

Polycarbonate 필름 제조 기술 동향

이기호 · 김인선 · 황희남

1. 서론

폴리카보네이트는 1950년대 초반 Bayer 및 Sabic(구 GE Plastics) 이 상업적 생산이 시작된 이래 Teijin, Idemitsu, Mitsubishi, Dow 등에서 상업 생산되고 있다(그림 1). PC(Polycarbonate)는 범용 엔지니어링 플라스틱 중 유일하게 투명성을 지니고 있으며, 내충격성, 내열성, 타 수지와와의 상용성 등의 우수한 특성을 지녔다. 이 때문에 전기·전자분야, 광학기기분야, 자동차분야, 건축분야, 의료분야, 식품용기 및 기타 생활소재 등 광범위한 분야에 사용된다.¹

일반명으로는 BPA(bisphenol A) 타입의 PC로 명명하며 IUPAC 명명으로는 poly (oxycarbonyloxy-1,4-phenyleneisopropylidene-1,4-phenylene)이며 구조식은 그림 2와 같다.

초기 폴리카보네이트가 개발된 것은 1890년대에 hydroquinone 이나 resorcinol과 포스젠과의 반응에 의해 개발되었으나, 높은 용융온도, 용매의 불용성 및 낮은 분자량 때문에 가공성 및 특성결정에 어려움이 있어 더 이상 진행되지 못하였다. 1940년대에 aliphatic PC의 개발이 이루어져 안경 렌즈 소재로 현재 많이 사용되고 있는 CR-39라는 소재가 개발되었다. 그러나, aliphatic PC는 낮은 용융온도 및 내열성 등이 취약하여 소재로서의 상업화가 되지 못했다.³ 현재에는 일반적으로 PC라하면 주사슬에 BPA 타입의 PC를 통칭한다.

PC의 장점으로는

- 1) 두께와 크게 상관없이 550 nm 파장에서 90% 이상의 광투과율
- 2) 내충격성이 우수하여 자동차 유리의 대체 및 방탄소재로 사용
- 3) 내열성이 우수하여 전기 및 가전제품에 사용

4) 자기소화성 및 전기적 특성이 우수하여 전기전자 제품의 절연소재로 사용

5) 우수한 치수안정성

6) 0.1 mm 이하의 제품 두께에서부터 수십 mm까지의 제품 성형이 가능한 장점을 가지고 있다.

단점으로는

- 1) 일반 유기용제에 대해 내약품성이 떨어지며
- 2) 유동성이 나빠 고온성형이 필요하며
- 3) 자외선에 의한 내광성이 떨어지고
- 4) 표면경도가 낮아 내스크래치성이 떨어진다.

2. PC의 제법

PC 제법에는 크게 포스젠을 이용하는 용제법과 용융법의 두 가지 방법이 있다.³

2.1 용제법(또는 계면중합법, Phosgene Process)

용제법은 BPA를 수상층에 포스젠을 유기용매층에 각각 녹인



김인선

1986 서울대학교 섬유고분자학과(학사)
1995 미국 Univ. of Michigan, 고분자공학과(석사, 박사)
1995~1996 미국 Univ. of California, Davis (박사 후 연구)
1997~2000 LG전선 연구소
2000~현재 (주)아이컴포넌트 CTO



이기호

1991 인하대학교 고분자공학과(학사)
1993 인하대학교 고분자공학과(석사)
1996 인하대학교 고분자공학과(박사과정수료)
1996~1999 인천교육대학교 과학교육과 조교
2000~현재 (주)아이컴포넌트 부설연구소 부장



황희남

1993 서강대학교 화학과(학사)
1995 서강대학교 화학과(석사)
1995~2001 LG 전선 연구소 광전자재료 연구실
2001~2002 LG.philips LCD 안양연구소
2003~현재 (주)아이컴포넌트 부설연구소 부장

Polycarbonate and its Technical Trend in Extrusion Processing

(주)아이컴포넌트 부설 연구소 (Ki Ho Lee, Insun Kim, and Hee Nam Hwang, i-Components Co., Ltd., Pyungtaek, Kyungki-Do 451-805, Korea) e-mail: ikim@i-components.co.kr

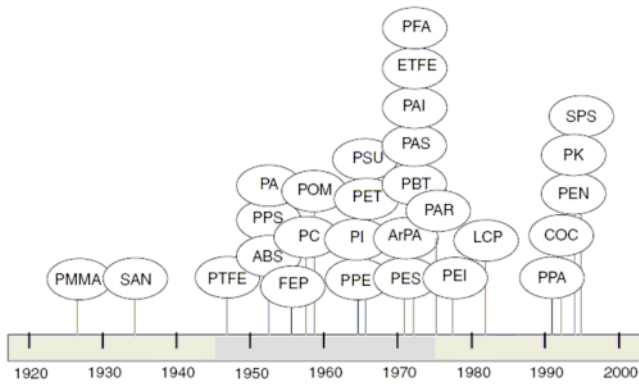


그림 1. 합성수지의 개발 역사(년도는 시장도입 시점).⁴

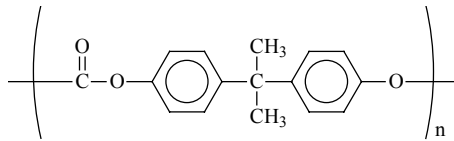
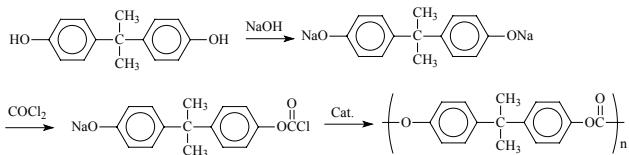


그림 2. PC 분자식.

표 1. 포스젠법과 비포스젠법 특징 비교⁵

Process	Advantages	Disadvantages
Phosgene	Reaction conditions Temp. & Pressure High reactivity MW control Thermal stability	Phosgene gas Waste water and solvent Cost Unit productivity Cl residue
Non-phosgene	Cost effective No waste materials No Cl residue Unit productivity Safe process Eco-friendly	Reaction conditions Temp. and vacuum High MW PC Thermal stability

다음 산결합제 및 용제의 존재하에 계면에서 반응을 시켜 합성한다. 산결합제로는 피리딘을 사용하는 방법과 알카리 수용액을 사용하는 방법이 있는데, 포스젠을 촉매인 피리딘을 이용하여 포스젠의 염소기를 치환한 다음 비스페놀 A와 반응시키는 방법은 폴리카보네이트 연구 초기단계에서 많이 사용된 방법으로 현재는 거의 사용되지 않고 있으며, 경제적 측면을 고려할 때 알카리 수용액법이 유리하다. 이 방법은 비스페놀 A의 나트륨염과 포스젠과의 사이에 탈염반응으로 중합을 진행시킨다. 반응은, 염화메틸렌과 비스페놀 A의 수산화 나트륨수용액과의 사이의 두 개의 상간에 진행된다.



2.2 용융법(혹은 에스테르교환법, Non-Phosgene Process)

용융법은 비스페놀 A와 디페닐카보네이트의 과상중합에 의하여 에스테르 교환반응에서 고진공으로 부산물인 페놀을 분리하여 폴리카보네이트를 중합하는 반응이다.

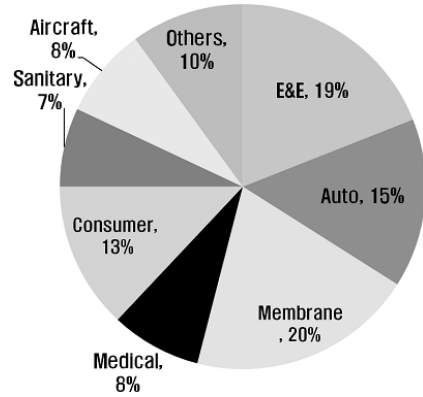


그림 3. 비정형 내열 고분자의 용도.⁶

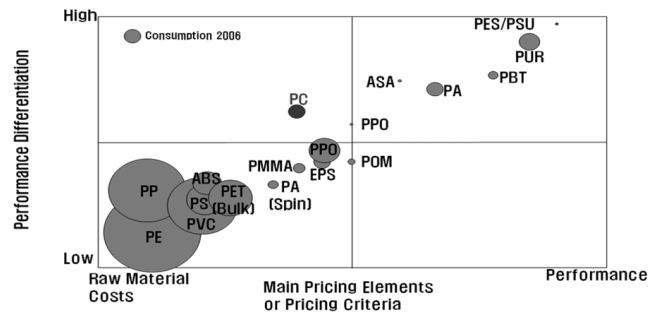


그림 4. 엔지니어링 플라스틱의 시장 규모(2006년).⁷

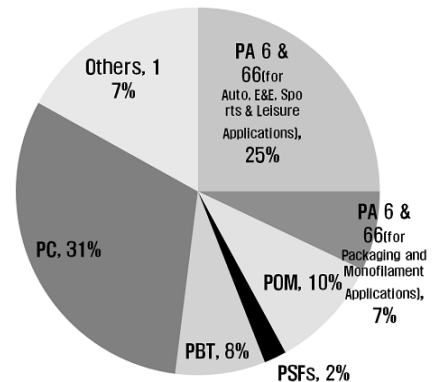
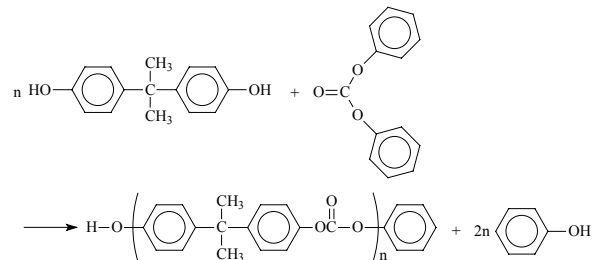


그림 5. 고내열성 고분자의 시장규모.²



포스젠법과 비포스젠법의 장단점을 살펴보면 표 1과 같다.

