

내열성 특수 필름

원종찬 · 이미혜 · 홍영택 · 최길영

1. 서론

특수 고분자 재료는 첨단 기술의 발달에 따라 제품의 소형경박화, 고성능화, 고신뢰화를 위한 필수적인 소재로서 필름, 성형품, 섬유, 도료, 접착제 및 복합재 등의 형태로 우주, 항공, 전기/전자, 자동차 및 정밀기기 등 광범위한 산업분야에 이용되고 있다. 이들 중 필름에 대하여 살펴보면 전자 재료와 패키징 재료로 개발되어 왔으며 이들을 분류

한다면 폴리에스터 (PET) 필름을 중심으로 한 일반목적 엔지니어링 플라스틱 (GPE) 필름, 고내열, 내화학성 및 전기적 특성이 우수하여 유연회로기판 등으로 사용되는 폴리이미드 (PI) 필름, 고탄성 특성을 갖는 아라미드 (Aramid) 필름 및 불소 (FP) 필름, 슈퍼엔지니어링 열가소성 (AET) 필름 등으로 나누며 이들 중 내열성 및 용도에 따라 다양한 목적의 특수 필름으로 분류할 수 있다.¹ 이들 재료의 사용은 IT 산업의 발달에 따라 꾸준한 증가 추



원종찬
 1986 서울대학교 화학교육과 (학사)
 1994 서울대학교 과학교육과 화학전공 (석사)
 1999 Univ. <Claude Bernard> Lyon 1 고분자재료과 (박사)
 1986~ 한국화학연구원 화학소재연구부 현재



홍영택
 1982 한양대학교 공업화학과 (학사)
 1984 한양대학교 공업화학과 (석사)
 1999 한국과학기술원 화학공학과 (박사)
 2001~ 미국 Virginia Polytechnic Institute & State University
 2002 화학과 (Post-Doc.)
 1984~ 한국화학연구원 화학소재연구부 현재



이미혜
 1983 서울대학교 화학교육과 (학사)
 1985 한국과학기술원 화학과 (석사)
 1991 한국과학기술원 화학과 (박사)
 1985~ 한국화학연구원 화학소재연구부 현재



최길영
 1975 서울대학교 응용화학과 (학사)
 1977 한국과학기술원 화학과 (석사)
 1983 한국과학기술원 화학과 (박사)
 1983~ 한국화학연구원 선임부장 겸 신뢰성평가센터장 현재

High Temperature Specialty Films

한국화학연구원 고분자나노소재연구팀 (Jong Chan Won, Mi Hye Yi, Young-Taik Hong, and Kil-Yeong Choi, Advanced Materials Division, Polymeric Nanomaterials Lab., Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O. Box 107, Yuseong, Daejeon 305-606, Korea) e-mail: jcwon@kriect.re.kr

세에 있으며 국내에서도 필름재료에 대한 많은 연구와 사업화를 위한 노력을 전개 중이다.

본 고에서는 이들에 대해 제법, 가공방법, 시장현황 및 용도를 중심으로 정리해 보고자 한다.

2. 폴리이미드 필름²

2.1 폴리이미드 필름의 제조

전방향족 폴리이미드 (PI)는 반복 단위 내에 이미드기를 가지고 있으며 방향족으로 이루어져 있어 대부분의 용매에 불용이며 불용이므로 PI 상태에서 필름으로 가공하는 것은 불가능하다.³ 그러므로 이미드화 전단계인 폴리아믹산 (PAA) 상태에서 용액 주형 (solution casting)을 하여 가열하며 용제를 휘발시키고 고온 (약 400 °C)에서 가열하여 이미드화하여 필름을 제조한다. 이와 같은 용액 주형의 기본적인 원리에 의해 PAA를 용매 (DMAc, DMF, NMP 등)에 용해시켜 점성도가 있는 용액을 만들어 이를 표면점착성이 없는 경면처리된 판위에 캐스팅하여 용매를 증발시키고 건조된 필름을 판의 표면으로부터 떼어내는 것이다. 공업적으로는 회전하는 드럼이나 이동하는 금속벨트를 통하여 고분자 용액을 연속적으로 공급하고 벨트를 통과하며 서서히 용매를 증발시켜 필름을 제조한다. 이미드화 반응은 가열에 의하는 열적 이미드화 (thermal imidization)와 탈수제와 촉매를 사용하며 저온 제막 후 가열 공정도 병행하는 화학적 이미드화 (chemical imidization) 방법이 있다.

