

고기능성 PVA 필름의 제조 및 편광필름으로의 응용

김재필 · 송동현

1. 서론

PVA는 우수한 조막성을 가지는 결정성 폴리머이지만, 용융온도와 열분해온도의 차이가 크지 않아 용융 가공이 불가능하다. 그러므로 PVA 필름은 용매 캐스팅법에 의해 제조되며, 일반적으로 물이 용매로 사용된다. PVA 필름은 타 고분자 필름과 다른 특유의 성질을 가지고 있어 포장용 필름, 수용성 필름, 이형 필름 등의 용도로 사용되고 있으며 특히 급성장하고 있는 TFT-LCD 편광판으로 PVA 필름이 사용되면서 광학용 PVA 필름의 성장이 기대된다.

PVA 필름 시장에서 가장 큰 시장 규모를 가지고 있는 것은 투명 포장용 필름이다. 포장용 PVA 필름은 PE, OPP 필름에 견주어 가격이 비싸지만 강인성, 비대전성, 투명성, 광택성의 특성이 타 필름보다 우수하여 고급 섬유 제품의 포장에 이용된다. PVA는 원료 자체가 인체에 무해할 뿐 아니라, 물을 용매로 하여 가공할 수 있고, 우수한 내약품성을 가지고 있으므로 의료용품의 포장용으로 적합하며, 비결로

성과 산소차단성이 우수한 성질을 이용하여 식품포장용 필름으로도 제조되고 있다. 또한 PVA 필름은 내유기약품성과 각종 수지로부터의 박리성이 우수하여 이형 필름으로도 이용되고 있다. 특히 180~200 °C의 가공 온도에서도 형태안정성이 뛰어나 인조 대리석 등 고분자 소재를 이용한 건축 자재 가공에 주로 사용된다. PVA 필름의 결점으로는 내수성이 부족한 것을 들 수 있으나, 이러한 특성을 역으로 이용하면 원료 PVA의 특성 즉 분자량, 분자량 분포, 입체규칙성, 가지화도, 비누화 정도 등의 특성을 조절함에 따라 냉수에서 온수까지 희망하는 온도에서 용해할 수 있는 수용성 PVA 필름의 제조가 가능하다.

TFT-LCD 편광판용 PVA 필름은 액정 셀 양면에 부착되어 backlight에서 발생하는 빛의 투과율을 조절해주는 역할을 한다. 이러한 편광판은 PVA 필름에 요오드 또는 염료를 염착시킨 후 필름을 연신하여 제조된다. LCD 디스플레이의 수요가 노트북, 컴퓨터, 액정 TV 등으로 점차 광범위해지고, 대



김재필
1984 서울대학교 섬유공학과 (학사)
1986 서울대학교 섬유공학과 (석사)
1986~ 영국 University of Leeds
1990 (박사)
1990~ 미국 North Carolina State
1991 University (Post-doc)
1991~ 서울대학교 재료공학부 교수
현재



송동현
2000 서울대학교 섬유공학과 (학사)
1999~ KIST 정보재료소재연구센터
2001 (연구원)
2002 서울대학교 재료공학부 (석사)
2002~ 서울대학교 재료공학부 박사과정
현재

Manufacture of Highly Functional PVA Film and Its Application to Polarizing Film

서울대학교 재료공학부 (Jae Pil Kim and Dong Hyun Song, School of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea) e-mail: jaepil@snu.ac.kr

형 디스플레이에 대한 요구가 증가하고 있는 추세이므로 편광필름용 PVA 필름의 수요도 또한 늘어날 전망이다.

현재 PVA 필름은 일본이 시장을 독점하고 있다. **그림 1**은 미국과 일본에서 생산되는 수지의 용도별 사용량을 나타낸다. 일본에서는 PVA 수지를 섬유, 필름 가공 등에 많이 사용하고 있으나, 미국에서는 PVB 제조, 접착제, 호부제 등 일차적인 용도로서만 PVA를 사용하고 있으며, 국내 역시 PVA 필름 가공에 대한 연구 및 생산은 전무하여 대부분 일본으로부터의 수입에 의존하고 있다. 일본은 PVA 관련 산업의 기득권을 유지 및 강화하기 위하여 적극적인 기술 개발 및 용도개발에 박차를 가하고 있고, 특히 해외로의 기술 이전을 철저히 기피하고 있다. 따라서 기술 이전을 기피하는 부분에 대한 연구개발을 조속히 실시해야 하며, 특히 핵심 부품의 종속 현상이 심각한 TFT-LCD의 편광필름용 PVA 필름의 국산화가 매우 절실하다. 본고에서는 최근에 발표된 PVA 필름의 제조 방법을 소개하고, 광학용 PVA 필름을 이용한 편광필름의 제조에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 본론

