축 및 팽창)		◎	◎		◎
표면의 균열		◎	◎	◎	◎
상호 접합부의 박리		◎	○		○
방수층의 파단(누름·압력에 의한)		◎			
가스배리어 성능 저하		◎			○

* 신뢰성에 관련된 중요도에 따라 표시: ◎가장 중요 ○중요

* Failure Mode/Mechanism은 해당 부품·소재에서 발생할 수 있는 모든 고장 형태를 나타냄

* Test Methods는 해당 발생고장을 일으킬 수 있는 시험방법을 나타냄

* NASA JPL D-1192(부품·소재 신뢰성 Workshop 2000) 참조.

Table 5. 제논 아크 타입 시험장치를 이용한 촉진 내후성 시험방법의 비교

시험방법 항목	ASTM D 4434	ASTM D4851	ISO 10966	IBC 2000	ICBO ES AC75
시험방법 및 장치	ASTM D2565 Type B/BH/E	ASTM G26, 방법 A Type BH	ISO 4892-2	ASTM G26, 방법 A Type BH	ASTM G26, 방법 A Type BH
사이클	120분 사이클법 - 102분 광조사 - 18분 광조사 및 물분무	120분 사이클법 - 102분 광조사 - 18분 광조사 및 물분무	120분 사이클법 - 102분 광조사 - 18분 광조사 및 물분무	120분 사이클법 - 102분 광조사 - 18분 광조사 및 물분무	120분 사이클법 - 102분 광조사 - 18분 광조사 및 물분무
블랙패널 온도(°C)	63±3	63±3	55±3	63±3	63±3
상대습도(%)	70±3	50±5	65±5	50±5	30±5
광조사(W/m ²)	0.35 at 340nm	0.35±0.01 at 340nm	-	0.35±0.01 at 340nm	0.35 at 340nm
filter	Inner & outer borosilicate filter	Inner & outer borosilicate filter	-	Inner & outer borosilicate filter	Inner & outer borosilicate filter
최소시험 시간(hrs)	5,000	1,000 / 4,000 단위로 평가	180	2,000	2,000 (500단위로 평가)
평가기준	· 표면관찰(7배 확대): 균열/진금 없을 것	· 인장강도 · 인열강도	· 인장강도 · 내수성	-	· 표면관찰(5배 확대) · 인장강도(동일수준) · 신장률비(>80%)

정하고 있으며, 1,000시간과 4,000시간 시험을 추천하고 있다. 부연 설명에 따르면 일반적으로 산업계에서 제논 아크 등을 채용한 시험장치는 불소계 고분자를 코팅한 섬유포의 시험에, 선샤인 카본 아크 등을 사용한 장치는 비닐계 고분자를 코팅한 섬유포의 시험에, 형광 UV 응축방식을 사용한 장치는 색채의 변화를 추정하는데 많이 사용되고 있으며, 일부 실리콘계 고분자를 코팅한 섬유포의 시험에 사용하고 있다고 한다. 하지만 시험방법의 결정은 시험재료의 사용장소에 따른 많은 자연환경 변수가

달라지기 때문에, 시험 의뢰자와의 협의에 따라 정하는 것을 원칙으로 하고 있다. ASTM D4434의 PVC 시트 루핑의 촉진 내후성 시험방법에는 ASTM D2565에서 규정한 제논 아크 등을 사용한 시험장치나 ASTM G53에서 규정한 형광 UV 응축방식의 시험 장치를 사용하여 5,000시간 시험하는 방법에 대해 규정하고 있다.