3. PC 시장 경향

내열성이 요구되는 플라스틱 시장의 주 용도는 전기전자, 자동차, 멤

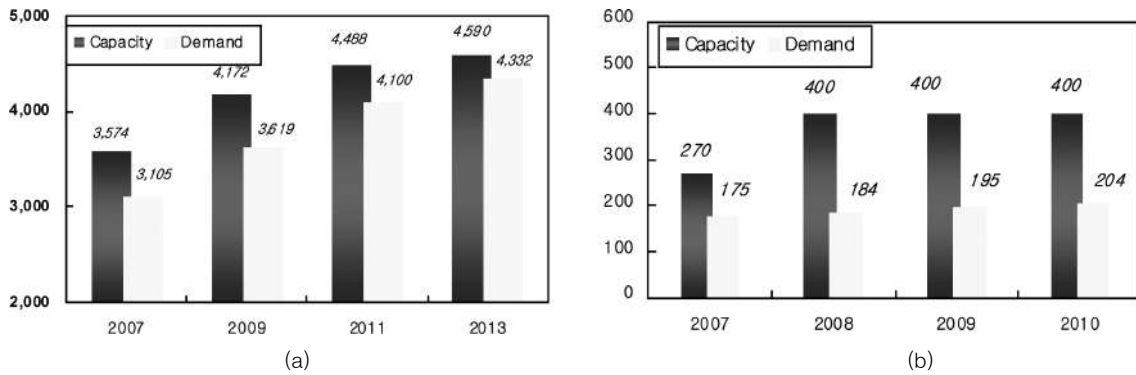


그림 6. 전세계 및 한국 PC 생산량 및 시장 규모(Unit : 1,000 MT). (a) World wide, (b) Korea.⁵

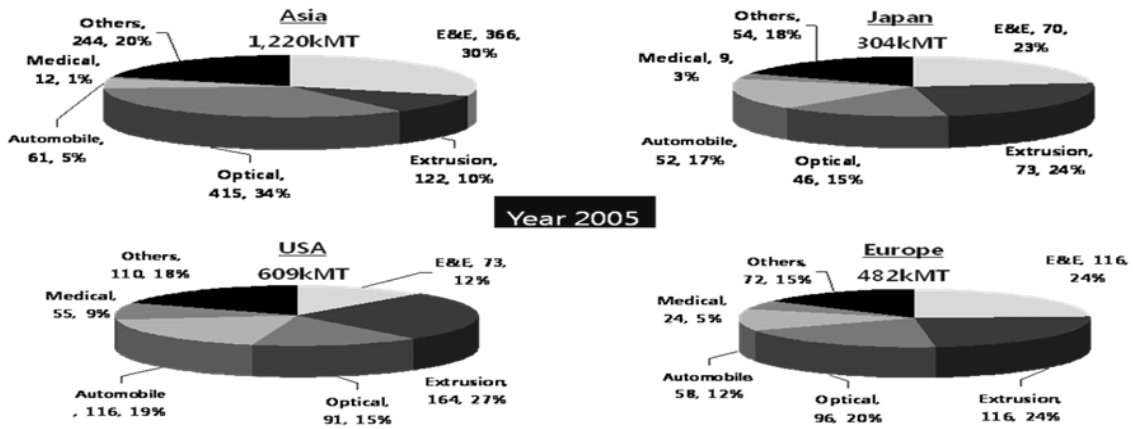


그림 7. PC의 주요 용도.⁵

표 2. PC의 용도, 요구물성 및 적용예

용도(대분류)	요구물성	적용예
전기전자, OA 기기	투명성	CD, DVD용 기재
	투명성, 박판화	Bru-ray disc의 구성 소재, 휴대폰용 키패드의 LED 도파로
	투명성, 내충격성	휴대폰등의 모바일 기기의 윈도우 및 키패드, 터치패널 유리대체용 지지대, 오디오 기기의 윈도우, LCD BLU의 각종 광학필름, 확산판, 반사판, LCD의 위상차필름
	투명성, 내충격성, 대전방지성	LCD module 및 BLU의 트레이, 반도체 칩트레이
	내충격성, 인쇄성, 증착성, 염색성	오디오 및 디스플레이의 칼라 필터, 조명스위치, 릴레이 케이스
	내열성, 인쇄성	명판
	내열성, 난연성	절연필름
	내열성, 난연성, 내충격성	고전압발생장치, 모터의 방폭용 및 조명 하우징
	Alloy (Glass, ABS, PET, or PBT)	가전, 배터리, 모바일 기기의 각종 하우징, 기계부품
자동차	내열성, 투명성, 인쇄성	자동차 계기판
	내열성, 내충격성, 투명성	헤드램프 렌즈, 조명용 내부 렌즈, 선루프, 후면경, 유리대체용 차유리
	Alloy (Glass, ABS, PET, or PBT)	범퍼, 내장재, 도어핸들, 인판넬, 콘솔박스
건축	내열성, 투명성, 염색성	방음벽, 캐노피
기계	투명성	안전창, 소형 부품
의료	투명성, 내열균성	인공투석용도
생활소재	투명성, 염색성, 내충격성	교통 신호등 렌즈, 가라데 마스크, 보안경, 선글라스용 렌즈, 스키고글, 방패, 썬캡, 헬멧, 음료용 용기, 각종 카드의 인쇄용 및 바디 필름, 일회용 종이컵 회수용, 모형자동차, 건보 용 병, 여행용 가방 케이스, 어항

브레인 스위치, 소비재, 의료용 등 매우 광범위하다(그림 3).

특히 범용화되어 있고 PC와 유사한 내열성 및 용도를 갖는 소재로는 나일론, POM, PBT 시장과 경쟁을 벌인다. 그 중에서도 PC의 시장이 31% 정도를 차지하고 있으며 이는 PC 원료가 범용화되어

있고 생산업체가 많아 가격대비 성능이 우수한 소재이다(그림 4, 5).

PC의 전세계 생산량을 보면 과거와는 달리 생산량 자체가 수요를 넘어선 상태이나 생산량과 수요는 계속 증가할 것으로 시장 전문 기관들은 예측하고 있다. 그러나, 국내의 경우에는 PC 수요

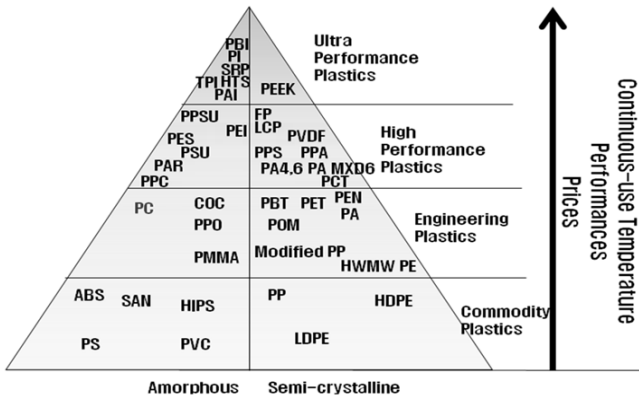


그림 8. 고성능고분자의 성능트리⁸; PS : Polystyrene, PVC : Poly(vinyl chloride), HIPS : High Impact Polystyrene, SAN : Styrene-Acrylonitrile copolymer, ABS : Acrylonitrile-Butadiene-Styrene copolymer, PP : Polypropylene, HDPE : High Density Polyethylene, LDPE : Low Density Polyethylene, HWMW PE : Ultra High Molecular Weight Polyethylene, POM : Poly(oxy methylene), PA : Polyamide, PEN : Poly(ethylene naphthalate), PET : Poly(ethylene terephthalate), PBT : Poly(butylene terephthalate), PMMA : Poly(methyl methacrylate), PPO : Poly(phenylene oxide), PC : Polycarbonate, COC : Cycloolefin copolymer, MXD6 : Meta-Xylylene diamine 6, PPS : Poly(phenylene sulphide), PAR : Polyarylate, PSU : Polysulfone, PES : Poly(ether sulfone), PPSU : Poly(phenylene sulfone), PEI : Poly(ether imide), FP : Fluoro Polymers, LCP : Liquid Crystalline Polymer, PCT : a family of Poly(cyclohexylene dimethyl terephthalate), PVDF : Poly(vinylidene chloride), PEEK : Poly(ether ether ketone), PAI : Poly(amide imide), SRP : Self Reinforced Poly(phenylene), HTS : High Temperature Sulfone, PBI : Polybenzimidazole.

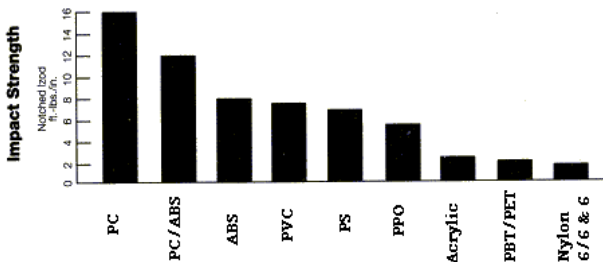


그림 9. 고분자의 내충격성 비교.⁹

를 이끌기 위한 모범팀은 없지만 최근의 PC 원료시장에 제일모직과 호남석유화학이 원료 양산화가 진행되면서 생산량은 수요량보다 매우 많으나 이는 중국시장을 타겟으로 신증설한 것으로 사료된다(그림 6).

4. PC의 용도 및 특징

내열도가 요구되는 플라스틱의 경우 **그림 7**의 경우와 같이 전기전자, 자동차, 의료용, 멤브레인 등에 사용이 된다.

PC의 용도는 **표 2**로 분류할 수 있다.

- 1) 내열성이 우수하다(그림 8)
- 2) PC는 내충격성이 다른 범용소재에 비해 월등히 우수한 특성을 가지고 있다(그림 9).

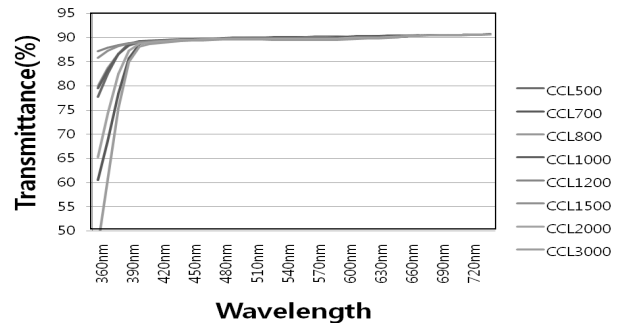


그림 10. PC 필름 및 시트의 두께에 따른 광투과율(CCL : PC 투명필름, + : 마이크론 단위의 두께).