2.1 PVA 필름의 제조

필름을 제조하는 방법으로는 용매캐스팅법, 용융압출법 등이 사용된다. 용매캐스팅법은 수지를 용액에 녹인 용액을 캐스팅롤 또는 벨트에 얇게 바른 후 용매를 증발시키는 방법이다. 이 방법은 용액 상태에서 도프의 필터링이 가능하기 때문에 미세한 이물 및 겔의 제거가 용이하며 따라서 균일한 두께의 필름을 제조할 수 있다. 그러나 용매캐스팅법은 캐스팅 도프를 따로 제조해야 하기 때문에 연속 공정이 불가능하고, 처리 용매의 회수 등의 설비가 필요하므로 생산 단가가 높다는 단점을 가지고 있다. 용융압출법은 수지를 용융온도 이상의 온도에서 충분히 용융시킨 후 냉각롤에 압출하여 냉각하는 방법으로 필름을 제조한다. 용융압출법은 제품의 연속 가공이 가능하고 생산 단가가 용매캐스팅법에 비해 낮기 때문에 일반적인 열가소성 고분자 필름은 용융압출법으로 제조되고 있다. PVA 필름의 경우는 PVA 수지의 용융온도와 열분해온도의 차이가 적어 용융 가공시에 열분해의 우려가 있으므로 기본적으로는 용매캐스팅법을 이용하여 제조해왔다. 그러나 용매캐스팅법이라는 제한적인 방법 내에서도 생산효율을 높일 수 있는 방법이 끊임없이 연구되고 있으며 현재 일본의 선진사에서는 용융압출법에 사용되는 압출기를 PVA 용액 제조에 응용하여 연속으로 PVA 필름을 제조할 수 있는 설비를 개발하여 사용하고 있다.

2.1.1 필름의 제조 방법

용액 제조 시에는 가소제, 계면활성제 등의 첨가제를 혼합한다. 이중 가소제는 PVA 필름의 유연성을 향상시키며 PVA의 중량에 대하여 10~30 wt% 정도를 투입한다. 가소제로는 글리세린 (glycerine), 에틸렌글리콜 (ethylene glycol) 등의 다가알코올류가 주로 사용된다. **표 1**은 제조된 PVA 필름의 물성에 미치는 글리세린의 영향을 보여준다. 계면활성제는 PVA 중량의 0.01~1 wt% 정도로 미량이 첨가되어

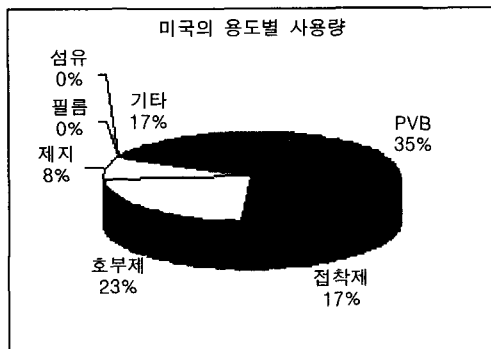
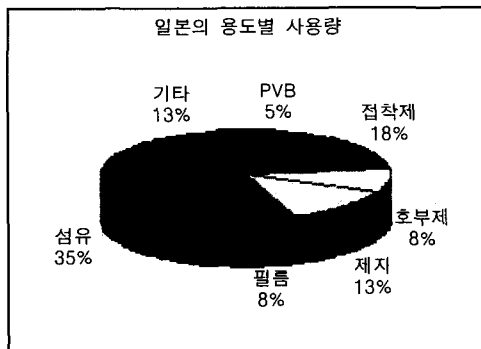


그림 1. PVA 수지의 용도별 사용량 (출처:CEH Product review-SRI International, 1999).