유럽 규격인 DIN EN 12280-2의 코팅 섬유포의 내광 및 내후성 시험방법은 ISO 105-B04의 제논 아크 등을 사용하는 내후성 시험방법에 대해 규정

Table 6. 폴리염화비닐계 멤브레인의 내후성 평가 관련 발표자료

연구자(소속)	발표제목(발표논문)	시험 방법
H.P.Lys (Sika AG, 스위스)	Aging Criteria for PVC Roofing Membranes, 2nd International Symposium on Roofing Technology (Gaithersburg, 1985)	· Xenon tester(986W/m ²) · 5,000시간~10,500시간 이상 축진 폭로 · 표면 잔금의 발생 여부 관찰로 평가 · 무게감량, 신장률 감소 등도
Kyoji Tanaka (Tokyo Inst. of Technol., 일본)	Laboratory Test Method for Evaluating Durability of Performance of Roof Membrane, 11th International Waterproofing and Roofing Congress(Italy, 2000)	· Xenon arc tester(1,000MJ/m ²) · Black panel temp.: 63±3°C · 사이클: 광조사 102분 후 물 분무 18분
Reiner Schoepe (Dynamit Nobel AG, 독일)	Test Methods used in Product Development, Symposium on Roofing Technology(1985)	· Xenotest 1200 · 10,000시간까지 폭로 후 면 색채 변화 및 잔금 발생 여부 관찰

하고 있다. 하지만 최근 전 세계적으로 카본 아크 등을 적용한 내후성 시험장치의 생산이 중단되었고, 각종 합성수지를 포함한 재료의 내후성 평가에 더 이상 적용하지 않고 있는 실정이며, 형광 UV 응축 방식은 실험실적으로 자외선에 의한 영향을 평가하는데, 국부적으로 사용되고 있는 실정이다. 최근의 추세는 자연환경에서의 태양광을 가장 잘 모사한 제논 아크 등을 적용한 축진 내후성 시험 장치의 사용이 점차 증가하고 있는 실정이다.

International Code Council에서 출간한 International Building Code(2000)의 section 15에 의하면 방수용으로 사용되는 코팅직물 소재의 요구성능으로 ASTM G23, ASTM G26, ASTM G53에 따라 2,000시간 동안 노출시키는 축진 내후성 시험을 수행할 것을 요구하고 있다.

또한, Heshmat Laaly 박사는 그의 저서 「The Science and Technology of Traditional and Modern Roofing Systems」의 chapter 58에서 멤브레인의 내후성을 평가하는 방법으로 카본 아크, 제논, UV 응축 방식의 시험장치에 2,000시간 동안 노출한 후에도 표면의 균열, 부풀어오름, 잔금 등의 현상이 발생하지 않아야 하며, 인장변형 에너지의 85%를 유지하여야 한다고 요구하고 있다.

미국의 ICBO Evaluation Service, Inc.에서 2001년 11월에 발간한 Acceptance Criteria 「(AC75) Membrane Roof-covering Systems」에서는 축진 내후성 시험장치로 ASTM G23에 규정된 선사인 카

본 아크 타입 장치를 기본으로 하고, ASTM G26과 ASTM G53에 규정한 장치를 대안으로 제시하고 있으며, 최소 2,000시간 동안 노출하여 평가하는 것으로 규정하고 있다. 특히 제논 아크 등을 사용한 시험방법은 ASTM D2565에 규정한 시험방법을 적용하는데, 500시간 간격으로 멤브레인의 표면을 현미경 관찰(5배 확대)하고, 노출전의 시료와 비교하여 2,000시간 후의 인장강도는 동일한 수준, 신장률비는 80% 이상 유지해야 한다고 규정하고 있다.

그 밖에 여러 연구자들이 건축재료, 특히 폴리염화비닐계 멤브레인의 내후성 평가와 관련 발표한 연구문헌들을 Table 6에 정리하였다[4,7].

특히, H.P.Lys의 발표[7]에 따르면, 루핑 멤브레인에 대한 스위스의 표준규격인 SIA 280에서는 5,000시간 이상의 축진 내후성 시험을 실시하여 현미경으로 6배 확대한 표면에 잔금이 발생하지 않아야 한다고 규정하고 있으나, 일부 염화비닐수지계 멤브레인, 특히 폴리에스터 섬유가 보강된 코팅 및 라미네이팅 타입 멤브레인은 10,000시간 이상의 축진 내후성 시험후에도 거의 변화를 관찰할 수 없을 정도로 내후성이 뛰어나기 때문에, 염수를 멤브레인의 표면에 묻힘으로써 축진 정도를 배가하는 새로운 시험방법을 시도하였다. 이 방법에 의하면 기존 염화비닐수지계 멤브레인의 축진 내후성 시험 시간을 약 1/3 수준으로 단축할 수 있다고 한다.