표 3. 고분자의 표면 경도¹⁰

Material	Hardness		
	Rockwell (ASTM D785)		Durometer (ASTM D2240)
	M	R	Shore D
ABS		75-115	
Acetal	94	120	
Acrylic	85-105		
Cellulose		30-125	
PPO	80	120	
Nylon		108-120	
PC	72	118	
HDPE			60-70
LDPE			40-50
PP			75-85
PS	68-70		
PVC (rigid)		115	
PSU	70	120	

3) 광학적 성질이 두께와 상관없이 우수하다(그림 10).

4) 표면경도가 낮다(표 3).

5) 내광성이 약하다(그림 11).

6) 내용제성이 약하다(표 4).¹¹

일반적으로 PC는 물, 알코올, 오일, 염, 약산에 안정하지만 다른 일반 유기 용제에는 취약하다.

5. PC 원료의 기능화

최근의 PC의 용도가 다양해지고 고객마다 다른 신뢰성 결과를 요구하고 있어 단일 성분의 PC로는 성능발현에 한계가 있다. 이 때문에 제 2의 수지를 첨가하여 새로운 기능성을 부여 및 배가시키는 방법과 부족한 물성을 보강하는 방법 등이 오래 전부터 개발되어 왔다.

5.1 복합강화재료의 개발

PC는 열팽창계수가 $70 \sim 80 \mu\text{m/m}/^\circ\text{C}$ ($=\text{ppm}/^\circ\text{C}$)으로 열팽창계수 및 열수축률이 중요한 경우에는 강화재와 무기충진재를 첨가하는 경우도 있다.

현재 상업화되어 나와있는 PC 원료별 특성은 **표 5**와 같다.

5.2 열로이재료의 개발

PC의 단점은 내약품성, 저온내충격성, 성형성, 경량화, 내후성, 표

표 4. PC의 내용제성¹¹

Chemicals	Usage	Chemicals	Usage	Chemicals	Usage
Inorganic		Oil Products		Antistatic agents	
10 % HCl, 10% HNO ₃ , 1% H ₃ PO ₄ ,	O~X	Gasoline	X	Hotac, Antista ADS, Elecnor OR-6	O
10% H ₂ SO ₄ , 10% CH ₃ COOH	O	Kerosene, Gas oil	O~X	Disinfectants	
10% Caustic Soda	△~X	Spindle oil, Open gear oil No. 1	O~△	Decahydronaphthalene	O~X
Saturated KCl or NaCl	O	Swalube RO-10	△	Aqueous Osban, aqueous Hibiten	O
Saturated AlCl ₃	O~X	Mechanic 56, Swalube RO-100, Hydraulic L-150, Mobil Super 10W50, Special-A Turbine oil	O	Detergents	
Saturated. Soda carbonate	△	Grease		Alkali detergent (pH 11)	△~X
Saturated Soda sulfide, Saturated NH ₄ Cl	X	Showa Cup Class-1 No. 3	O~△	Invert soap	O~△
Organic Chemicals		Albania Grease Bo. 3	O~X	Mypet	O
100% CH ₃ COOH	X	Moricoat 44, Silicone YG3058, Grease Max No. 2, Grease Darina 2, Gold No. 2	O	Magiclean	X
100% Formic acid	△	Cutting oils		Bluedia	O
Methanol	△~X	Neocool AP-Cut	O~△	Cosmetics	
Ethanol	O~△	Diatool A-4	O	MG-5 hair tonic and liquid	O
Petroleum benzine	△	Shimiron M, Silicone TSM631, Silicone KM780, Silicone YF3842	O~X	Eroica hair liquid	O~X
Ethyl ether, acetone, eltyl acetate, CCl ₄ , benzene, CHCl ₃ , CH ₂ Cl ₂ , dichloroethane, dioxane, DMF, THF, Toluene, 5% phenol solvent, m-cresol	X	Rust Preventives		Foods	
		Rustfighter, Nonruster	O~X	Whisky, Japanese Sake, Wine	O
		RP-6	O	Sesame oil, Salad oil, Butter	O~△

O : Items usable (Critical stress > 13.7 MPa), △ : Items requiring care in use (Critical stress 9.8~13.7 MPa), X : Items not usable (Critical stress < 9.8 MPa), ~ : Items usage depend on temperature.

표 5. 시장에서 판매되고 있는 PC원료의 첨가제 및 충전제에 의한 분류¹²

Property or grade	Application
Molecular weight control	Extrusion, Injection molding, Blow molding
Impurity and molecular weight control	Optical grade (DVD, CD)
Processing aids	Release agent or processing aids, Primary and secondary antioxidant
Aesthetic	Optical bleach, Colorant
Foam	Foaming agent
Flame retardant	Flame retardant, synergist, antidripping agent (PTFE)
Weatherability	UV stabilizer
Light control	UV absorber, (N)IR, Visible light wavelength selective transmission, Light diffuser
Gamma radiation resistant	
Laser markable	Laser sensitized dye
Thermal control	Thermal spread agent, Thermally conductive agent
Conductive (EMI, ESD shielding)	Carbon fiber, Stainless steel fiber, CNT
Coloring	Dye and pigment
Fillers	Glass fiber, carbon fiber, aramid fiber, fiber mixture
FDA approved	FDA approved additives, low content of BPA monomer

면특성 등의 성능을 개량 및 원가절감을 하기 위해서 부분조성에서 상용성이 있는 PC/ABS, 비상용계의 PC/폴리에스테르 등 PC 엘로이에 대한 상용화기술, 계면제어기술 등에서 연구가 활발하게 이루어지고 있다(그림 12).

PC/ABS 엘로이는 OA기기의 하우징, 카메라 부품, 자동차 내외장재 등의 용도로 사용되며, PC/폴리에스테르는 범퍼, 루프, 사이드가니쉬 등의 자동차 내·외장재에 사용되고 있으며, PC/PS는 광자기 디스

크, 광학렌즈 등의 광학재료로 주목받고 있다. 기타 PC 엘로이로는 내마찰마모성을 개선하기 위한 PC/폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE) 엘로이, 충격강도의 개량을 목적으로한 PC/폴리에틸렌(PE) 엘로이 등이 있다.

PC엘로이는, PC로는 얻을 수 없는 특성을 엘로이를 통하여 단시간에 저비용으로 얻을 수 있다는 점에서 더욱 발전할 것으로 생각되며, 상용화기술과 충격개량기술 개발이 활발해져 보다 고성능의 PC엘로

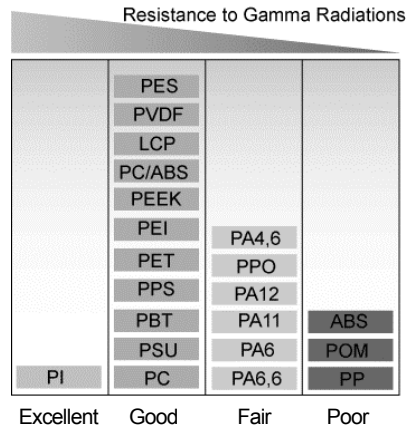
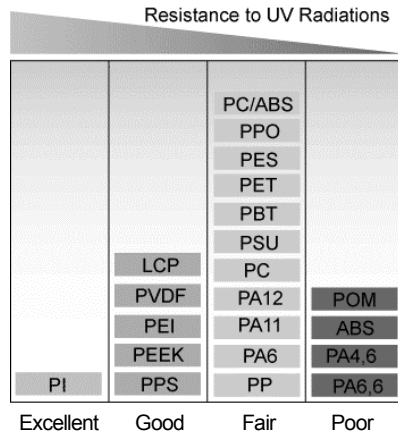


그림 11. 고분자의 내광성 비교.

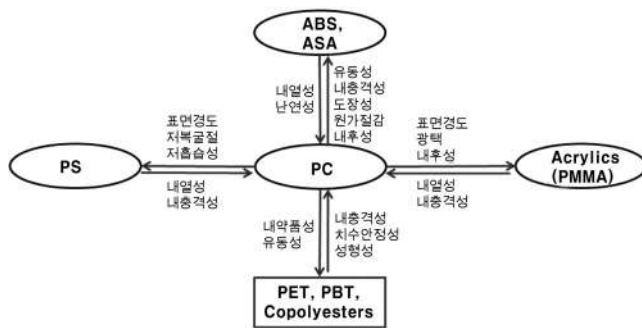


그림 12. PC 열로이 종류.

이의 개발이 기대된다.

5.3 난연재료의 개발

PC는 자기소화성을 가지고 있으나 두께가 얇아질수록 전기 전자 재료로서의 절연용으로 사용하기에는 난연성이 부족하다. PC의 가장 강력한 난연제로는 브롬계열의 난연제 등이 사용되었으나 최근의 REACH 및 각국의 환경유해물질 규제와 맞물려 할로겐 계열 난연제는 사용이 불가능하게 되었다. 이에 각 PC 원료 제조사 및 원료를 이용한 사출 및 압출업체의 경우 비할로겐 난연화를 위한 연구를 하고 있다. 특히 PC의 경우에는 가공온도가 높기 때문에 가공온도에서 분해가 안되고 PC와 섞일 수 있는 난연제로는 현재 인계, 실리콘계열의 비할로겐 난연제가 적용되고 있다.

그러나, 인계열 난연제로 phosphate 계열을 PC에 적용하는 경우에는 보통 난연제 1%당 3 °C T_g 가 떨어지고 두께가 0.25 mm에서 난연성이 나오려면 15% 이상의 난연제를 첨가해야 하나 내열성이 문제가 된다. 또한, 인계열은 전기전자 부품의 기관 사용에는 업체별로 제한을 두고 있으며 이는 인의 반음특성상 수분과 열에 의해 인산으로 화학반응을 일으켜 금속의 부식을 유발할 수 있다.

실리콘 계열의 난연제는 인계열만큼 난연성이 좋지 않으며 UL94 기준상 0.25 mm 이하의 얇은 두께 제품의 경우 VTM-0를 통과할 수 있는 정도의 난연성만 부여된다. 또한, 기본적으로 실리콘과 PC는 상용성이 없으며 PC용 실리콘 난연제의 경우 분산성을 극대화시킨 것으로 보면 된다. 실리콘 난연제의 경우 대부분이 고분자량체라 하더라도 장시간 방치시 표면으로의 migration이 우려가 되기도 한다.