표 1. 가소제의 첨가가 PVA 필름의 물성에 미치는 영향

	Without plasticizer			With 12% glycerin		
	40	65	90	40	65	90
Relative humidity (%)	40	65	90	40	65	90
Tensile strength (kgf/mm ²)	11.1	9.4	7.6	5.1	5.0	4.0
Tensile elongation (%)	67	101	199	263	261	245
Tear strength (kgf/mm)	0.8	1.0	2.2	2.8	58.5	78.5
Tensile modulus (kgf/mm ²)	284	146	45	40		

필름의 물성에 크게 영향을 미치지 않지만, 건조된 PVA 필름이 건조 벨트 혹은 드럼에서 쉽게 박리되도록 해준다. 계면활성제로는 음이온성 계면활성제 또는 비이온성 계면활성제를 사용한다.

PVA 수용액은 반응조를 이용하여 배치 (batch) 식으로 제조하는 방법이 일반적이다. 필름 캐스팅에 사용되는 PVA 용액의 농도는 일반적으로 30~50 wt% 이므로 균일한 용액의 제조와 용액교반 중 발생하는 기포의 제거가 무엇보다 중요하다. 균일한 용액을 제조하기 위하여 일부 선진사에서는 PVA 케이크를 미리 제조하여 용해하는 방식을 사용한다. PVA 수지를 미온수로 세척하고 압축·탈수하여 PVA 케이크를 제조한 후 가소제, 계면활성제 등을 첨가하고 반응탱크의 바닥으로부터 수증기를 불어넣어 기포의 발생이 없이 케이크가 서서히 용해할 수 있도록 조정한다. 반응 탱크의 온도를 조절하여 케이크의 온도가 50 °C 정도로 일정하게 되었을 때 교반을 행하고 다시 100 °C 가 되었을 때 가압을 행하며 일정시간 교반을 계속한다. 이때 물을 첨가하여 제조하고자 하는 PVA 용액의 농도를 조절한다.

캐스팅 도프의 제조에는 반응조를 이용하는 것이 일반적이거나 연속적으로 PVA 용액을 제조하기 위하여 압출기를 사용하기도 하며 이때 압출기는 PVA 수지를 균일하게 용해하기 위해서 혼련효과를 극대화할 수 있도록 이축압출기를 사용한다. **그림 2**는 PVA 용액 제조에 응용한 압출기의 예를 나타낸다. 정량 투입되는 분말상의 PVA 수지는 압출기를 따라 이동하고 니딩블럭 (kneading block) 내에서 분쇄 압축되면서 이때 투입된 물에 의하여 용해된다. 용해를 균일하게 하기 위하여 물의 투입은 두 번에 걸쳐 진행되는 것이 일반적이며 용해과정에서 생성되는 기포는 벨트 (vent)를 통해 제거된다. PVA 용액을 다시 압축하여 가소제를 기포가 발생하지 않도록 서서

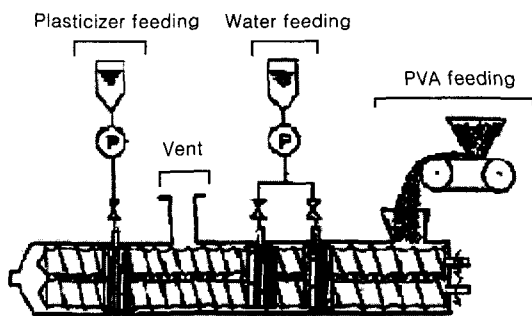


그림 2. PVA 용액 제조용 이축압출기의 예.

히 용액 증으로 혼합한 후 T-die를 통해 용액을 압출하여 냉각한다.