해수의 환경에서 사용되는 보트용 코팅직물의 경우 해수에 대한 영향을 평가하기 위한 시험방법으

Table 7. 염수 분무 시험법의 규격별 사양

	ASTM B 117-64	ASTM B 287-62(CASS test)	DIN 50021-SS	Fed. St. Test Methods 151 a/B11.1
분무용액	NaCl과 증류수	NaCl, 증류수 및 아세트산	NaCl과 증류수	NaCl과 증류수
pH	6.5~7.5	3.2~3.5	6.5~7.5	6.5~7.2
용액 농도	5±1 %	5±0.5 %	5±0.5 %	5%
분무 압력	60~150 KPa	60~150 KPa	70~140 KPa	80~120 KPa
분무량	80cm ² 에 1~2ml/h	0.75~2ml/h	80cm ² 에 1~2ml/h	80cm ² 에 1~2ml/h
온도	35 °C (+1.0/-1.7 °C)	35±3°C	35±2°C	35°C
시험 시간	16~700 시간	72 시간	-	2,4,8,16,24,48,72,96,200, 240,500 및 720 시간

Table 8. 건축용 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 내구수명

종류	일반적인 종량(oz/yd ²)	내구수명(년)
착색 아미 덕(Painted Army Duck)	11	5~8
비닐 코팅 면(Vinyl Coated Cotton)	15	5~8
비닐 코팅 폴리에스터/면 혼섬유포(Vinyl Coated Polyester/Cotton Blend)	13	5~8
비닐 라미네이트 폴리에스터(Vinyl Laminated Polyester)	10~16	5~8
비닐 코팅 폴리에스터(Vinyl Coated Polyester)	11~17	5~8
아크릴 코팅 폴리에스터(Acrylic Coated Polyester)	9.5~12.5	5~8
용액염색 아크릴(Solution-Dyed Acrylic)	9.25	5~10
용액염색 모다크릴(Solution-Dyed Modacrylic)	9.25	5~10

로 ASTM과 DIN 규격에 따르면 옥의 노출의 경우 장시간이 소요되기 때문에 가속화한 방법을 제시하고 있으며 그 방법과 조건은 Table 7과 같다.

시한 결과이며, 대부분의 결과가 제논 아크 등을 사용한 촉진 내후성시험도 통과하는 것으로 보고되고 있다.

코팅 및 라미네이팅 섬유포의 평균수명: Table 8에는 국제산업용섬유포협회(Industrial Fabrics Association International)의 Awning Division인 Professional Awning Manufacturers Association (PAMA)의 발표자료에는 각종 건축용 차일/차양(Awning & Canopy)에 사용되는 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 일반적인 내구수명에 대한 데이터를 수록하고 있다.

Table 9에는 국제산업용섬유포협회(Industrial Fabrics Association International)에서 1994년 발간한 「Fabrics & Architecture, Specguide 1995, November-December」에는 시판 중인 각종 차일/차양(Awning & Canopy)에 사용되는 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 평균수명에 대한 데이터를 수록하고 있다. 촉진 내후성시험은 일반적으로 UV 시험을 실

2.2.2. 가속시험에 의한 수명시험

2.2.2.1. 옥의 노출의 영향

태양광의 영향: 옥의 노출 고분자 소재의 분해과정에 관여하는 주요 기후인자로는 태양 복사, 대기 중의 산소, 주위 온도, 습도, 바람, 대기 오염물질 등이 있는데, 이러한 인자들은 상호 상승적으로 작용하여 분해를 일으킴으로써 수명을 결정짓게 된다. 대부분의 고분자들은 태양광과 대기중의 산소의 혼합작용인 광산화반응에 의해 물성을 잃게 된다고 알려져 있으며, 이때 분해 인자로서의 태양광을 정량화하기 위해 일광 지속시간, 총 일사량, 자외선 복사의 3가지 요소가 고려되고 있다. 대기는 태양광의 스펙트럼을 변화시키는데, 특히 적외선(IR) 영역과 자외선(UV) 영역이 가시광선 영역보다 더 현저하다. 지표면에 도달하는 복사 파장범위는 약