6. PC 필름 제조방법

PC는 우수한 내열성, 내충격성, 투명성의 특징과 박막화의 용이성 때문에 사용량이 점점 늘어나고 있는 추세이다. 1.0 mm 이하의 제품을 기준으로 일반적인 용도를 살펴보면 다음과 같다. PC 필름의 주요 용도는 가전제품의 명판 인쇄용, 인쇄후 열성형하여 모형자동차나 헬멧 등의 적용, PC에 난연성을 부여하여 재단 및 펀칭 공정에 의한 절연용 적용, 하드코팅 등의 기능성 코팅후 오디오, 고글, 모바일 기기의 윈도우에 적용되기도 한다(그림 13).

또한, 평판 디스플레이의 대형화와 관련하여 인버터 등의 고전압이 발생하는 부분의 전기절연성 요구가 크고, 휴대폰 및 모바일기기의 두께가 얇아지면서 소재의 박막화도 매우 중요시 여겨지고 있다.

PC를 연속적인 롤 형태로 필름화하는 방법은 현재 압출을 이용한 방법과 용액캐스팅을 이용하는 방법이 있다.

일반적으로 PC 필름과 쉬트를 구분하는 두께는 0.4 mm 이하의 두께는 필름으로 하고 있으며 그 이상의 두께는 쉬트로 표현한다. 하지만 이는 소재 종류 및 업체마다 틀리다.

다른 필름과 마찬가지로 PC 필름 제조 방법은 용매에 의한 캐스팅(solution casting) 방법과 압출법을 이용한 방법이 있을 수 있다. 용매를 이용한 용매캐스팅(혹은 용액캐스팅)방법은 그림 14와 같다.

용매 캐스팅법은 캐스팅 서포트, 캐스팅 기계, 다이(캐스터), 건조기, 용매회수장치 등으로 크게 나눌 수 있다. 19세기 말부터 박판필름의 제조 기술의 개발은 당대의 영화 및 사진용 필름과 밀접한 관계를 가지고 있었으며 Kodak에 의해 200 피트 길이의 유리판에 의해 단속식으로 생산되었다. 그 이후 단속식 제조법은 생산성 등의 효율, 재현성 등의 문제 때문에 지금은 대부분의 회사들이 연속식 방법을 채용하고 있다. 기본적으로 용액캐스팅법이 적용되기 위해서는 플라스틱은 반드시 물을 포함하여 휘발성 용매에 녹아야 하고, 안정한 용액이 되기 위해서는 적당한 농도와 점도를 가져야 하며, 특히 용매가 휘발되면서도 균일한 용액이 되어야 하고 캐스팅 서포트로부터 이형이 잘 되어야 한다(표 6).

특히 공정상 발생될 수 있는 많은 문제점을 해결하기 위해, 공용매(cosolvent), 용해시 가압, 특수한 분자량분포나 공중합체 사용 및 기타 가소제나 이형제 등의 첨가제를 사용한다. 용액캐스팅법의 큰 차이점은 캐스팅 서포트에 있으며 이는 고분자, 제조사의 종류에 따라

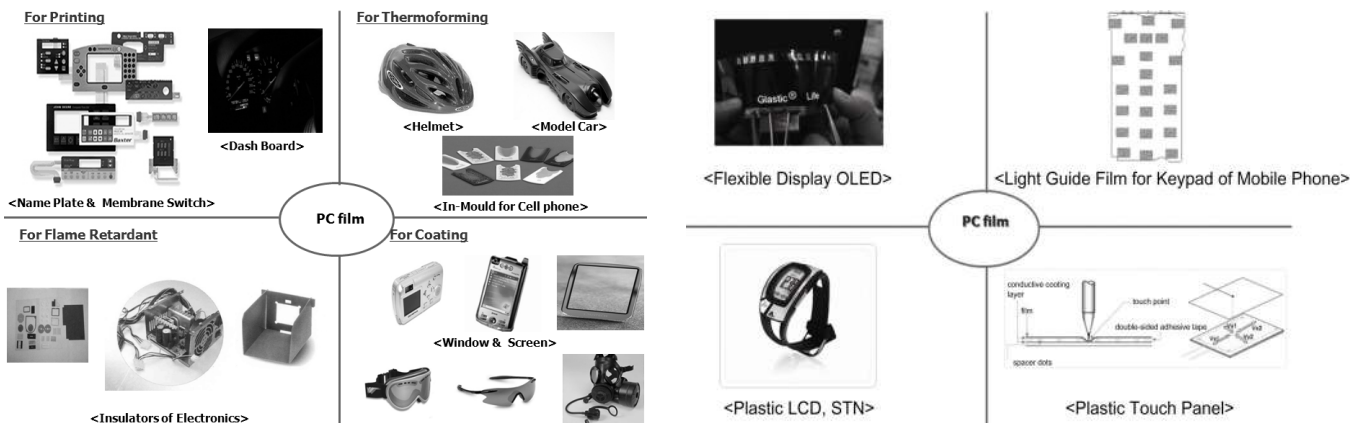


그림 13. PC필름 및 쉬트의 용도.

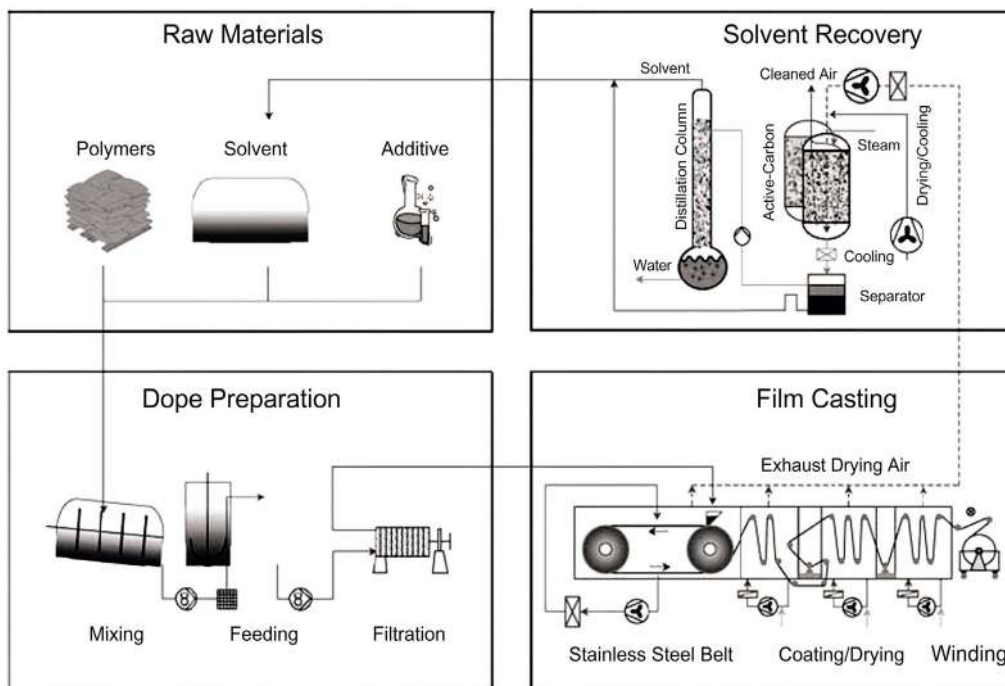


그림 14. 용매캐스팅법 모식도.¹³

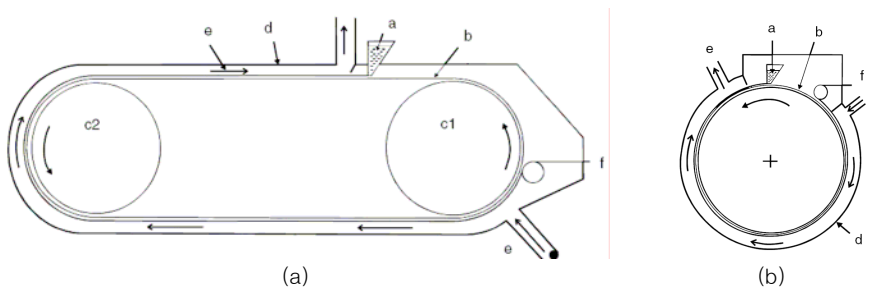


그림 15. 용매 캐스팅법의 종류. (a) 벨트법(a=caster, die, hopper, steel belt, c1=support drum, c2=rear support drum, d=belt channel, e= rying air, f=film take-off) and (b) 드럼 캐스팅법(a=caster, die, hopper, b= drum surface, d=drum channel, e=drying air, f=film take-off).

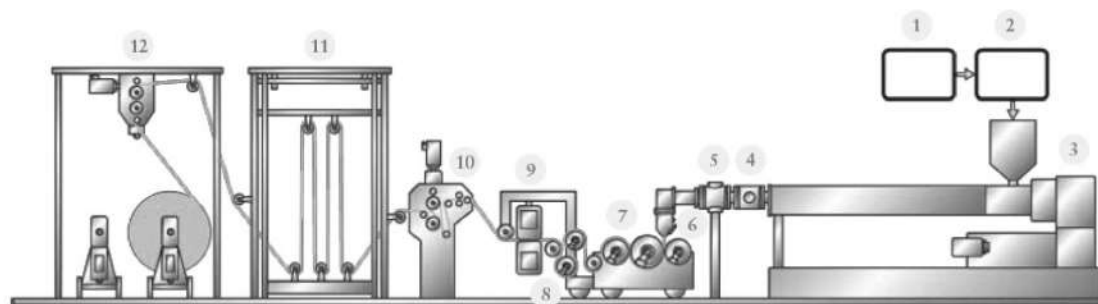
다르다(그림 15).