이와 같은 방법에 의해 제조하는 PI 필름은 1962년 미국의 Du Pont사에 의해 pyromellitic dianhydride (PMDA)와 4,4'-oxydianiline (ODA)의 중합에 의해 <KAPTON®> 이란 상품명으로 최초로 개발되었으며 이후 일본의 Kaneka사의 <APICAL®>, Ube사의 <UPILEX®> 등이 개발되어 사용되고 있다. <UPILEX®>는 단량체로서 biphenyl tetracarboxylic acid dianhydride (BPDA)를 사용하여 내열성이 우수하며 특히 치수안정성과 저흡수성 등의 특징을 가지고 있다 (표 1).

2.2 시장현황

PI 필름은 높은 내열성, 내한성과 함께 전기적 특성이 우수하여 그 용도 분야가 다양하다. 특히 IT 산업의 발달로 정보통신기기의 유연성프린트기판 (FPCB), IC 패키징, 전선피복재 등으로 수요가 확

대되고 있다. PI 필름의 세계적 공급업체는 크게 세업체로 나누어 볼 수 있으며 Du Pont 사가 50%, Kaneka사가 35%, 그리고 Ube사가 나머지를 공급하고 있다. PI 필름의 가격은 kg당 120~175 \$에 이르며 필름의 두께에 따라 차이가 있다. 표 2에는 기업 및 년도별 생산능력을 도시하였다. 이는 IT 산업의 발달에 기초하여 3개사에서 공장을 증설하여 생산능력을 25%나 배가시키는 등 성숙단계에 이르고 있는 것으로 분석된다.

2.3 용도⁴

PI 필름의 용도는 크게 FPCB (flexible printed circuit board), TAB (tape automated bonding), 전선절연피복재 및 테이프로 나누어 볼 수 있으며

표 1. PI 필름의 단량체와 상품명

Monomers Name	Monomer Structure	Makers	Trade Name
PMDA		Du Pont Toray-Dupont	Kapton Kapton
ODA		Kaneka	Apical
BPDA		Ube	
ODA			Uplex-R
PPDA			Uplex-S

표 2. PI 필름 생산기업 및 년도별 생산능력

(단위: 톤/년)

기업	생산국	년도			비고
		2000	2001	2002	
Dupont	미국	600	600	1,200	2002년 공장 증설
Toray-Dupont	일본	1,150	1,150	1,150	2003년 증설 계획
Wirex*	대만	60	60	60	
Kaneka	일본	600	1,200	1,200	2001년 추가 가동
Kaneka-High-Tech-Materials	미국	200	200	200	
Ube	일본	380	600	900	2002년 증설 완공
Total		2,990	3,810	4,710	

*Du Pont사가 1999년에 51%의 주식 지분 취득 (출처: 2002년판 高性能 フィルム 市場 の 展望 と 戦略, 矢野經濟研究所).

일본에서의 2001년도 사용량 (표 3)을 살펴볼 때 FPCB의 용도로 가장 많이 사용되고 있음을 알 수 있다.

2.3.1 FPCB (Flexible Printed Circuit Board)

노트북, 휴대폰 등 휴대기구나 디지털 가전의 경우 경량 소형화에 따라 회로의 집적화와 접거나 구부릴 수 있는 연성회로기판 (FPCB)이 필요하게 되었다. 이 FPCB 재료로 사용되고 있는 필름은 동박이 라미네이션 (lamination)된 폴리이미드 필름이다. PI는 본질적으로 절연성, 내열내한성, 고강도 등의 특성을 가지고 있으므로 이와 같은 요구에 적합한 필름으로 평가되어 사용이 증대되고 있다. FPCB는 PI 필름에 동박을 적층한 CCL (Copper-Clad Laminate)에 레지스트를 이용하여 노광하여 원하는 회로를 형성하고 산성조건하에서 동박을 용해하고 레지스트를 제거하는 공정을 거쳐 만들어진다. 기재 필름으로서는 PET 필름이 사용되기도 하나 IC 실장 기술의 고도화 고밀도화 되어감에 따라 점점 내열성이 요구되어 PI 필름에로의 사용이 증대되고 있다.

2.3.1.1 FCCL의 종류

PI 필름을 사용하는 FCCL에는 1) PI 필름에 에폭시 수지 등의 범용 접착제를 도포 건조하고 동박을 가열롤에서 적층하는 3층 FCCL (3 layer Copper-Clad Laminate) (그림 1), 2) 접착제로서

표 3. 2001년 PI 필름 수요분야별 구성

(단위: 톤/년)

	Toray-Dupont	Kaneka	Ube	총계	백분율(%)
FPCB	480	320	20	820	46.3
TAB	-	-	250	250	14.1
기타*	330	230	80	640	36.2
				1,770	

*기타 : pressure-sensitive tape, insulation for motor and generator, wire and cable, etc
(출처: 2002년판 高機能 フィルム 市場의 展望 と 戰略, 矢野經濟研究所).