290~1,400 nm에 달하는데, 고분자의 분해와 관련된 영역의 파장은 매우 높은 에너지를 가지고 있다. 한 것은 290~400 nm 사이의 스펙트럼으로, 이 영역 400~800 nm의 가시광선 영역의 스펙트럼은 고분

Table 9. 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 평균수명

분 류	제조회사	상 품 명	구 조			중량 (oz/yd ²)	촉진내후성 시험시간(hrs)	평균 수명(년)
			비탕섬유포	코팅방법	표면가공			
비닐 라미네이트/ 코팅 폴리에스터 섬유포 (Backlit-용)	Duracote Corp.	Awnlit 8000	폴리에스터	비닐 라미네이팅	아크릴	19	2,000	8~10
		Awnlit Plus	폴리에스터	비닐 라미네이팅	아크릴	16	2,000	5~8
	Hiraoka & Co.	Awnmax	폴리에스터	비닐	NZ-1 아크릴	19.1	2,000 이상	10 이상
	Merdian Mfg. Corp.	Canopy	폴리에스터	비닐	-	17~18	2,000	5~8
		Canopy Plus	폴리에스터	PVDF	Fluorex-P	17~18	2,000	7~10
		Portico	폴리에스터	PVDF	Fluorex-P	17	2,000	7~10
	Unitex	Cool Glo	폴리에스터	비닐 코팅	-	5~8	1,000	5~8
	Dickson Elberton	Diko-Lit	폴리에스터	비닐	아크릴	16	1,000	5
	Duracote Corp.	Millenium	폴리에스터	비닐	Tedlar	20	2,000	10~12
	Astrup	Premier	폴리에스터	비닐	아크릴	16	3,000*	5 이상
		Premier 2000	폴리에스터	비닐	우레탄	16.5	3,000*	8 이상
		Reflections	폴리에스터	비닐	아크릴	15	3,000*	5 이상
John Boyle & Co.	Signmaster Supreme	폴리에스터	비닐	-	16	2,000	5~8	
	Starlit	폴리에스터	비닐	Tedlar	17	2,000	8~10	
비닐 라미네이트 폴리에스터 섬유포	John Boyle & Co.	Patio 500	폴리에스터	비닐	-	17	2,000	8~10
	Unitex	Unishade	폴리에스터	비닐	-	16	1,000	5~8
	Weblon	Weblon Coastline+	폴리에스터	비닐	우레탄	15	2,000	5 이상
		Weblon Vanguard	폴리에스터	비닐	우레탄	17	10,000*	8 이상
비닐 라미네이 트/코팅 메쉬	Astrup	Awntex 70	폴리에스터	비닐	-	9	-	5 이상
		Awntex 90	폴리에스터	비닐	-	17	-	5 이상
아크릴/수지 코팅 폴리에 스테르, 폴리에 스테르/면 섬유 포	Graniteville	Calliope	폴리에스터	비닐	-	12.5	800	5 이상
	John Boyle & Co.	Fyrecote	폴리에스터/면	비닐	-	13	1,000	5
		Mirage	폴리에스터/면	비닐	-	13.5~14.5	1,000	5
	Unitex	Pyrotone	폴리에스터/면	비닐	-	13.5~14.5	1,000	5~8
		Astrup	Starfire	폴리에스터/면	비닐	아크릴	15	1,000
	John Boyle & Co.	Ultrafab	폴리에스터	아크릴	-	9.6	2,000 이상	5~8
비닐 코팅 면 폴리에스테르, 폴리에스테르/ 면 섬유포	Graniteville	Calabana	면	비닐	-	15	800	5 이상
		Calabana F/R	면	비닐	-	15	800	5 이상
	John Boyle & Co.	Fabri-Awn	폴리에스터	비닐	-	15	2,000 이상	5~8
		Gulfstream	폴리에스테르/면	아크릴	-	13	2,000 이상	5~8

* 측정방법이 구체적으로 명기되어있지 않음.