용매캐스팅의 장점으로는 균일한 두께분포, 우수한 광학적 성질(투과율, 헤이즈), 우수한 광학적 순도 및 무결점 필름, retardation이 매우 낮은 등방성, 평탄한 필름, 기계적으로나 열적으로 예민한 소재에

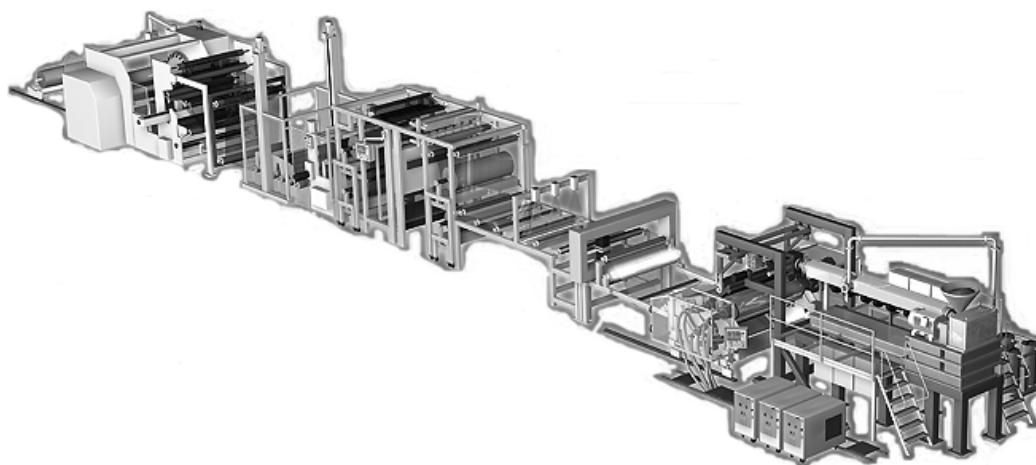
쉽게 적용이 가능하며 내열성고분자라 하더라도 용매에 녹기만 하면 적용이 가능하다. 단점으로는 용매의 확산 속도에 의존하기 때문에 생산성이 낮고 용매를 회수하는 거대한 장치 및 에너지가 필요하며 용매를 취급하기 때문에 사고시 화재나 환경유해성이 높은 제조 방

표 6. 용매 캐스팅법이 가능한 고분자/용매 시스템

Cellulose Nitrate	Ether, Esters	PI	DMF
Cellulose Diacetate	Acetone, Methanol	PVA	Water, Methanol
Cellulose Triacetate	Methylene Chloride, Alcohols	Methyl Cellulose	Water
Polycarbonates	Methylene Chloride	Starch Derivatives	Water
Polyether Sulfones	Methylene Chloride	Gelatine	Water, Methanol
Polyether imide	Methylene Chloride		
Polyvinylidene Fluoride	Acetone		
PVC	THF, MEK		



(a) 압출라인 모식도¹⁴ : 1. Resin transfer system, 2. Dryer, 3. Extruder, 4. Screen Changer, 5. Melt pump, 6. Die, 7, 8. Cooling roll, 9. Thickness measuring system, 10. Haul-off and Masking roll, 11. Accumulator, 12. Winder



(b) 독일 브라이어 압출라인 사진.

그림 16. 압출라인 모식도 및 사진.

법이다.

특히 디스플레이의 광학용 필름인 TAC 필름 등과 같이 고온의 유리전이온도나 용융온도에서 분해가 일어나 압출가공이 불가능한 경우에 적용되며 PC와 같이 광탄성계수가 커서 압출가공중 불균 일한 스트레스나 압력전달에 의해 광학적 이방성이 쉽게 발생하는 경우 용매캐스팅법을 사용한다.

7. PC 필름 압출

보통 압출이라 함은 열과 압력을 이용해서 수지에 흐름성을 부여하여 단면 형상이 일정한 다이를 통해서 나온 용융수지가 냉각장치를 통

해서 단면적이 일정한 고화된 형태의 제품이 만들어지는 공정을 이른다.

일반적인 PC용 압출라인의 구성은 다른 소재의 압출기와 마찬가지로 지이지만 기본적인 시스템은 다음과 같이 이루어진다(그림 16).

- 1) 원료 탱크를 포함하여 원료를 이송하는 이송시스템(Resin transfer system),
- 2) 원료를 제습건조하는 제습기(Dehumidifier or dryer),
- 3) 원료를 열과 압력을 통해서 흐름성을 부여하는 압출기(Extruder),
- 4) 용융수지내에 포함된 기포 및 수분을 제거하는 진공장치(Venting system),
- 5) 용융수지 내에 포함된 내외부 이물, 미용융물을 거르고 후단의 기계를 보호하기 위한 스크린 체인저(Screen changer),

표 7. PC용 압출기의 사양

설비	요구사항	내용
1. 압출기	압출안정성	· 수지용융 개시점인 feeding zone 온도의 안정화 · 기어펌프 입구 압력과 스크류의 PIC 연동에 의한 기어펌프 출구 압력의 변화가 ± 0.1 MPa이내에서 제어되어야 함
	저온압출	스크루 중간부에 높은 혼련부분 설치하여 교반 및 분산이 가급적 낮은 온도에서도 가능한 스크루 디자인 필요
2. 스크린 체인저	잔유물 고립장소 배제	압출공정 중에도 라인을 멈추지 않고 배위가 교환가능하게 디자인하고 수지 통로내에 용융수지의 장시간 정체에 의한 장소를 최소화
3. 기어펌프	잔유물 고립장소 배제	평기어의 채용으로 날깊이를 줄임 수지가 오래 머물지 않게 하고 베어링이나 축부분에서 머물러 있는 수지는 외부로 배출하는 타입으로 적용하며 외부의 습기나 기체가 내부로 들어가는 것을 방지.
4. 다이	Die lip면의 평활도	다이립의 출구에 눈모양, shark skin, melt fracture가 발생이 없어야 함. 립 끝부분의 R값을 작게 하고 0.01~0.03 mm이 되게 함. 균일한 흐름을 얻기 위해 높은 정밀도의 표면조도가 요구됨($R_{max}=0.06 \mu m$) 카트리지타입의 히타를 채용함으로 유지보수가 용이함과 동시에 폭방향의 세분화로 hot spot(과열부)이 없게 함
5. 냉각롤 시스템	롤 거울면정밀도	표면의 평활성을 확보 - $R_{max}=0.1\sim 0.07 \mu m$ 이하
	롤온도 균일성	Drilled roll의 채용으로 롤폭방향의 온도 분포의 균일성확보
	기계적강도	Drilled roll의 채용으로 고강성을 얻을수 있으며 박막부터 후막까지 광범위하게 조작성을 확보 가능
	롤 주축 변동	특수감속기의 채용으로 고정도의 롤 각속도 변동률을 확보
	롤 진동	높은 정밀도의 베어링의 강성프레임으로 8 μm 이하
	높은 정밀도 베어링의 채용	기존의 베어링에 radial 타입을 사용하여 원활한 롤 회전을 얻는다.
6. 냉각롤 가열 및 냉각장치	균일냉각	대용량의 medium의 순환에 의한 열교환용량의 향상 높은 온도성형시 mild한 온도제어로 온도의 헌팅방지(3방향냉각방식 채용)
	롤라 조도	쉬트의 고화상황에 합당한 롤라조도의 채용
7. 롤라테이블	냉각방식	전반부의 롤라에 강제냉각기 부착(PMMA의 경우)
	부상방지	쉬트의 부상을 방지하는 것으로 평활한 회전을 확보하며 전반부에 tendency 구동 메커니즘 채용
	균일냉각	공랭 존에서 쉬트 양면에 균일한 냉각을 얻기 위해 테이블상하를 닫는다
	안정반송	성형쉬트를 절단적재기에 도달하는 과정에서 균일한 장력을 유지
8. 기타 부속 설비	절단후 이물의 배제	트리밍시 발생하는 이물을 강력하게 흡입할 수 있는 집진기 필요

- 6) 용융수지를 다이쪽으로 정량으로 보내주는 기어펌프(Gear pump),
- 7) 용융수지의 필름형상을 만들어주는 T-다이(T-die),
- 8) 다이에서 나온 용융수지를 냉각시켜 원하는 두께로 필름화시켜주는 냉각롤(Cooling roll unit),
- 9) 냉각된 필름의 표면보호를 위해 보호필름을 입히는 보호필름 합치 시스템(Masking system),
- 10) 보호필름 합치후 양쪽 끝을 잘라주는 트리밍 장치(Trimming unit),
- 11) 최종 필름으로 감는 와인더(Winder)

그러나, 최근의 PC 필름의 경쟁력을 가지려면 다음과 같은 설비를 추가적으로 설치한다.

1) 박판 PC 필름의 경우 외부이물 및 외부 온습도 등의 환경 변화에 의한 공정불량을 해결하기 위해 압출설비를 항온항습 조절이 되는 크린룸에 설치

2) 원료의 제습 건조시 운송중 미세 분말이나 기형의 펠렛 등이 제거가 되나 최종 압출기로 펠렛이 들어가기 전에 압출기 barrel과 screw flight 사이의 clearance보다 작은 경우에는 미용융물의 형태로 제품의 결점으로 작용이 되는데 이러한 분진을 제거해주는 분진제거기(deduster)를 설치

3) 제품의 첨가제를 첨가하거나 칼라를 구현하기 위한 마스터배치

투입장치인 side feeder 설치

4) PC 블렌드의 경우 각 수지와와의 비열차이에 따른 용융시간 차이, 각 블렌드 수지의 내열도 차이에 따른 feeding 존에서의 용융수지 점착현상에 의한 서징의 형태로 나타나기 때문에 피딩존의 온도를 강제 냉각시킬 수 있는 스크루 냉각장치나 각 수지에 맞는 전용 스크루를 구비

5) 용융수지의 고온에서 장시간의 열이력에 의한 미세한 겔, 탄화물 등을 제거하기 위한 추가적인 필터링 시스템(Melt filter) 적용 및 설치

6) 기어펌프에서 나온 수지의 내부와 외부 수지 온도의 편차를 최소화하기 위한 교반장치(static mixer) 설치

7) 다이의 위치에 따른 두께조절 용이성과 미세조절을 용이하게 하기 위해 두께측정기와 다이볼트의 위치를 결합하여 다이볼트의 가열 및 냉각에 따른 볼트의 팽창 및 냉각에 따른 다이 립 간격을 조절할 수 있는 자동다이(Automatic die) 설치