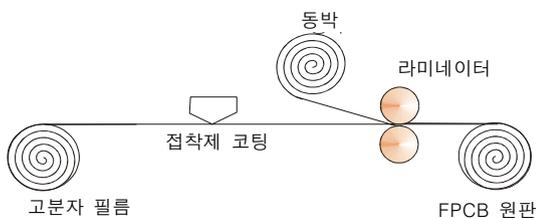


그림 1. 3층 FCCL 제조 공정.

열가소성 PI를 사용하는 의사 2층 FCCL, 3) PI 필름에 증착·스퍼터링 등에 의해 동박 (copper) 층을 직접 형성하는 무접착제형 2층 FCCL, 4) 동박에 PI 전구체인 PAA 용액을 도포·경화시키는 무접착제형 2층 FCCL 등이 있다. 이들 기술 중 3층 FCCL 기술에 의해 제조된 기판재가 사용되고 있지만 배선의 미세화, IC 실장화 등에 의해 고도의 전기신뢰성, 내열성, 치수안정성 등이 요구되어 2층 FCCL에로의 연구 및 기술이행이 이뤄지고 있다.

2.3.1.2 FPCB에 사용되는 PI 필름

3층 FCCL에는 Du Pont사의 <KAPTON®>, Kaneka사의 <APICAL®> 등이 사용되고 있지만 최근 배선미세화를 실험하기 위해서는 FPCB 제조 공정을 통과한 FCCL의 치수변화가 극한까지 실현되어야 하는 요구가 있다. 이 요구를 만족하기 위해서는 저흡수팽창계수, 저선팽창계수 또는 동박과 동일한 선팽창계수, 고탄성율을 갖는 PI 필름이 필요하여 <APICAL® HP> 및 BPDA구조로 이뤄진 <UPILEX®>가 낮은 CTE를 나타내므로 FCCL에 적용이 확대되고 있다.

2.3.2 TAB (Tape Automated Bonding)⁵

1960년대의 IC 접속은 와이어본딩 (W/B) 방식에 의해 IC 패드와 리드프레임을 수작업에 의해 행하다 1971년에 GE사에 의해 테이프 어셈블리 방식을 채용한 TAB 방식이 개발되었다. TAB은 IC 패드와 테이프리드의 전핀을 동시에 접속할 때 다핀 IC 접속 효율을 현저하게 높인다. TAB 패키지는 TCP (Tape Carrier Package)라 불리기도 하며 소형, 박형, 경량을 특징으로 하여 상품이 만들어지고 있다. TAB에 사용되는 테이프를 테이프 캐리어라 하는데 35, 48, 70 mm의 것이 사용되고 있으며 요구 특성으로는 고탄성율, 낮은 열선팽창계수 (CTE), IC bonding 및 실장시 열에 견디는 내열성, 절연신뢰성 등이 필요하여 폴리이미드 필름이 사용되고 있으며 PMDA를 단량체로 한 <KAPTON®> 보다 BPDA를 단량체로 한 <UPILEX®>가 강성, 내열성, 동박에 대한 선팽창율 (그림 2), 내습에 대한 치수안정성이 우수하여 현재 TAB 테이프의 PI 필름 기재 분야에서 시장을 점유하고 있다.

2.3.3 전기절연 피복재

전기절연피복에 수 mm에서 수십 mm의 테이프상의 PI 필름을 절연재로서 동선에 감는 피복 용도로 사용한다. PI 필름은 절연신뢰성과 내열성이 좋아 각종 모터와 광섬유 복합가공선 및 항공기에 사

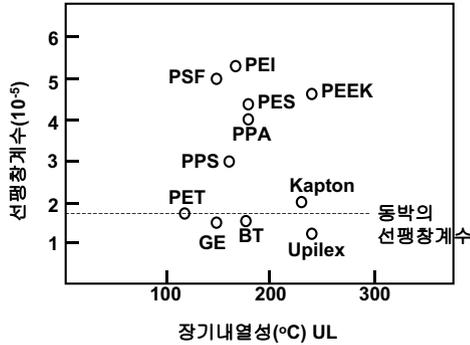


그림 2. 여러 필름의 장기내열성과 선평균분자량.