Table 10. 범용 고분자의 UV 특성 및 수명

고분자 종류	최대 흡수파장(nm)	최대 유효파장(nm)	Cutoff(nm)	옥외 수명(년)※
Polyethylene	<150	300, 310~340	<180	0.5~1.0
Polypropylene	<200	310, 320~380	<180	0.2
Polyvinyl chloride	<210	310~370	~220	0.5
Polystyrene	<260	318	~270	~0.1
Poly(ethylene terephthalate)	~290	290~320	~310	~3
Poly(methyl methacrylate)	<240	290~315	~240	>20
Polycarbonate	260	295, 310, 345	~280	0.5

※ 여기에서 옥외수명은 안정화제를 첨가하지 않은 소재를 대상으로 한 것이며, 인장강도, 신장률, 충격 특성의 약 50%가 손실되는 시간을 의미함.

자에 직접적인 영향을 미치지 않으나, 이 영역의 광선을 감지하는 물질이 들어있을 경우에는 영향을 받을 수도 있다. 800 nm 미만의 적외선 영역 역시 고분자에 직접적인 영향을 미치지 않으나 일부 고분자의 경우 열산화 분해를 일으키는 원인이 되기도 한다(Table 10).

대기 중의 산소의 영향: 일반적으로 대기중의 산소는 고분자의 내후성 연구에 실험 변수로 사용하지 않는데, 이는 일반 자연환경 중에서의 산소 농도가 거의 일정하고, 대부분의 분해현상이 대기와 평형을 이루고 있는 고분자 제품의 표면에서 발생하기 때문이다. 하지만 이러한 산화반응은 상승 온도 조건이나 자외선 복사와 같은 상황에서는 매우 복잡한 양식으로 분해를 가속화시키는 원인이 되고 있다.

노출 온도의 영향: 태양광 아래의 고분자 제품의 온도는 보통 주위 대기 온도보다 높는데, 옥외폭로 조건에서 77 °C에 이르기기도 한다. 이러한 차이는 복사 강도, 풍속, 제품의 형태, 재료의 특성, 표면처리 상태, 색상, 열용량, 열전도도 등에 따라 달라진다고 알려져 있다. 온도의 영향은 주로 다른 분해반응을 가속화하는데 있다.

상대습도의 영향: 물은 고분자의 분해에 상당히 중요한 역할을 하는데, 가수분해와 같은 화학적인 작용, 침투와 같은 물리적인 작용 그리고 히드록실 라디칼의 생성과 같은 광화학적 작용이 주로 영향을 미친다.

염수에 의한 영향: 해수는 강도에 있어 약 3.5%

NaCl 용액과 동등한 값을 갖는다. 그들의 조성은 지역에 따라 상당히 달라질 수 있으나, 염소 이온이 가장 많고, 나트륨 이온은 가장 많은 양이온이다. 또한 상당한 양의 SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ 도 존재한다. 일반적으로 해수는 재료의 부식을 초래하며 부식의 중요 인자는 용존 산소, 염분의 농도, 해수의 온도, 유속 및 방식제로 주입되는 염소 등을 들 수 있으며, 이들의 상호 작용에 의하여 부식성은 점점 증가된다.

옥외 노출에 의한 수명 예측법: 옥외 노출한 고분자의 수명을 정확히 예측하기 위한 방법으로 모사 접근법(simulation approach)과 기계론적인 접근법(mechanistic approach)을 들 수 있다. 모사접근법은 보통 인위적인 촉진 노출상황과 자연 상황에서 얻어지는 물리, 화학적인 변화에 의해 유발되는 관측 현상들의 상관관계를 바탕으로 하고 있다. 그러나 기계론적인 접근법은 노출한 고분자의 화학적인 특성(본성)과 그 내부의 분자 사슬이나 가지를 구성하는 중간 그룹이나 마지막 그룹의 공간적인 분포를 분광학적인 기술을 이용하여 관찰하는 것이다. 이 방법은 자연 상황에서의 속도론과 인위적인 노화 속도론 사이에 통상적인 상관 메카니즘이 관찰될 경우에 적용되며, 여기에는 요구되는 가속화 인자를 결정하게 한다.

