

FPD에 사용되는 고분자 재료의 기계적 물성특성 연구

이낙규*(KITECH), 이혜진(KITECH), 이형욱(KITECH), 정유진(KITECH), 최두선(KIMM)

Micro Scale Mechanical property of Polymeric materials for FPD(Flat Panel display)

N. K. Lee(KITECH)*, H. J. Lee(KITECH), H. W. Lee(KITECH), E. G. Chong(KITECH), D. S. Choi(KIMM)

ABSTRACT

The technology trend of Flat Panel Display (FPD) equipments have been demanded that there are compact and multi-function. Therefore, nano/micro scale patterned on polymeric materials of Back Light Unit (BLU) in Liquid Crystal Display (LCD) that has been investigated. This paper describes a series of Horizontal Type Micro Tensile Tester that were carried out to investigate the load strain distance performance of typical polymeric material sheets. The polymeric materials film that micro size shaped specimens for tensile test are used by Cold-Isostatic-Press (CIP). Test equipment is Horizontal type Micro Tensile Tester that is presented to measure the micro scale mechanical property of thin film for FPD. This paper presents which easy testing tools measure for micro patterned on polyethylene (PET) specimens.

Key Words : PET(polyethylene), Horizontal Type Micro Tensile Test, CIP(Cold Isostatic Press), BLU(Backlight Unit), Touch Screen, FPD(Flat Panel Display)

1. 서 론

최근 유비쿼터스(Ubiquitous)시대를 맞아 위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)서비스가 시행되면서 개인 휴대용 디스플레이의 수요 및 연구개발이 활발해 지고 있다. 디스플레이 소자기술은 인간과 기계 혹은 인간과 인간과의 대화매체로서 정보화 사회의 발전과 함께 그 중요성이 더욱 부각되고 있으며, 특히 최근 컴퓨터 및 미디어 산업의 급격한 진보로 인하여 경량, 박형의 평판 디스플레이에 대한 수요가 증가하고 있다. 이런 추세에 따라 FPD(Flat Panel Display)에 주로 쓰이는 고분자 재료의 내구성 및 신뢰성 예측에 대한 연구의 필요성이 커지고 있다. 휴대용 디스플레이의 신뢰성 평가는 그 휴대성으로 인한 장소 및 시간상의 비제약적 특성으로 인해 일반적으로 수행되는 기존 시험 방법에 의한 물성 측정 결과만을 휴대용 디스플레이 소재에 적용할 수 없게 되었다. 그리고, 소형화, 다기능화 되어감에 따라 그 구조가 마이크로, 나노급으로 변화되어 가고 있다. 그에 따라, 마이크로 단위의 정밀도를 가지는 물성 시험에 관한 연구의 필요성이 증대되고 있으며, 관련 연구 또한

활발히 진행되어지고 있다. 기존에 디스플레이 분야에서 수행되어진 물성 측정방법으로는 수직인장시험, 염수분무시험, 내열시험, 표면 경도시험, 점도 시험법 등이 있다. 이 중에서 인장시험법은 직접적으로 탄성계수, 포와송비, 파괴강도 등을 측정할 수 있어 가장 보편적인 신뢰성 데이터 측정방법으로 이용되고 있다. 그러나 기존의 인장 시험법은 fig.1에 나타내는 것과 같은 시험장비(milli급)를 사용하여 측정한 데이터이므로, 미세부품 평가방법에 적합하지 않다. 그리고, 마이크로 구조를 가진 디스플레이에 적합한 시험을 하기 위해서는 원소재의 특성을 고려한 인장 시편을 정밀하게 제작하는 연구 및 마이크로급의 인장시험장비가 필요하다. 본 논문에서는 기존에 생산기술연구원에서 개발한 피에조 액추에이터로 구동되는 수평형 마이크로 수평형 인장시험기(Horizontal Type Micro Tensile Testing)를 이용하여 FPD에 사용되는 고분자 재료의 기계적 물성측정을 수행하였다. 그리고 시편 제작방법으로는 냉간등방압 성형기(CIP,Cold Isostatic Press)를 이용하여 등압 상태에서 기계적으로 시편급형을 이용하여 제작 하였다.

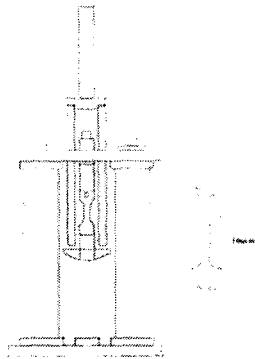


Fig.1 Vertical tensile tester and test-specimen

2. FPD(Flat Panel Display)에 사용되는 고분자 재료

2.1 FPD에 사용되는 PET

Flat Panel Display(FPD)의 Back Light Unit(BLU)부분의 광원인 Cold-Cathode Fluorescent Lamp(CCFL) 또는 Light Emitting diode(LED)는 LCD-TV의 경우 패널 뒤쪽에 위치하는 직접 조명 방식이 쓰이기도 하지만, 대부분의 패널은 가장자리에 위치하는 간접조명방식을 사용한다. 이로 인해 빛이 전면적에 걸쳐 균일하게 투과하지 않고 가장자리가 더 밝은 경향을 띄게 된다. 이러한 불균일한 빛을 FPD전면으로 균일하게 투과시키기 위해 투명하고 강도가 높아 깨지거나 변형이 적으며, 가볍고 가시광선 투과율이 높은 특징을 갖는 PET(Polyester), PC(Polycarbonate), PMMA(Poly-methyl methacrylate)의 고분자 소재를 사용한다. Fig. 2에 FPD 중 LCD의 BLU에 사용되어지는 고분자 재료를 나타내었다.