8) 다이에서 나온 용융수지가 냉각롤 사이에서 뱅크(bank)를 생성할 때 위치에 따른 뱅크의 온도를 적외선 센서로 측정해서 뱅크의 사이즈를 유추하며 두께편차나 스트레스를 단시간내에 최소화시킬 수 있는 뱅크 크기 측정 시스템(Bank monitoring system)

9) 압출기를 장시간 사용하게 되면 다이에서 나온 fume(첨가제, 모

표 8. 압출필름 및 쉬트의 최근 동향

경향	기능	방법
치수	박막화, 광폭화	제품의 무게감량 및 슬림화 제품 제조 공정상 생산성 및 수율 향상
원료	복합화, 기능화	물성향상을 위한 유무기 소재 첨가, 제 2의 고분자와 블렌드, 열성형성 내후성, UV 차단성, 레이저감응형, 광/열 감응형, 난연성
용융(다이시스템)	다층화	각 소재의 장점 채용
냉각(냉각롤 시스템)	패턴화	단순 압출 제품에서 일정한 패턴 및 엠보화에 의한 기능 부여
후공정	융복합화	인라인 코팅, 열성형, 라미네이션 등

노머, 올리고머, 고온공정에 의한 고분자 분해물질 등)에 의해 냉각롤에 응축이 되어 제품에 표면품질이나 헤이즈 등의 광학적 성질 저하를 유발시키는데 이들 fume을 생성 즉시 제거하는 흡제거 장치(fume removal system)

10) 제조된 필름의 품질관리를 위한 인라인 두께 측정기(Thickness measuring system)와 이물검사기(Flaw inspection system)를 설치

그러나, 압출제품의 품질향상은 상기 내용의 설비를 준비한다고 해서 모든 것이 해결되지는 않으며 경험적인 노하우 및 끊임없는 공정 개선 작업이 필요하다.

보통 PC 압출라인 제조사의 압출기 관련한 스펙을 살펴보면 표 7과 같이 정리할 수 있다.

고전적인 의미의 압출제품은 불특정 다수의 고객을 위해 필름이나 쉬트를 제조해서 보호필름을 합치후 필름이나 쉬트의 형태로 제조를 하거나 일부 고객을 위해서는 치수의 변경이나 색상부여를 한 것에 불과했다. 그러한 시장은 부가가치가 높지 않으며 부가가치를 부여하기 위한 노력이 많아지고 있다.

압출필름 및 쉬트의 최근의 경향을 종합해 보면 표 8과 같이 최근의 다른 분야의 기술트렌드와 마찬가지로 기술의 박막화, 복합화, 융복합화로 표현할 수 있다.

압출쉬트의 용도별로 적용되는 주요 기술들을 살펴보면 다음과 같다.

7.1 박판화 방법

박판의 PC 필름을 제조하는 압출방법은 냉각롤의 역할 및 메커니즘에 따라 chill roll 타입과 calendar roll 타입으로 구분한다. 또한, chill roll 타입은 캐스팅 타입이라고도 하며 calender roll 타입은 polish 타입이라고 한다. 캐스팅 타입은 한 개의 냉각롤을 사용하여 필름을 형성하기 때문에 제품에 스트레스가 발생하지 않으나 보통 20~200 μm 두께의 필름 생산에 적합하다. 냉각롤 접촉면과 접촉하지 않은 면의 조도차이가 발생할 수 있다(그림 17).

반면, 칼렌더링 타입은 2개의 냉각롤을 사용하기 때문에 제품의 표면이 우수한 평탄도를 가지나 스트레스에 의한 이방성의 제품이 얻어질 가능성이 커 캐스팅방법 보다는 두꺼운 70 μm 부터 수 mm까지 생산이 가능하다. 제품의 유연학적 특성, 두께, 단층 혹은 다층 필름이냐에 따라 그림 18과 같이 냉각롤의 배열 방법이 다를 수 있다.

주로 등방성의 광학용 필름에 적용되는 방법은 칼렌더링 타입의 양면 폴리시 타입이 적용되나 100 μm 이하의 제품에 적용시 냉각롤, 하우징, 베어링 등에 걸리는 압력이 상대적으로 커서 롤의 휨변형에 의한 강도문제, 롤의 도금 및 연마 가공 정밀도, 베어링의 정밀도 등에

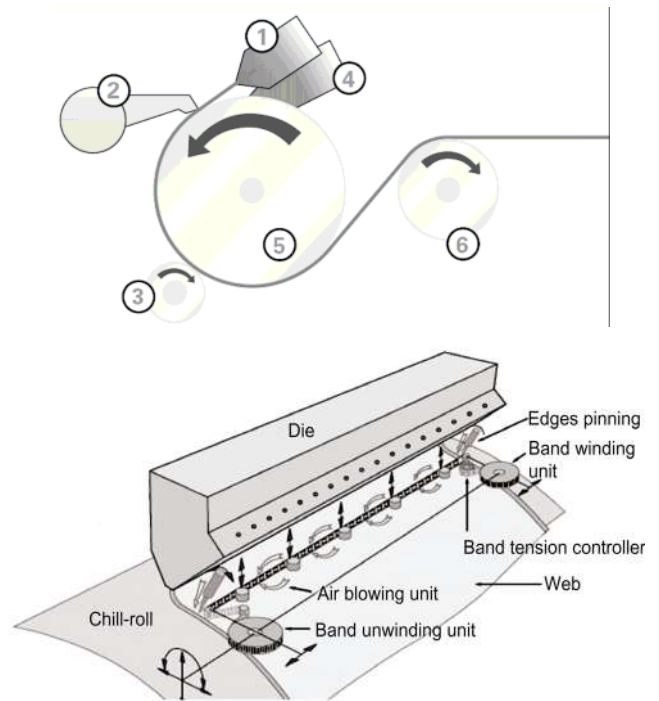


그림 17. Chill roll process(1: Die, 2:Air knife, 3:Cleaning roll, 4: Vacuum box, 5, 6:Chill roll).^{16,17}

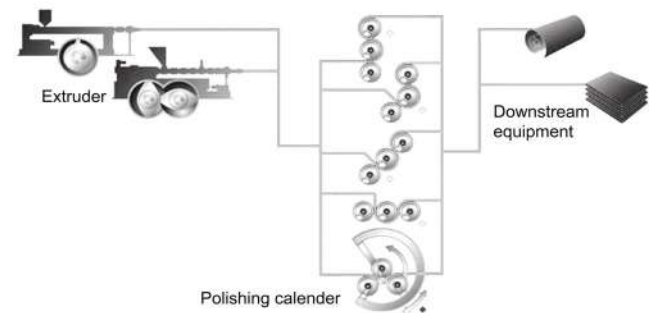


그림 18. 칼렌더링 타입의 냉각롤의 배열 방법.¹⁸

의해 물과 물이 부딪히는 현상 및 품질 문제를 발생시킬 수 있다.

즉, 박판필름용 압출기는 냉각롤 시스템의 구동부의 정밀도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 또한, 양질의 PC 박판필름을 얻기위서는

1) 박판전용 특수 다이가 필요하며 박판의 경우 라인스피드가 매우 빠르기 때문에 인라인 두께 측정기와 다이의 다이볼트와의 신호에 의한 두께 조절이 필요하며 다이볼트의 다이 립(die lip) 열림과 닫힘은 메커니즘에 따라 생산성, 재현성 등이 결정된다.

2) 박판 제품의 경우 다이에서 토출되어 나오는 수지의 양이 균일해야 하며 롤 사이에서의 용융수지 뱅크가 매우 작기 때문에 롤 장치 및 기어펌프에서 발생하는 여러 종류의 진동에 민감하기 때문에 정밀도가 높은 소재의 사용이 필요하다.

3) 롤 갭 간격도 매우 중요하기 때문에 롤 갭 조절 장치의 메커니즘도 고려를 해야하며 마찬가지로 정밀도가 높아야 한다.

보통 박판의 용도는 일반 두께감소에 의한 원가절감에 의한 1) 인쇄용, 2) 휴대폰 키패드의 도파로, 3) 포인트나 신용카드의 overlay, 인쇄, 레이저 인그레이빙 필름에 적용되며, 4) 연신방법에 의해 제조

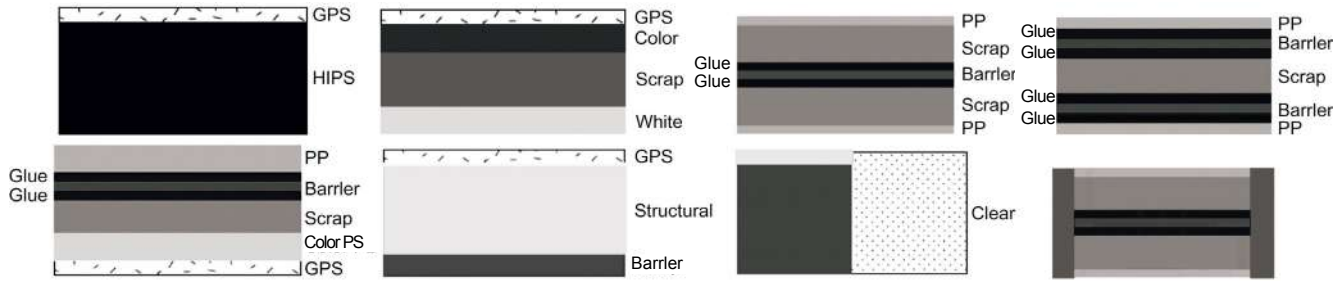


그림 19. 범용 플라스틱의 공압출 구조.¹⁹⁾

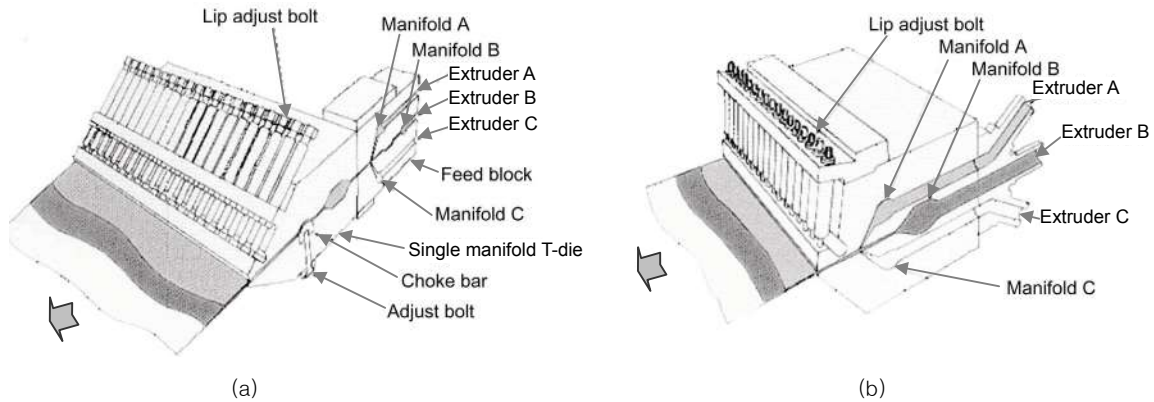


그림 20. 공압출이 가능하게 하는 방법. (a) Feed block type, (b) Multi-manifold type.²⁰⁾

된 수 μm 의 필름의 경우는 필름캐퍼시터 용에 적용된다.