상기와 같이 제조된 용액을 연속의 금속 벨트 또는 드럼 (drum) 형태의 롤에 캐스팅하여 용매를 증발시키면 PVA 필름을 제막할 수 있다. **그림 3**은 벨트형 제막기의 구조이다. 제막기에 사용되는 벨트는 스테인레스 스틸 (stainless steel)이 적당하며 벨트의 표면이 필름에 영향을 주지 않도록 경면 마무리를 해야 한다. 벨트의 상하부에는 80~170 °C의 열풍을 불어넣어 수분이 5 wt% 이하가 되도록 용매를 건조하고 필름은 박리하여 열처리기, 함수율 조절기, 검사기를 차례로 거쳐 와인더 (winder)에 감긴다. 이때 박리 장력, 벨트 체류 시간, 열처리 온도, 함수율 등을 필름의 특성에 맞게 조절한다. 벨트형 제막기는 용매 캐스팅에 일반적으로 사용되는 방법이지만, 필름의 한면은 벨트에 접촉하고 다른 한면은 공기에 접촉하면서 제막되기 때문에 필름 두께 방향의 광학적 특성이 달라질 수 있는 단점이 있다. 따라서 광학용 필름의 제막에는 벨트형 제막기보다 **그림 4**와 같은 드럼형 제막기를 사용하는 것이 더 바람직하다. 드럼형 제막기를 사용하면 필름의 상하부면이 교대로 드럼에 접촉하게 되므로 광학특성이 균일한 필름을 제막할 수 있다. 드럼형 제막기에 사용되는 드럼은 크롬도금한 것이 좋

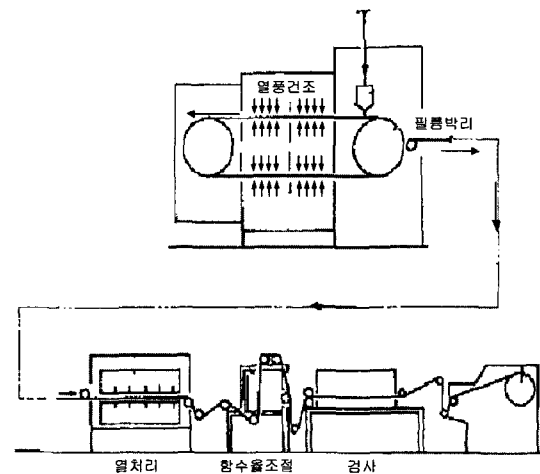


그림 3. 벨트형 제막기의 예.

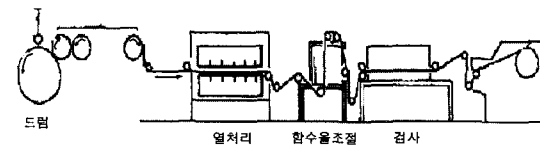


그림 4. 드럼형 제막기의 예.

으며, 드럼의 개수는 최소 2개 이상이어야 한다. 드럼의 속도를 일정하게 조절하여 필름에 장력이 가해지지 않도록 하는 것이 좋다. 일반 열처리 대신 플로팅(floating) 건조기를 사용하는 경우도 있다. 플로팅 건조기란 필름의 하부, 상부 또는 그 양쪽으로 열풍을 불어서 필름을 부유시킨 상태로 건조하는 장치를 말한다. 플로팅 건조기의 사용 역시 필름 두께 방향의 광학적 특성을 균일하기 하기 위함이다.

2.1.2 용도에 따른 필름의 제조

PVA 필름은 사용 용도에 따라 그 제조 방법을 달리한다. PVA 수지는 분자량, 분자량 분포, 입체규칙성, 가지화도, 비누화 정도 등의 특성에 따라 다른 물성을 나타내므로 최종 제품이 요구하는 성능에 따라 다르게 선택해야 하며, 필요에 따라 비닐 에스테르계 단량체(vinyl ester monomer)와 공중합하여 그 특성을 변화시키기도 한다. 필름 제조시에도 용도에 따라 캐스팅 용액의 농도, 첨가제의 첨가량, 제막 조건 등을 조절해야 한다.

일반 포장용 필름은, PVA 수지에 다가알코올과 알킬렌 옥사이드(alkylene oxide)를 반응시켜 얻어진 화합물을 배합하고, 가소제를 첨가하여 수용액을 제조한 후 이것을 20~75 μm 로 제막하여 제조한다. 현재 시판 중인 포장용 필름의 제막에 사용되는 다가알코올은 소르비톨(sorbitol)이, 알킬렌 옥사이드로는 에틸렌옥사이드(ethylene oxide)가 주를 이룬다. 포장용 필름은 그 용도에 따라 색소, 박리제, 무기 분체를 첨가하기도 하며 무연신 필름을 그대로 사용하는 경우도 있지만 보다 높은 강도를 요구할 경우에는 2축 연신을 하기도 한다. PVA 필름과 다른 포장용 필름의 물성을 표 2에 나타내었다.