2.2.3. 촉진 내후성 시험의 영향

광의 영향: 고분자의 분해에 있어 태양에너지가 주요 인자이므로 태양 스펙트럼 에너지 분포의 모사

Table 11. 안정화제를 첨가하지 않은 고분자의 Yellowness Index가 20 units 증가하는데 소요되는 시간/에너지

고 분 자 종 류	시간/에너지	시 험 조 건
Polyvinyl chloride; Sn-carboxylate 열안정제(1mm 투명)	600시간	Xenotest 1200
Polyvinyl chloride; Sn-S 열안정제(1mm 투명)	560시간	Xenotest 1200
Polyvinyl chloride; Ba/Cd 열안정제(1mm 투명)	1,400시간	Xenotest 1200
Polyvinyl chloride; Sn-carboxylate 열안정제(rigid sheet)	640kJ/cm ²	아리조나
Polyvinyl chloride(0.5mm rigid sheet)	650kJ/cm ²	아리조나
Polystyrene(2mm 플레이트)	~1,000시간	Weather-O-meter WRC 600
Polycarbonate(GE PCLexan 134, 3.4mm)	>1,500시간	Weather-O-meter
Polycarbonate(GE PCLexan 134, 3.4mm)	7.1개월	Haifa, 45° 남향

혹은 태양 스펙트럼 에너지의 특이한 성분이 주요 고려 대상이다. 일반적으로 사용되는 광원으로는 제논 아크, 카본 아크, 메탈할라이드(HQI), 그리고 형광 태양 등-blacklight(FS/BL) 조합 등이 있다. 각각의 광원들은 자신만의 특이한 스펙트럼 에너지 분포를 가지고 있으며, 필터를 사용하여 특정 목적에 맞도록 분포를 변화시키거나 태양 에너지 스펙트럼과 가장 유사한 광원을 얻을 수 있다.

이들 램프로부터 발생하는 에너지는 신규 램프의 초기 에너지 발생량과 램프의 가동시간, 가동 전압에 의존한다. 따라서 일정한 에너지의 스펙트럼과 발생량을 유지하기 위해서는 전압 조정과 필터의 교체가 필수적이다. 램프로부터 발생하는 295 nm 미만의 파장에서 발생하는 복사의 경우는, 태양광의 경우에 지표면에 도달하기 전에 대기에 의해 흡수되므로 cutoff 필터를 사용 제거한다. borosilicate glass를 필터로 사용할 경우에는 초기 몇 시간 동안의 aging 효과 때문에 사전에 노화시켜야만 한다. 태양광의 스펙트럼 분포를 모사하는 방법으로 Commission Internationale L'Eclairage(CIE)의 추천사항이 주로 적용된다. 특정 스펙트럼 밴드에 주어진 고분자 재료의 감광도를 확정하기 위해서 일련의 cutoff 필터를 사용하여 활성 스펙트럼을 결정할 수 있다.

어떤 조건 아래에서는 UV 조사에 의해 오존이 생성되기도 하는데, 이 때에는 오존에 의한 2차 반응이 일어나기도 하며, 이때 산소가 공급되지 않는 환경을 조성해야 한다.

온도의 영향: 열적 환경은 보통 전통적인 가열 혹

은 냉각 방법으로 모사할 수 있는데, 정적인 조작과 주기적인 패턴의 동적인 조작이 가능하다. 특별히 온도 조절이 필요하지 않을 경우 스펙트럼의 적외선 혹은 가시광선 영역에 기인한 스펙트럼의 가열현상을 고려해야 한다. 형광 광원의 가열효과는 카본 아크의 경우보다 상당히 낮다.

기타 영향: 습도 조건, 안개, 물/염 분무, 물 혹은 소금물 침지, 화학 오염물의 수준은 전체 폭로 기간 동안 일정하게 유지하거나 정해진 패턴대로 주기적으로 조절한다. 하지만 이러한 화학 환경으로 인한 분해가 속도조절 혹은 확산조절을 할 경우 실험 결과의 해석에 주의를 기울여야 한다. 장기간 동안 물을 분무하는 실험은 예상치 못한 반응을 일으키기도 하므로 실험결과 해석에 반영해야 한다. Howard와 Gilroy[Polym. Eng. Sci., 9, 286(1969)]의 연구결과에 의하면 탈이온수를 사용하는 경우에도 약 5,000시간이 지난 후 노출된 표면에 calcium sulfate가 주 성분인 반투명한 얇은 필름이 형성된다고 보고하고 있다. 이러한 필름은 UV를 차단하는 역할을 하기 때문에 실험결과 보정이 요구된다고 한다.