용하는 모터의 전선피복 등에 사용된다. 이들 종류는 접착제가 없는 테이프와 FEP (불소계 공중합체)를 수 마이크론의 두께로 도포한 접착층이 있는 테이프의 두 가지가 있다. 불소계 접착제가 도포된 것은 400 °C에서 고온경화하여 동선과 불소 수지를 열융착하여 사용한다.

3. 아라미드 (Aramid) 필름⁶

아라미드는 방향족 폴리아미드와 같은 내열성 고분자로 meta형과 para형이 상업 생산되고 있으며 para형의 기계적 특성이 우수하고 결정성이 좋고 강직한 구조를 갖고 있다. para형의 대표적인 것은 PPTA (poly(*p*-phenyleneterephthalamide))로 유기용제에 용해되지만 진한 황산 등 강산에만 녹고 액정성을 나타내기 때문에 섬유로의 가공만이 주로 이뤄졌다. 그러나 2차원 재료로서의 필름의 제조는 이방성의 문제를 극복함으로써 이뤄져 1992년에 Toray사가 PPTA의 벤젠기에 치환기를 도입하여 유기용제에 녹는 아라미드를 합성하여 <MICTRON®>으로 상품화하여 디지털마이크로 테이프의 기재 필름으로 사업화하였으며 1998년까지 년 410톤 규모의 생산 설비를 갖추었다. 1999년에 Asahi chemical 사에서는 상전환기술을 도입하여 전방향으로 강성이 좋은 <ARAMICA®>를 양산하는 설비를 가동하여 년 200톤 규모의 프랜트를 가동하기 시작하였다. 2002년 5월에는 IBM사에서 1개의 테이프에 1테라비트 (1,000 GB)의 데이터를 보존하는데 성공하여 금후 수년 내에 상품화될 것으로 예상된다.

3.1 아라미드 필름의 제조

PPTA는 유기용제에 불용이지만 진한 황산 등

강산에 용해되고 액정성의 분자쇄가 한 방향으로 배열하여 작은 도메인의 집합체가 되어 광학이방성을 나타낸다. 특히 이 액정상태의 용액이 전단력을 받으면 분자사슬이 유동방향으로 배향하게 되어 이 배향을 이용하여 섬유상으로 제조한 것이 <KEVLAR®> (Du Pont)이다.

그러나 액정용액으로부터 필름의 제조는 섬유에 비해서 매우 곤란하다. 필름은 용융 또는 용액상태에서부터 얻어지는 면 내부의 특성이 등방적인 필름이 일반적이며 이를 블로운 연신, 이축연신 등에 의해 이차원적으로 분자사슬을 배향시키는 것이다. 그러나 액정상태로부터 제작하는 경우 분자사슬이 유동방향에 자발적으로 일차원 배향을 하기 때문에 이차원 배향을 시키기가 어려워 통상의 방법으로 등방성 필름을 제조할 수 없다. 그러므로 그림 3의 흐름도와 같이 PPTA를 진한 황산에 녹인 10~15% 용액을 슬릿다이를 통해 압출한다. 압출물을 온도와 습도가 조절된 챔버를 통과시켜 등방성상전이 (isotropic phase transition)가 일어나도록 유도하여 (그림 4) 응고조 (coagulation bath)를 통과하게 하므로 등방성을 유지한 필름이 되도록 한다. 이를 세정, 연신 및 건조, 열처리 과정을 거쳐

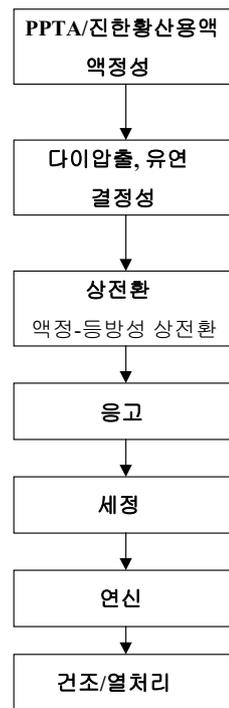


그림 3. <ARAMICA®>의 제조방법.

기계적 특성, 치수안정성 등의 성능이 우수한 필름을 제조한다.