수용성 필름에는 비누화도가 일정하게 조절된 PVA 수지를 사용한다. PVA 수지, 가소제, 계면활성제 등을 사용하여 용액을 제조하는 것은 다른 PVA 필름의

표 2. 포장용 필름의 물성

	PVA	Cellophane	PVC	PE
Light transmitted (%)	60~66	58~66	48~58	54~58
Light reflected (%) ^a	81.5	60.0	79.5	22.0
Water-vapour Transmission (g/m ²) ^b	1,500~2,000	1,300~2,000	120~180	35~180
Tear strength (kg/mm)	15~85	0.2~0.4	4~8	3~10
Tensile strength (kg/mm ²)	4.5~6.5	5.6~13.4	2.1~7.8	1.95~1.76
Elongation (%)	150~400		5~250	50~600

^aincident angle : 60°. ^bRelative humidities of faces of the film : 90±2% ; temperature : 40±1 °C ; for 24 h, 30 μm -thick film.

제조와 같지만, 이때 사용되는 PVA 수지의 비누화도는 82~92 mol%인 것이 적당하다. 비누화도가 80 mol% 이하인 것도, 95 mol% 이상인 것도 수용성이 불충분한 것으로 알려져 있다. 비누화도가 낮은 PVA 수지를 사용하는 수용성 PVA 필름의 경우 toughness와 내충격성을 보장하기 위하여 실리카, 활석 등의 무기 필러를 첨가한다. 또한 원하는 조건에서 빠르게 물에 용해할 수 있도록 필름 표면에 요철을 주어 필름의 팽윤 시간을 단축시키는 것도 필요하다.

광학용 필름으로 사용되는 PVA 필름에는 특별히 투명성, 연신성, 두께균일성이 요구된다. 따라서 PVA 수지의 1,2-diol의 함량은 1.5 mol% 이하, 비누화도는 99% 이상이 바람직하며, PVA 수지와 비닐 에스테르계 단량체와 공중합하는 경우에도 공중합 비율을 5% 이하로 해야 한다. PVA 수지 선택에 있어 특히 주의해야 하는 것은 카르보닐기(carbonyl-group)의 함량이다. PVAc(poly(vinyl acetate)), PVPi(poly(vinyl pivalate)) 등의 전구체를 비누화하는 과정에서 부반응으로 카르보닐기가 생성될 수 있으며 카르보닐기의 함량이 많으면 공액이중결합을 형성하여 필름의 흡수스펙트럼에 영향을 준다. 용액 제조시에는 첨가제의 양을 필름의 광학적 특성에 영향을 주지 않는 범위로 조절해야 한다. 가소제로는 글리세린을 사용하는 경우가 많고 PVA 중량에 대하여 약 15 wt% 첨가하는 것으로 알려져 있다. 또한 광학용 필름 제조시에는 클린룸 설치가 필수적이며, 캐스팅 도프의 필터링(filtering)도 철저히 실시하여 필름에 이물이 잔류하지 않도록 해야 한다. 광학용 필름의 두께는 40~120 μm 가 바람직하며 일반적으로 사용되는 필름의 두께는 75 μm 이다.

2.2 PVA 편광필름의 제조

편광필름은 입사광을 서로 직교하는 2가지 편광 성분으로 나누어, 한 성분은 흡수 또는 분산시키고, 다른 한 성분만을 투과시키는 역할을 한다. 이러한 편광 필름은 액정 셀의 양면에 서로 직교하게 부착됨으로써, 액정의 회전 정도에 따라 투과되는 빛의 세기를 조절하여 흑과 백의 명암을 조절하는 기능을 한다(그림 5).