3. PVC 코팅 및 라미네이팅 섬유포(건축물 방수용)의 신뢰성 평가

한국생산기술연구원 섬유소재신뢰성평가센터에서는 코팅 및 라미네이팅 섬유포 중에서 건축물 방수용 및 팽창식 구멍보트에 대한 평가 기준을 개발 중에 있는데, 그 중에서 건축물 방수용으로 사용되

Table 12. 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포(건축물 방수용)의 품질시험 평가 기준

시 험 항 목		평가기준(종류)	일반 복합 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포	보강 복합 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포	시험방법
인장 성능	인장강도(kgf/cm)		10.2 이상	24.5 이상	RS K 0007의 7.5항
	신장률(%)		150 이상	15 이상	
인열 성능	인열강도(kgf)		5.1 이상	5.1 이상	RS K 0007의 7.6항
방수 성능	최대 수압기둥 높이(cmH ₂ O)		150 이상	150 이상	RS K 0007의 7.7항
접착 성능	접착강도(kgf/50mm)		8.2 이상	8.2 이상	RS K 0007의 7.8항
블로킹 성능			3등급~4등급	3등급~4등급	RS K 0007의 7.9항
온도 의존성	시험온도(60 °C)	인장강도(kgf/cm)	4.1 이상	10.2 이상	RS K 0007의 7.10항
	시험온도(-20 °C)	신장률(%)	10 이상	7.5 이상	
가열에 따른 신축 특성		신장(mm)	2 이하	2 이하	RS K 0007의 7.11항
		수축(mm)	4 이하	4 이하	
열화처리 후의인장 성능	인장강도 변화율(%)	가열 처리	80 이상	80 이상	RS K 0007의 7.12항
		알칼리 처리	80 이상	80 이상	
	신장률 변화율(%)	가열 처리	70 이상	70 이상	
		알칼리 처리	80 이상	80 이상	
신장 열화 후의 표면특성		가열 처리	시험편의 표면에 잔균이 없을 것	RS K 0007의 7.13항	
		오존 처리	시험편의 표면에 잔균이 없을 것		

Table 13. 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포(건축물 방수용)의 신뢰성시험 평가기준

시 험 항 목		평가기준(종류)	일반 복합 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포	보강 복합 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포	시험방법
인장성능	인장 강도 변화율(%)		20 미만	20 미만	RS K 0007의 8항
	신장률 변화율(%)		20 미만	20 미만	
방수성능	최대 수압기둥 높이 변화율(%)		20 미만	20 미만	RS K 0007의 8항

는 코팅직물의 내구성능 및 신뢰성 평가기준이 마련되어 있다.

건축물 방수용 PVC 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 내구성능 및 신뢰성 평가에 관한 내용은 “RS K 0007: 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포(건축물 방수용)”에 규정되어 있는데, 그 적용범위는 건축물의 방수공사(옥외 노출형)에 적용되는 섬유와 합성 고분자를 주원료로 하여 코팅 및 라미네이팅 방법으로 제조한 섬유포 중에서 일반 복합 및 보강 복합 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 신뢰성 인증 시험방법에 대하여 규정한다[2,3].

건축물 방수용 PVC 코팅 및 라미네이팅 섬유포

는 시험방법에 표시된 시료수에 대하여 품질시험을 실시하여 다음 Table 12의 성능을 만족하여야 한다.

품질시험에 합격한 제품에 한하여 아래의 시료수에 대하여 신뢰성 시험을 실시하며, Table 13의 평가기준을 모두 만족하여야만 신뢰성을 부여하는 것으로 한다.