3.2 아라미드 필름의 용도

<ARAMICA®>는 두께 3~50 μm 의 진한 황색 투명 필름으로 필름의 대표적인 폴리에스터와 내열 필름인 폴리이미드에 비해 강도가 약 2배, 탄성률이 약 4배나 높은 기계적 특성 외에 세라믹에 가까운 열팽창률, 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서도 변형하지 않는 내열성을 갖는다 (표 4). 가격은 고가로 일반 PET 필름의 20~30배에 이르고 있다. 용도로서는 컴퓨터의 데이터 백업 테이프의 하나인 DDS (Digital Data Storage)의 베이스필름으로 채용되어 DDS-II, DDS-III (기억용량 12 GB)에 사용되고 있다. 이 테이프

는 용량의 향상으로부터 얇은 두께가 요구되어, 박막, 고탄성률의 <ARAMICA®>가 사용되고 있다. 또한 연성회로기판재료 (FPCB), 콤포지트재 등의 용도개발이 이뤄지고 있으며 고탄성률에 의한 음향 특성의 양호함과 고내열성의 특징으로부터 자동차용 스피커의 진동판으로서 고급차종에 탑재되고 있다. <ARAMICA®>의 고강도, 고탄성률을 살린 탄소섬유와의 하이브리드 콤포지트는 골프샤프트나 낚시줄로 상품화되어 있다. 또한, 차기용도 개척분야로서 태양전지의 베이스필름이나 액정화면소재 등 전자부품 관계에서 상품화 프로그램이 진행 중이다.⁷

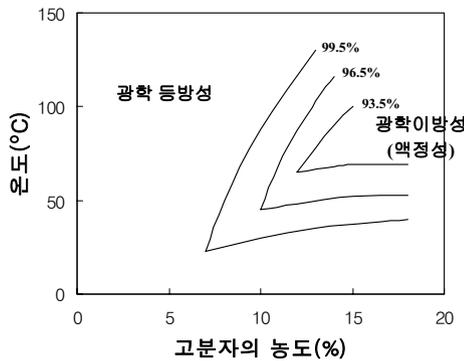


그림 4. 진한황산 용액에서의 PPTA의 phase 변화.

표 4. <ARAMICA®>의 주요성능 (film thickness: 25 μm).

특성항목		ARAMICA R type	PET	PI	
기계적 특성	인장 (kg/m^2)	40	25	25	
	신율 (%)	20	120	80	
	인장 탄성률 (kg/m^2)	1500	400	300	
열적 특성	융점 ($^{\circ}\text{C}$)	-	265	-	
	장기내열온도 ($^{\circ}\text{C}$)	180	105	200	
	선행팽창계수 ($1/^{\circ}\text{C} \times 10^{-5}$)	0.2	1.7	2.0	
	열수축률 (200 $^{\circ}\text{C}$) (%)	0.12	1.0 (150 $^{\circ}\text{C}$)	0.12	
화학적 특성	연소성	자기소화성	서서히 연소	자기소화성	
	흡수율 (%)	2.8	0.4	1.5	
	흡수선행팽창계수 ($1/\%RH \times 10^{-5}$)	2.5	1.2	2.2	
	내약품성	유기용매	○	○	○
		산	○	○	○
알칼리		○	○	x	
전기적 특성	체적저항률 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	1016	1018	1018	
	표면저항 (Ω)	1016	1016	1016	
	절연과피전압 (kV/cm)	230	300	280	

4. 기타 특수 필름

상업화된 특수 엔지니어링 플라스틱 필름은 크게 polyetheretherketone (PEEK), polysulfone (PSU), polyethersulfone (PES), polyetherimide (PEI) 등이 있으며 이 밖에도 poly(arylene sulfone) (PASF), polyarylate (PAR), poly(phenylene sulfide) (PPS) 및 liquid crystal polymer (LCP) 등이 상업화되었다. 이들은 서로 간에 혹은 다른 고기능 열가소성 필름과 경쟁하면서 1980년대부터 응용되기 시작하여 시장이 꾸준히 증대하고 있다.

4.1 Polyetheretherketone (PEEK) 필름^{8,9}

PEEK 필름은 뛰어난 열안정성을 가지고 있어 260 $^{\circ}\text{C}$ 까지 연속사용이 가능하며 뛰어난 인장강도, 굴곡강도와 내마모성, 저수분 흡습성, 내화학약품성 및 전기적 성질이 우수하다. 특히 에폭시 혹은 시아노아릴레이트와 같은 일반 접착제를 사용한 접착 혹은 복합체 구조를 갖는 라미네이션에 응용시 매우 효과적이다. PEEK수지는 143 $^{\circ}\text{C}$ 부근에서 유리전이온도를 가지며 비배향/결정성 필름과 비결정성 필름이 상업화되었는데 이 비배향/결정성 필름이 비결정성 필름보다 기계적 물성과, 치수안정성 및 내화학약품성이 좋으며, 대부분의 응용분야에서 투명성을 요구하지 않기 때문에 투명하지 않은 결정성 PEEK 필름이 더 많이 사용된다. 비결정성 필름은 난연성, 투명성, 내방사성 및 내약품성 등이 우수하다.