편광필름은 그림 6에서와 같이 여러 층으로 이루어져 있다. 입사광을 편광시키는 고분자 편광 매질을 중심으로 지지체 TAC(triacetylcellulose) 등의 보강 필름을 편광 매질의 양쪽에 부착하고 편광필름을 LCD 패널에 접착시키기 위해 점착체를 사용한다. 그리고

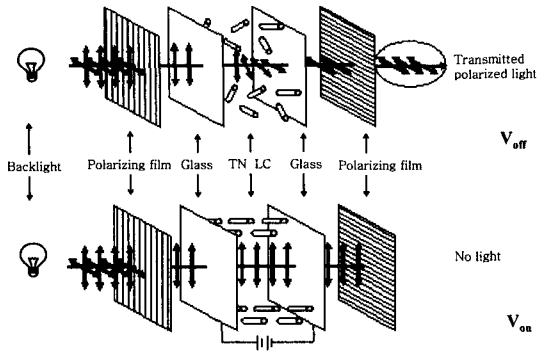


그림 5. TN-LCD의 기본 구조.

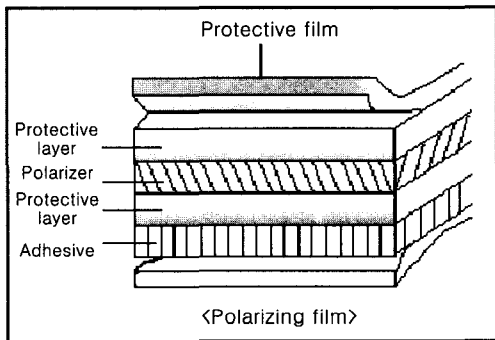


그림 6. 편광필름의 구조.

상측표면에는 저반사 층인 AG(anti-glare) 혹은 AR (anti-reflection) 코팅층과 보호막이 있다.

편광필름에 편광성을 부여하는 것은 이색성 물질(dichroic material)로 요오드와 염료가 이용되고 있다. 이색성 물질은 분자의 장축 방향과 단축 방향의 흡광도의 차이가 큰 물질로 서로 직교하는 편광의 한 성분만을 선택적으로 흡수하여 편광성을 나타나게 해준다.

현재 편광필름의 주류는 요오드계이며 광학용 PVA 필름을 요오드와 요오드-칼륨 착체계의 수용액에 침적시켜 염착시킨 후 4~6배 정도로 일축 연신하여 제조하고 있다. 요오드계 편광필름은 편광 필름이 갖추어야 할 투과도와 편광효율 등의 광학특성은 우수하나, 요오드의 승화성으로 인해 온도, 습도, 광에 대한 내구성에 문제가 있으므로 가혹한 환경에서는 사용할 수 없다. 염료계 편광필름의 경우는 요오드의 단점인 내구성의 문제를 해결했으나 염료의 이색성이 낮아 요오드계 편광필름보다 편광성능이 떨어진다. 따라서 내구성이 우수하면서도 편광성능이 높은 염료계 편광필름을 제조하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

현재 많이 사용되는 요오드계 편광필름은 많은 연구가 진행되었으므로 본고에서는 염료계 편광필름에 대해 집중적으로 기술하고자 한다.

2.2.1 이색성 염료

염료계 편광필름에는 이색성 직접염료가 사용되는데 이러한 염료가 필름에 편광 특성을 부여하기 위해서는 다음과 같은 특성을 가져야 한다. 분자의 장축 방향과 단축 방향의 흡광도의 차이가 커야 하며 (이색성), host 물질인 PVA 필름에 대한 친화력이 커야한다 (염색성). 또한 필름의 연신시 기질의 배향에 따라 쉽게 배향되어야 하며 (배향성), 제조 공정 및 사용 조건하에서 만족할만한 내구성을 나타내야 한다 (내구성). 이와 같은 조건을 만족시키기 위해서 염료는 다음과 같은 구조적인 특징을 갖는다. 편광필름용 염료는 직선적이고 길며 평면성이 높은 구조를 가져야 하며 PVA에 존재하는 하이드록시기와의 결합을 위해 수소결합에 관여할 작용기가 많아야 한다. 그리고 방향족환이 많고 공액계가 긴 구조를 갖는게 유리하다. 염료계 편광필름에 사용되는 염료의 구조를 그림 7에 나타내었다.

2.2.2 염료계 편광필름의 제작

이색성 직접염료의 PVA 필름에의 적용시, 염료의 농도, 염착의 온도, 염착시간, 염착매의 첨가 등 다양한 조건의 변화는 편광필름의 투과도와 편광효율에 상당한 영향을 미친다. 다양한 조건에서 염착을 실시한 PVA 필름을 증류수로 수세한 후, 40 °C의 3 wt% boric acid 수용액에서 400~600%로 연신하고 이를 증류수로 세척시킨 다음 진공건조시키면 PVA 편광필름을 얻을 수 있다.