7.2 공압출 필름

1960년대 공압출 기본이론이 확립되었고 시장의 물성 요구가 복잡화되어 단일 수지로는 대응하기 어려워졌고, 1979년 Cloeren사가 피드블럭을 시장에 내놓은 이후로, 새로운 장치와 재료의 개발에 의해 비교적 간단하게 조작이 가능하여짐에 따라, 공압출 제품의 신장은 수년간 급상승하게 된다. 1970년대에 상업생산이 시작되고, 1980년대 개화기를 맞이한 공압출은 1990년대는 공압출의 이상을 실현하는 기간에 해당한다고 볼 수 있다. 공압출제품은 플라스틱 시장에서 신소재로서 완전한 자리매김을 하였으며, 가속도적으로 시장점유율을 높여왔다. 공압출중에서 공업용 다층시트는 금속이나 목재를 대신하는 옥외용 건축재료 및 간판, 지붕재, 식품용기, 고충건축물의 창유리용 다층시트로 다양한 용도개발이 이루어져왔으며, 앞으로도 큰 시장으로서 기대되고 있는 분야이다(그림 19).

마찬가지로 PC 박판필름의 경우도 PC의 장점과 다른 소재의 장점을 부가하는 “1+1”의 물성을 요구하고 있으며 보통 후판의 전자재 슈트에서 요청하는 물성을 박판에도 요청하고 있다. 그러나, 불행히도 대부분의 고분자 썬들은 상용성이 없어 “1+1- α ”의 물성을 감수할 수 밖에 없으며 대표적인 물성감소 부분이 광학적인 성질 즉 투명성이 저하된다는 것이다. 이를 극복할 수 있는 방법이 공압출을 이용하는 방법이 있다.

그림 20에서와 같이 feed block type은 feed block을 통해 다층의 고분자 용융수지가 다이로 들어가기전에 미리 합쳐진 후 다이를 통해 수지가 나오는 것이며 Multi manifold는 다층이 가능한 유로가 다이 내부에 만들어져서 수지가 나오는 것이다. 표 9에서와 같이 광학용의 경우에는 multi-manifold 타입을 적용해야 하지만 투자비가 많이 드

표 9. 피드블럭과 매니폴드 타입 장단점 비교

물성	Feed block	Multi-manifold
각 층의 두께편차	$\pm 10\sim 15\%$	$\pm 3\%$
공압출 개조 비용	싸다 : feed block+서브압출기	비싸다 : 다이+서브압출기
수지선정	유변학적 거동 및 가공온도가 비슷한 수지	Feed block 보다는 수지 및 가공온도 부분에서 자유로움

는 문제점이 있다.

PC 필름의 대표적인 공압출 제품중에 PMMA/PC/PMMA 구조가 있다. PC의 장점인 내열성과 내충격성에 PC의 단점인 표면경도와 옥외에서의 내후성을 보강해주는 방법으로 주로 휴대폰과 같은 모바일 기기의 키패드나 윈도우, 도로교통 표지판용 필름 등으로 사용이 된다. 그러나, 단순히 공압출기만 가지고 있다고 해서 해결되는 부분이 아니고 PC/PMMA의 계면에서의 상분리 현상 때문에 헤이즈가 높아질 우려가 있어 각 층 소재의 유변학적 성질, 상용성을 위한 첨가제 조절이 필요한 기술이다(표 10).

7.3 편광렌즈용 필름 및 슈트

최근 대부분의 보안경을 포함하는 안경이나 선글라스용 렌즈는 깨졌을 경우에 안전성 및 무게 때문에 플라스틱 렌즈로 바뀐 것은 누구나 인지하고 있는 사실이다. 우리가 실생활에서 사용하는 선글라스용 렌즈의 경우 눈에 미치는 태양광의 입사량을 조절하기 위하여 코팅, 압출 및 사출공정 중에 안료나 염료를 첨가한 칼라 렌즈와 편광원리를 적용한 편광렌즈가 있다.

일반적으로 선글라스를 사용하는 경우 눈에 도달되는 빛의 양이 줄어들어 물체들의 시인성이 좋고 눈의 피로를 덜어주는 역할을 하는 것은 같으나 차이점도 있다. 일반 칼라렌즈는 빛의 양만 조절하는 것이

표 10. PC, PMMA, PC/PMMA 공압출 제품의 물성 비교

Property	Test Method	Unit	D02/D22	PC	PMMA
Light Transmittance	ISO 134768-1	%	91~92	90~91	91~92
Pencil Hardness	JIS K5400	—	H	2B	2H
Haze change (ΔH)	Taber Test (JIS K6735)	%	20~25	40	20
	Steel Wool Test (MGC Method)	—	9	10	9
Tensile Strength at Yield	ISO 527-1~3	MPa	62~67	59~69	54~76
Tensile elongation at Break	ISO 527-1~3	%	20~40	60~120	2~7
Izod Impact Strength (Notched)	ISO 180	J/m	70~100	75~100	1.6~2.2
Falling Dart Impact Strength	RT	J	23~27	92	4~5

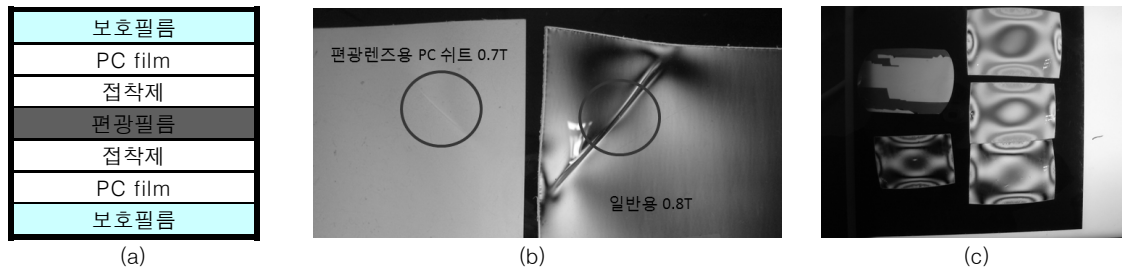


그림 21. 편광렌즈 및 일반용 PC 필름 비교. (a) 편광렌즈용 필름 구조, (b) 편광렌즈용 및 일반용 PC 쉬트의 folding후의 편광 사진, (c) 실제 렌즈 형태로 성형후의 편광 사진(왼쪽 상단은 실제 편광렌즈).

지 눈부심까지 막아 주지는 못한다. 그러나, 편광렌즈는 한 쪽 방향의 가시광선, 난반사나, 자외선 등의 유해광선을 차단시켜 눈의 피로를 덜어준다.

보통 편광렌즈에 적용되는 필름의 구조는 다음과 같다. 용도에 따라 후공정으로 필름 표면에 여러 가지의 하드코팅, 대전방지, 오염방지, 김서림방지 등의 기능성 코팅이 이루어진다. 렌즈를 제조하는 방법은 1) 쉬트 PC 필름과 편광필름을 접착제를 이용하여 합지를 한 후, 2) 일정한 mold를 이용하여 열을 가하여 렌즈형태로 곡면을 주게 된다.

열을 이용한 곡면가공후 레인보우와 같은 색차가 나타나며 보통 dazzling 현상이라고 한다. Retardation이 낮은 경우에는 열성형시 retardation의 왜곡에 의해 dazzling 현상이 심해지나 retardation이 높은 경우에는 열성형시 열이력에 의한 dazzling 효과는 크지 않다 (그림 21).

편광렌즈용 PC 필름의 제조방법은^{21,22} 특허상 일반 PC 쉬트를 인라인 및 오프라인에서 0.4~1.0mm 두께의 쉬트를 1.2~2.0배 연신하여 retardation 값을 2,000 nm 이상 유지해야 하는 것으로 알려졌다. 특히 압출공정중의 연신은 냉각물과 홀오프롤의 주축 차이를 이용하여 연신한다.

7.4 Blu-Ray Disc용 광학필름

일반 CD나 DVD는 저장된 데이터를 읽기 위해 각각 750 nm, 650 nm 파장의 적색레이저를 사용한다. 그러나, 최근에 각광을 받고 있는 블루레이 디스크는 405 nm의 청색 레이저를 사용한다. 비록 CD, DVD, BD의 직경이 12 cm 로 같지만 BD의 경우에는 20 GB 이상의 데이터를 저장할 수 있다(그림 22).²³

이는 기존의 CD, DVD의 경우 사출을 이용하여 제작했지만 BD의 경우 0.1 mm 이하의 광학용 필름이 적용되고 있다. 이 광학용 필름의 주요 특징은 PC를 원료로 하고 광학필름 수준의 retardation과 두께편차가 매우 작아야 한다. 주요 스펙은 표 11과 같다.