PEEK는 일반적인 열가소성 수지 가공 방법인 사출, 압출, 압축성형 등에 의하여 가공이 가능하지만

가공온도가 400 °C 정도로 비교적 높다. 필름은 주로 압출 캐스팅법으로 제조되며 결정화도는 casting drum 온도로 조절된다. 즉 50 °C인 경우는 무정형 필름이, 170 °C인 경우는 불투명한 결정성 필름이 얻어진다. 개략적인 필름 작업조건은 표 5에 나타내었으며 PEEK는 얇은 필름 및 시트 주형에 사용될 수 있으며 작업은 아래 그림 5와 같이 적당한 장비를 이용하여 기존의 압출기로 작업이 가능하다.

PEEK 필름은 kg당 200~250 \$ 정도의 고가이므로 사용하는데 있어 꼭 필요한 물성이 요구되는 경우로 제한되어 있지만, 중요한 용도로는 진공 bag, PEEK를 기초 소재로 한 복합체 제조 시 용융 접착층 등에 이용된다. 앞으로 응용가능성이 큰 분

표 5. 무정형 PEEK 고분자 필름 작업조건

Screw	32 mm Diameter 'Nylon' type screw		
Die	300 mm slot die		
Screw Speed	40 rpm		
Filters	2 layers of 400# woven stainless steel mesh plus supporting mesh fitted into the breaker plate		
Cylinder Temperatures	Rear	Middle	Front
	340 °C	375 °C	375 °C
Die Lips	380 °C		
Die Temperatures	380 °C		
Casting Drum Temperatures	50 °C		
Film Produced	100 μm amorphous		

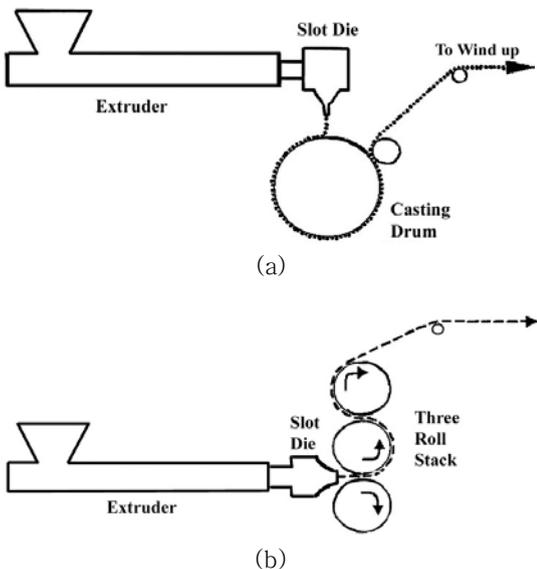


그림 5. PEEK 필름 및 시트 주형 장치. (a) casting drum and (b) three-roll stack.

야는 내열절연용 필름 등이며 비배향/결정성 PEEK 필름은 헬리콥터 날개, 오일 시추 장비용 센서에 필요한 절연재, 마이크로웨이브 회로용 등이 있다. 그 밖에 낮은 선풍창계수와 저수분 흡수율을 이용하여 다른 고분자와 복합화를 통하여, 현재 FPCB용 기판재료로 이용되는 폴리이미드 필름을 대신하기 위한 연구 등이 진행되고 있다. PEEK 수지의 독점 공급업체인 ICI사에서 분사한 Victrex사 (영국)에서 수지와 필름을 공급하고 있으며 1999년 2000 톤/년 생산규모의 체제를 갖추었다. 수지는 용융점도에 따라 분류하여 공급되며 필름은 중간정도의 용융점도를 갖는 381 G 그레이드를 이용한다.

4.2 Polyetherimide (PEI) 필름^{1,6}

폴리에테르이미드 (PEI) 필름은 미국 GE 사에서 1982년 상품화한 <ULTEM®> 수지를 이용하여 무연신 필름을 제조하는 것으로 일본에는 Mitsubishi Plastics Inc에서 <SUPERIO®-UT>를 Sumitomo Bakelite Co. Ltd에서 <SUMILITE®-FS>를 생산하고 있으며 가격은 70~80 \$/kg 정도이다. PEI 수지는 무정형의 열가소성 수지로 고온 유리전이온도 (T_g : 219 °C)를 갖는 것으로 내열성, 치수안정성이 우수하며 온도의존성이 적은 기계특성, 전기특성을 가지고 있으며 PET 및 PI필름과 기본 물성을 비교하여 표 6에 나타내었다.