2.2.3 편광필름의 광학적 특성 측정

PVA 편광필름의 특성은 guest 물질인 염료가 host 물질인 고분자의 연신 방향으로 배열함에 따라 일정한 방향으로 진동하는 전자기파를 흡수하게 되어 나

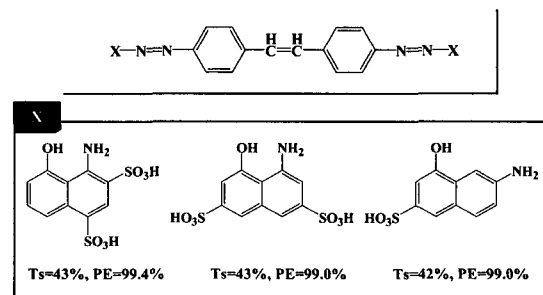


그림 7. 이색성 직접염료의 구조.

타나는 현상이다. 제조한 염료계 편광필름의 투과도 및 편광효율은 UV spectroscopy와 polarizer를 통해 얻을 수 있다. 여기에서 polarizer는 UV spectroscopy에서 나오는 편광되지 않은 빛을 각도에 따른 선편광된 빛으로 만들어주어 편광필름이 최대 혹은 최소로 빛을 투과하는 지점 (각도)을 찾아주는 역할을 한다. 이를 통해, guest 물질인 염료가 host 물질인 PVA 고분자에 얼마나 효율적으로 배열하는지를 고찰해볼 수 있다. UV spectroscopy와 polarizer를 통해서 얻은 투과도를 아래 식에 대입하면 PVA 편광필름의 투과도와 편광효율을 계산할 수 있다.

$$T(\%) = 1/2(T_1 + T_2) \times 100$$

$$DP(\%) = [(T_1 - T_2)/(T_1 + T_2)] \times 100$$

여기에서 T_1 은 polarizer 각도에 따른 투과도의 최대값이고 T_2 는 투과도의 최소값이다. 또한 T (transmittance)는 투과도를, DP (degree of polarization)는 편광효율을 나타낸다. 이 때 사용된 투과도 값은 최대 흡수파장에서의 투과도 값을 사용한다.

2.2.4 편광필름의 광학적 특성 평가

PVA 편광필름의 광학적 특성에 크게 영향을 미치는 인자들은 염착시간, 염축매, 연신비 등이다. 염착시간이 증가하면 편광필름의 투과도는 감소하고 편광도는 증가한다. 이는 염착 시간이 길어질수록 염료가 PVA 필름에 침투하는 양이 많아져 필름의 광학적 이방성을 증가시키기 때문이다. 하지만 일정 시간이 지나면 염료가 최적 농도 이상으로 필름에 염착이 되어 이상적인 조건에서 보다 더 많은 빛을 흡수하기 때문에 편광효율의 값은 변화가 없으나 투과도는 감소하게 된다. 염축매는 염료와 PVA 필름의 정전기적 반발력을 줄여주어 효율적인 염착이 이루어지게 해준다. 그러므로 편광필름의 제조시 염을 첨가해주지 않는 경우 염료의 염착이 효율적으로 진행되지 않아서 염을 첨가한 경우보다 낮은 편광효율 값을 갖는다. 하지만 적정 농도 이상의 염을 첨가할 경우, 염료와 필름과의 반발력은 줄어들지만 염축에 녹아 있던 염료들이 회합을 일으켜 PVA 필름안으로 염료가 효율적으로 침투하지 못하기 때문에 편광효율이 낮아지는 결과를 나타낸다. 연신비가 증가하면 편광필름의 투과도는 증가하고 편광효율은 낮아진다. 이는 연신비가 커짐에 따라 단위 면적에 존재하는 염료의 수가 감소하여 필름이 흡수하는 빛의 양이 작아지기 때문이다.

현재까지 제조된 염료계 편광필름은 투과도 43%, 편광효율 99% 이상의 광학적 특성을 나타내고 있어 편광필름으로서 만족할 만한 값을 보여준다.