여기서 중요한 압출기술이 포함되어 있다. 기존의 단순한 두께만 맞

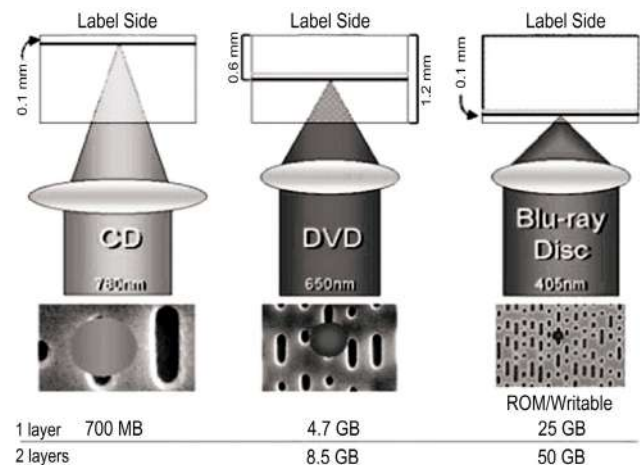


그림 22. CD, DVD, BD의 기본 개념.

표 11. BD용 PC 필름의 물성

Properties	Unit	BD Spec	Teijin ²⁴	Degussa ²⁵
Manufacturing Process			Extrusion and Solution Casting	Extrusion
Thickness	μm		90	90
Thickness variation	μm	± 2	± 1	± 1.5
Retardation	nm	< 30	< 5	< 15
Light transmission	%		89 at 405 nm	
Refractive index	—		1.621 at 405 nm	
Surface roughness	nm		< 1	
Modulus	GPa		1.80	

는 박막필름이 아닌 두께편차, 광학적 성질, 이물 등을 광학용 필름 수준 이상으로 만족을 시켜야 한다. 이 부분을 개선하기 위해서는 원료의 유변학적 접근과 원료에 따른 다이의 최적화된 디자인이 필요하고

표 12. 고성능 투명 광학용 고분자의 물성비교²⁶

Property	Unit	PI	PEN	PET	PSF	PES	PC	HTPC	PMMA	COC	COP	Polyarylate		Glass
						Glastic SCL+	Glastic CCL+		Glastic MCL+	Zeonor	Appear 3000	Arylite	Ardel	
Density	g/cm ³	1.43	1.36	1.40	1.24	1.37	1.20	1.17~1.19	1.15~1.19	1.02	1.16	1.21	1.21	2.50
Transmittance	%		89	90	88	88	90	90	92	91	91	86	87	90
Photoelastic coefficient	10 ⁻¹² /Pa						66~70	39~50	-4.5~-4.8	-2~-7				
RI		1.70	1.50	1.59	1.63	1.65	1.59	1.61~1.62	1.49	1.53	1.52	1.64	1.61	1.52
Tg	℃	>380	121	78	190	225	145	151~187	101	60~180	330	330	190	>520
Tm	℃	—	269	258										
CTE	ppm/℃	16~38	11~13	11~15	51	55	70	70	80	60	74	53	110	9
Thermal Conductivity	W/m/℃	0.12~0.30	0.50	0.15~0.40	0.26	0.18	0.20		0.19	0.13~0.16			0.21	0.80
Water Absorption	%	1.3~2.9	0.30	0.40	0.22	0.61	0.20	0.12~0.18	0.30	0.01		0.40	0.26	
Self Extinguishable		0	X	X	0	0	0	0	X	X	X	0	0	0
Dielectric Constant		3.2~3.5 (1MHz)	2.9~3.0	3.0~3.2	3.18~3.19	0.52~3.55	3.00		3.10	2.20	4.10	3.00	3.32	

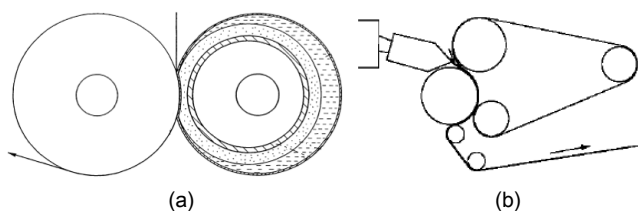


그림 23. Flexible roll 적용 예. (a) flexible roll 적용 예, (b) belt type 적용 예.²⁷

고온의 압출공정에서 발생할 수 있는 외부이물, 겔, 탄화물, 기포 등을 개선할 수 있는 용융수지 필터 및 공정기술이 있어야 한다. 특히 제품의 표면조도, 두께편차, retardation의 주요 결정은 냉각물에서 결정이 된다. 두께가 두꺼운 필름의 경우에는 압출다이와 원료의 유변학적 설계에 의해 충분히 개발이 가능하지만 박판필름의 경우에는 물과 물의 충돌에 의한 문제점이 있어 기존 압출라인의 운용에 많은 제약이 따르고 있다. 물론 광탄성계수가 작게 분자설계된 원료나 PMMA, COC 등은 온도나 냉각물 사이에서의 बैं크 사이즈에 의해 retardation에 크게 영향을 받지 않는다(표 12).

그러나, PC나 PES와 같이 광탄성계수가 큰 수지의 경우 박판에서 retardation을 낮출 수 있는 방법은 원료나 다이 설계와 함께 어떤 롤 시스템을 사용하느냐에 의해 좌우된다. 압출라인 제조사에 따라 압출기, 진공시스템, 기어펌프, 스크린체인저 등은 크게 다르지 않으나 다이시스템과 롤시스템은 압출라인 제조사에 따라 다양 각색이다. 그 중의 대표적인 부분이 flexible roll, flex roll, UF roll, ultra elastic flexible roll, sleeve touch roll 등의 이름으로 불려지고 있다.

이들 롤들의 특징은 냉각물 사이에서 균일하고 쉽게 बैं크를 조절할 수 있다. 두꺼운 쉬트 생산시에는 냉각물 사이에서 큰 बैं크가 쿠션 역할을 해서 생성되는 힘을 분산시킬 수 있으나 박판필름의 경우는 쿠션역할이 없어서 flexible롤을 도입하여 냉각물 사이에서 발생되는 과도한 힘을 분산시키는 방법으로 닿는 접촉면을 크게 하는 것이다(그림 23).²⁸

일반적으로 (a)의 경우와 같이 냉각물 구조자체가 탄성을 지니게 디자인해서 냉각물 사이에서 용융수지와 닿는 면적을 크게해 힘을 분산시켜 retardation을 낮추는 방법이 있다. (b)의 경우는 접촉면

을 극대화하기 위해 벨트를 이용하는 방법도 적용되고 있다.

7.5 패턴화방법에 의한 필름 제조

일반적으로 압출제품의 패턴화와 관련하여 가장 일반적인 패턴은 PC필름의 표면의 엠보화이다. 엠보화를 하게 되면 스크래치 소스와 PC필름 면의 마찰을 최소화하여 PC인 단점인 표면스크래치를 개선하고 보호필름을 없애서 원가절감에 기여할 수 있고 또한 외관상 무광효과를 주어 고급스런 느낌을 주게 한다. 또한, 롤 표면에 인위적인 스크래치를 부여하여 헤어라인과 같은 수려한 무늬나 프리즘 필름이나 렌티큘러 필름과 같이 일정한 패턴을 롤에 부여하여 압출하게 되면 광학필름도 제조가 가능하게 된다.

그러나, 일반 코팅방법에 의해 형성되는 패턴과는 달리 압출공정은 고온 및 고압에 의해 필름이 성형되기 때문에 전사율을 높이기 위한 원료의 유변학적 조절, 롤 구조, 압출속도 등을 고려해야 한다.

8. 결론

최근의 국내의 가전, 반도체, 디스플레이 등의 소위 첨단산업은 소형화, 박형화, 슬림화, 경량화의 트렌드이지만 고분자 가공 중에서도 압출을 첨단산업이라고 지칭하는 사람은 없다. 오히려 압출라인은 더 커지고 복잡해지는 추세이다. 하지만, 우리 일상 생활에서는 사출, 압출, 중공성형 등 고분자 가공이 없는 우리 일상생활을 할 수 없듯이 매우 중요한 기술이기도 하다.

현재까지는 압출이라는 것이 단순히 압출라인을 구비할 수 있는 자본과 원료만 있으면 쉽게 제품화할 수 있는 진입장벽이 낮은 기술로만 여겼고 특히 광학용 필름의 압출기술은 선진국대비 낙후되어 있는 것이 사실이다.

박판필름 압출기술을 뒷바침하기 위해서는 압출에 적합한 소재의 유변학적 설계 기술, 구동부인 기어펌프와 다이의 설계 및 제조기술, 냉각물의 도금 및 고정밀 가공 연마와 관련한 초정밀 가공기술 등의 분야의 접목이 절실하다.

참고문헌

1. www.kipris.or.kr, 특허청, 기능성 폴리카보네이트 특허맵.

2. *Encyclopedia of Polym. Sci. & Tech.*, p397~426, Vol. 7, John Wiley & Sons.
3. O. Olabisi, *Handbook of Thermoplastics*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1997.
4. <http://www.plasticmaterialsdata.com/>“Engineering Thermoplastics, Overview”.
5. Presentation data in 23rd SPE Korea 2008 of Honam Petrochemical Corporation.
6. Data from Nexant Inc., 2005.
7. Data from Basf Sept. 2007 IR Materials.
8. Rearranged data from polymers’ properties.
9. http://www.ptslc.com/polcarb_intro.htm.
10. V. Shah, Ed., *Handbook of Plastics Testing Technology*, John Wiley & Sons, 1984.
11. Teijin Panlite Technical Guide Book.
12. Search results and classify for keyword “Polycarbonate” in <http://www.matweb.com/>.
13. U. Siemann, *Progr. Colloid. Polym. Sci.*, **130**, 1 (2005).
14. Data from Krauss Maffei Brochures.
15. Technical manual from Extrusion Line Manufacturers such as Hitz Sanki and Toshiba.
16. Referenced from www.borealisgroup.com.
17. Technical data from DMT.
18. Data from KraussMaffei Brochures.
19. Referenced from Walex Brochures.
20. Referenced from Toshiba Technical Data.
21. USP 5,051,309 (MGC Co., Inc.).
22. JP9005683 (Tsutsunaka Plastics).
23. White papers of Blu-ray Disc Founders, August 2004.
24. Teijin Chemical Technical Data.
25. Degussa Technical Data.
26. Collected data from manufacturers.
27. JP 平9-239812.
28. EP0820850A1 (Modern Machinery Co., Japan).