PEI는 용융가공성이 좋으며 PI와 PET/PEN 중간의 요구에 대응하는 특성을 가지고 있어 PET가 사용되지 못하며 PI 만큼 내열성이 요구되지 않는 분야에 사용되고 있다.

Mitsubishi Plastics Inc는 2000년에 30톤 정도를 생산하였으며 후발업체인 Sumitomo Bakelite Co. Ltd는 5~6톤/년 정도를 생산하고 있다.

주용도별 구성비를 살펴보면 TAB 스페이서 테이프·리드 테이프에 50%, 스피커 진동판으로 30%가 사용되는 등 이 두가지 용도로 80% 이상을 점하고 있으며 기타, 내열 라벨, 내열 테이프, 면상 발열체, 멤브레인 스위치, 인쇄회로기판, 내열절연재 등에 사용되고 있다. 스피커에는 PET가 주로 채용되고 있지만 카스테레오용 스피커에는 내열성이 요구되므로 PEI 필름이 사용되고 있으며 고음역 특성이 우수하다는 평가를 받아 고급차의 스피커, 포터블 스테레오 등에 사용된다.

4.3 Polyphenylenesulfide (PPS) 필름^{10,11}

PPS 수지는 Phillips 66 (Phillips Petroleum)에서 <RYTON®>이란 상품명으로 사출용 레진을 처

표 6. PET, PI 필름과 비교한 PEI 필름 <SUPERIO®>의 기본물성

물성	항목	단위	SUPERIO-UT		PET Film	PI Film	시험방법
			E type	F type			
열적 특성	유리전이온도	℃	216	226	69		DSC
	연속사용온도	기계적	—	180	105	220	UL-746B
		전기적	℃	—	160	105	
	선팽창계수	cm/cm ℃	4.9×10^{-5}	5.2×10^{-5}	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-5}	ASTM D-696
열수축율	%	0.2	0.2			200 ℃×30 min	
기계적 특성	인장강도	kg/mm ²	12	12.5	22	24	JIS C-2318
	과단신율	%	120	100	120	70	JIS C-2318
	인장탄성율	kg/mm ²	320	290	500	400	ASTM D-638
전기적 특성	절연과괴전압	KV	10.0	10.5	9.0	10.8	JIS C-2318
	체적저항율	Ω-cm	10^{17}	10^{17}	10^{17}	10^{18}	JIS C-2318
	유전율(1KHz)		3.5	3.0	3.4	3.5	JIS C-2318
기타 특성	밀도	g/cm ³	1.27	1.27	1.40	1.42	ASTM D-1505
	흡수율	%	0.4	0.6	0.3	2.9	ASTM D-570
	연소성(25μ)		VTM-0	VTM-0	—	V-0	UL-94
내약품성	알칼리		△	△	△	○	
	산		○	○	○	○	
	유기용매		△	○	○	○	

음 개발 판매하기 시작하였으며 이측 연신한 PPS 필름인 <TORELINA®>을 Phillips-Toray에서 개발하여 1987년부터 년 500톤 규모의 공장을 설립 생산 판매하고 있고 2000년도에 그 판매량이 300톤에 이르고 있다. 이외에 GE사의 <SUPEC®>, Hoechst Celanese사의 <FORTRON®>, Miles Inc의 <TEDUR®> 등이 있다.

PPS 필름은 투명성 필름이며 내열성, 치수안정성, 내방사선성, 내화학성, 저흡수성, 난연성이 뛰어나고 온도변화에 대응하는 전기적 특성의 변화가 적은 특성이 있다.

그 용도를 살펴보면 필름콘덴서, 모터·트랜스용 전기절연 필름, 일반공업용 필름 등에 사용되고 있으며, 특히 필름콘덴서는 고기능화와 고주파에의 대응이 요구되므로 주파수변동에 따른 절연기능에의 영향이 적은 PPS 사용 콘덴서의 사용이 확대되고 있다. 그러나 각종 용도에는 PET 필름과 PO계 필름, PEN 필름, PC필름, PI 필름 등 여러 고분자 필름과 경쟁관계에 있다. 신규용도로는 프린트케이블 기재, 프린트기판 공정지 등의 개발이 진행되고 있다.

<TORELINA®> 필름은 콘덴서용 grade (1.2~6 μm)가 150~380 \$/kg, 일반용 grade (9~100 μm)가 60 \$/kg 정도, 전기절연용 grade (125~350 μm)가 60~80 \$/kg 정도이다.