3. 결론

PVA 필름은 다른 고분자 필름이 갖지 못하는 다양한 특성들을 바탕으로 하여 포장용 필름, 수용성 필름, 이형 필름 등의 용도로 사용되고 있으며 특히 LCD 편광판에 사용되는 광학용 PVA 필름의 성장이 기대된다. 이러한 PVA 필름에 대한 연구가 많이 진행되지 않아 일본으로부터의 수입에 의존하고 있었지만 위와 같은 PVA 필름의 제조에 대한 연구가 시작되면서 PVA 필름의 국산화의 발판을 마련하게 되었다. 이를 기반으로 하여 차세대 고부가가치 산업의 핵심으로 주목받고 있는 LCD에 사용되는 광학용 필름의 고품질, 고기능화를 이루어내야 한다. 그리고 개발된 고기능성 PVA 필름의 편광필름으로의 응용시 제조공정과 연신조건의 개선으로 편광필름의 편광효율을 높이고 내구성을 향상시킬수 있도록 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. C. A. Finch, *Polyvinyl Alcohol-Properties and application*, John Wiley & Sons, 1973.
2. Ichiro Sakurada, *Polyvinyl Alcohol Fibers*, Marcel Dekker, Inc. 1985.
3. C. A. Finch, *Polyvinyl Alcohol-Developments*, John Wiley & Sons, 1992.
4. *초산비닐수지*, (주) 대광서림, 1987.
5. J. H. Briston, and L. L. Katan, *Plastics Films*, George Godwin, 1985.
6. *최신압출성형기술*, (주)바우에이전시, 2000.
7. *압출가공기술과 응용*, 한국 유변학회, 1992.
8. Fujita Satoshi, Kawai Tsutomu, and Saneto Toru, JP2002-079531, Kuraray (2002).
9. Isozaki Takanori, and Fujiwara Naoki, JP2002-020507, Kuraray (2002).
10. Endo Kuniaki, JP2002-254492, Toshiba, 2002
11. Kawai Tsutomu, Miyazaki Horotoshi, Nakanishi Toru, Kobayashi Hideo, and Fukunishi Akira, EP0794215, Kuraray, 1997.
12. Nakao Sukehiko, Kubotsu Akira, Hayase Hi-

- roaki, and Mukai Yoshiteru, JP1994-138320, Kuraray, 1994.
13. Mukai Yoshiteru, Fujita Satoshi, Kubotsu Akira, and Nakao Sukehiko, JP1993-337967, Kuraray, 1993.
 14. Kato Kuniyasu, Kitamura Shuichi, and Edasawa Toshiyuki, JP2002-060505, Nippon Synthetic Chem, 2002.
 15. 남성우 외, *염료화학*, 보성문화사, 2000.
 16. 오세용, 신동윤, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **11**(4), 426 (2000).
 17. 김성훈, 최재훈, *한국정보디스플레이학회지*, **2**(6), 29 (2001).
 18. M. Bass, *Handbook of Optics*, McGraw-Hill, 1994.
 19. S. E. Han, I. S. Hwang, *J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.*, **40**, 1363 (2002).
 20. Y. Dirix, T. A. Tervoort, and C. Batiaansen, *Macromolecules*, **28**, 486 (1995).
 21. Y. Dirix, T. A. Tervoort, and C. Batiaansen, *Macromolecules*, **30**, 2178 (1997).
 22. E. Wold, J. Bremer, and O. Hunderi, *J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.*, **31**, 579 (1993).
 23. V. I. Studenov and M. G. Tomilin, *J. Opt. Technol.* **66**(6), 550 (1999).
 24. P. J. Phillips, *Chem. Rev.*, **90**, 425 (1990).
 25. C. Bastiaansen, H. W. Schmidt, T. Nishino, and P. Smith, *Polymer*, **34**(18), 3951 (1993).
 26. T. Misawa *et al.*, U. S Patent 5,952,477, Mitsui Chemicals, Inc. (1999).
 27. K. Ogino *et al.*, U. S Patent 6,235,064 B1, Sumitomo Chemical, Company, Ltd. (2001).
 28. U. Claussen *et al.*, U. S Patent 5,272,259, Bayer Aktiengesellschaft (1993).
 29. S. B. Smith, U. S Patent 4,118,182, E. I. Du Pont de Nemours and Company (1978).