신뢰성 시험은 촉진 내후성 시험기를 사용하여, daylight filter를 장착한 상태에서 광조사는 $0.35 \pm 1W/m^2$ (340 nm), 블랙 패널 온도계의 지시 온도는 $63 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, 오존 농도 32 ± 3.2 pphm, 120분 사이클 법(102분 동안 조사, 계속 18분 동안 조사 및 분무)으로 수행한다. 시험편의 장착은 시험편에 영향을

주지 않는 비점착 처리된 지지판에 시험편의 상, 하단을 고정시킨다. 시험편의 중앙이 될 수 있는 한 지지판 중앙부에 위치하도록 한다. 시험편을 부착한 지지판을 시료 홀더에 고정하고 촉진 내후성 시험을 한다. 120분 사이클법을 1,020회 반복하여, 총 2,040시간 동안 폭로 한 다음 시험편은 표준 상태에 4시간 이상 정치한다. 촉진 내후성 시험 후 인장 성능 및 방수성능을 측정하여, Table 13의 신뢰성 시험 평가기준을 만족할 경우 평균적인 국내 자연환경에서 옥외에 직접 노출시 방수용 염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포의 내후수명을 신뢰수준 90%로 B₁₀ 수명을 약 3.7년(32,482시간)을 보장한다.

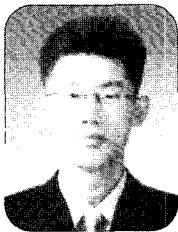
참고문헌

1. Walter Fung, "Coated and laminated textiles", The Textile Institute, 2002.
2. 산업자원부 기술표준원, "염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유포(건축물 방수용)", 신뢰성 기준 RS K 0007: 2002.
3. 산업자원부 기술표준원, "염화비닐 코팅 및 라미네이팅 섬유

포(건축물 방수용) 해설서", 신뢰성 해설서 RS K 0007: 2002.

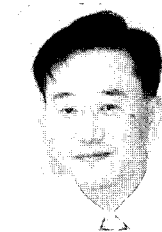
4. H. Abdul Razak, C. S. Chua, H. Toyoda, "Weatherability of coated fabrics as roofing material in tropical environment, *Building and Environment*, **39**, p.87, (2004).
5. Milena Ginic-Markovic, Namita Roy Choudhury, Maria Dimopoulos, "Weatherability of coated EPDM rubber compound by controlled UV irradiation", *Polymer Degradation and Stability*, **69**, p.157, (2000).
6. Gordon P. Bierwagen, L. He, J. Li, L. Ellingson, D. E. Tallman, "Studies of a new accelerated evaluation method for coating corrosion resistance - thermal cycling testing", *Progress in Organic Coatings*, **39**, p.67, (2000).
7. H. P. Lys, "Aging Criteria for PVC Roofing Membranes", The 2nd International Symposium on Roofing Technology, 1985.
8. Koichi Oshino, "Study on the weatherability evaluation methods of plastic glazing materials for automobiles - comparison between outdoor exposure and accelerated weathering tests", *Progress in Organic Coatings*, **16**(3), 317(1995).
9. A. Wootton, "Light fastness and weathering tests in the automotive industry", *JSDC*, **108**, p.239, (1992).
10. S. Halim Hamid et al., "Handbook of polymer degradation", Marcel Dekker Inc., 1992.

저자 프로필



최영욱

1995. 전남대학교 섬유공학과 졸업
 1998. 전남대학교 섬유공학과(석사)
 2002. 전남대학교 섬유공학과(박사)
 2002. Clemson 대학(Post-doc.)
 2003-현재. 한국생산기술연구원 산업용 섬유팀 선임연구원
 e-mail: yochoi@kitech.re.kr



변성원

1987. 한양대학교 섬유공학과 졸업
 1989. 한양대학교 섬유공학과(석사)
 1995. 한양대학교 섬유공학과(박사)
 1995-현재. 한국생산기술연구원 산업용 섬유팀 팀장 수석연구원
 e-mail: byunsw@kitech.re.kr



이원식

1988. 단국대학교 기계공학과 졸업
 1991. 단국대학교 기계공학과(석사)
 1999. 단국대학교 기계공학과(박사)
 1991-현재. 산업자원부 기술표준원 기술정보신뢰성과 공업연수
 e-mail: leewes@ats.go.kr