4.4 Polyethersulfone (PES) 필름^{12,13}

PES 수지는 ICI사가 1972년경에 개발한 비결정성 방향족 내역 가소성 수지로 200 ℃의 내열성을 갖고, 치수안정성, 내수성이 뛰어난 수지이다. ICI사는 1991년에 경제성에 문제가 생겨 Sumitomo Bakelite사에 라이선스를 매각하여 1994년에 1,000톤/년 생산 설비로 Sumitomo Bakelite사가 생산을 시작하였다.

현재는 Solvay Advanced Polymer L.L.C에서 <UDEL® A> (PES), <UDEL® R> (PSU), Sumitomo Bakelite사에서 <SUMILITE® FS-1300> (PES), <SUMILITE® FS-1200> (PSU), BASF사에서 <ULTRASON® E> (PES), <ULTRASON® S> (PSU) 이란 상품명으로 3개사가 양산을 하여 세계적으로 5,000톤 (2001년)의 수요가 발생하였다.

PES는 투명성이 좋고 이에 더하여 높은 유리전이온도 (T_g ; 223 ℃), 저팽창성 (CTE: $2.3 \times 10^{-5}/\text{℃}$), 우수한 기계적 강도를 갖는 특성을 가지고 있어 필름으로서 카드, 휴대전화, 전자수첩 등의 LCD 기판으로 개발되고 있다. Sumitomo Bakelite사에서 광학필름용으로 PES 필름에 스퍼터링을 하여 베리어층 (SiO₂), wet 코팅에 의한 유기계의 내용제층, 스퍼터링에 의한 ITO 막을 형성하는 등 2차 가공을 하여 광학특성을 부여한 액정기판이 생산되고 있다.

PES 필름의 가격은 일반용으로 80~130 \$/kg 이며 광학 특성을 부여한 액정기판은 이보다 고가로 판매되고 있다.

4. 결론

IT 산업의 발달과 함께 특수고분자 필름의 수요도 꾸준히 증가되고 있으며 새로운 구조의 고분자를 합성하고, 가공기술의 발달로 액정성을 깨뜨려 등방성 필름을 제조하여 향상된 물성을 가진 필름을 만드는 등 다양한 연구가 세계적으로 진행되고 있다. 특히 국내 LCD 산업 및 반도체 시장의 세계 선점에 힘입어 PI 필름은 FPCB 및 TAB용 등으로의 사용이 증가되고 있으며 기재 필름 및 FCCL은 국내연구소 및 2~3개 기업 등에서 개발 노력, 생산 준비를 하고 있으며, coverlay, bonding sheet, 보강판접착 필름, carrier 필름은 새한마이크로닉스에서 2002년부터 생산을 시작하는 등 PI 필름 분야에서 어느 정도의 제조 및 가공 기술을 확보해 가고 있는 단계에 있다. 또한 고분자 알로이의 개발, 나노기술의 접목으로 미세분야의 제어를 통한 물성의 향상도 기대되고 있는 실정으로 이와 같은 연구개발에 발맞춰 다른 분야에서도 연구개발이 활발히 이뤄진다면 기술 선진화에 한발 더 다가설 것으로 기대된다.

참고문헌

1. P. W. Kopf, J. L. Racich, and A. D. Little, "Markets and Applications for High-Performance Plastic Films", Decision Resources, Inc., Burlington, 1992.
2. Fuji Chimera Research Inc., 編輯部, "機能性高分子 フィルムの 現状と 將來展望", Fuji Chimera Research Inc., Tokyo, 2002.
3. M. H. Yi and K.-Y. Choi, *Polymer Science and Technology*, **11**(6), 741 (2000).
4. 今井 淑夫, 横田 力男, "最新 ポリイミド - 基礎と 應用", S.T.S, Tokyo, 2002.
5. http://www1.ushio.co.jp/tech/le/le23/23_04.htm.
6. 矢野經濟研究所 編輯部, "高機能 フィルム 市場の 展望と 戦略", 矢野 經濟研究所, Tokyo, 2002.
7. 化學工業日報(日本), 1999年 2月 2日.
8. J. E. Mark, "Polymer data handbook", Oxford, New York, 1999.
9. O. Olabisi, "Handbook of Thermoplastics", Marcel Dekker, New York, 1997.
10. 電氣電子材料研究會 編輯部, "電氣電子材料 技術叢藍 2003", Tokyo, 2003.
11. <http://www.toray-intl.co.jp/plastics/torelina>.
12. H. Nomura, *Plastics*, **53**(1), 109 (2002).
13. T. Kobayashi, *Plastics*, **54**(1), 94 (2002).