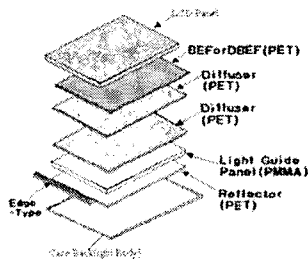


Fig.2 Structure of Back Light Unit(BLU) in Liquid Crystal Display(LCD)

2.1.1 Reflector (Reflection Sheet)

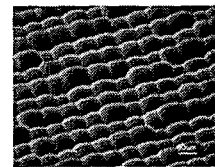
램프에서 발생하는 빛을 도광판의 입광부로 모아주는 부품으로 빛의 유출방지는 물론 램프를 보호하는 역할을 한다. SUS, Al 또는 PET소재에 반사율이 높은 물질인 Aluminium, Silver 또는 Titanium등이 Coating 되어있다.

2.1.2 Diffuser(Diffusion Sheet)

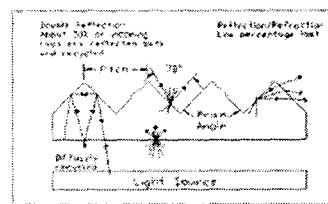
도광판으로부터 방사(radiation)되는 빛을 한층 더 균일하게 해주며 전체적으로 부드럽게 처리해준다. 또한 도광판의 패턴(Dot 또는 격자형)을 보이지 않도록 해주는 역할을 한다. Diffuser는 PC나 PET 소재위에 광산란용, 집광용 미립자 수지가 coating 되어있고 그 구조는 fig 3-(a)에 나타내었다.

2.1.3 Prism Sheet(BEF, DBEF)

확산시트(Diffuser)를 지나면서 수평, 수직 양방향으로 확산이 일어나 휘도가 급격히 떨어지는 빛을 굴절, 집광시켜 휘도를 높이기 위해서 프리즘 시트(Prism sheet, BEF: Brightness Elevation Film)를 사용한다. 프리즘 시트는 띠 모양(strip type)의 micro-prism형상을 모재(base materials : PET) 상부에 형성한 것으로 단면을 살펴보면 산모양의 단면을 갖는 미세한 골을 갖고 있는 구도로 fig.3(b)에 일반적인 프리즘시트의 단면형상을 나타내었다. 보통 프리즘 시트는 수평, 수직 두 장을 한 세트로 사용하지만, 최근에는 이 두 가지를 한 장의 프리즘 시트로 일체화 시킨 DBEF(Double Brightness Elevation Film)처리하기도 한다. 이러한 프리즘 시트를 통과한 빛은 약 70도의 시야각을 가지면서 휘도가 개선된다.



(a)



(b)

Fig.3 Schematic of Diffuser(a)and prism sheet(b)

3. 마이크로급 수평형 인장시험편의 가공 및 시험장치

3.1 고분자필름의 마이크로 시험편가공

지금까지의 연구 결과 대부분은 가공 전의 PET원소재의 거시적 물성평가 방법에 대해서만 이루어져 왔다. 하지만 최근에는 마이크로급(μm 에서 나노급(nm)까지 미세 패턴이 PET소재에 가공이 되어지고 있어서, 이를 고려한 기계적 물성치 유형에 관한 선행 연구가 이루어

어려야만 응용분야로의 확대 및 신뢰성을 확보할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 PET의 미세패턴 가공 후의 기계적인 물성시험을 위한 선행 연구를 수행하기 위해 Cold Isostatic Press(CIP)를 이용하여 기계적인 방법으로 마이크로(μm)급 시편을 제작하였다. 이러한 CIP 장비를 이용해서 시편을 제작하면 원소재의 물성변화가 거의 없는 시편을 얻을 수 있다.

3.1.1 Cold Isostatic Press(CIP)

CIP장비는 성형체에 등방압을 가하여 고정밀 미세 성형을 하는 장비이다. 본 논문에서 사용한 CIP 장비의 사진 및 사양을 아래 fig.4와 table.1에 기술 하였다.

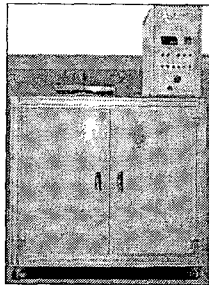


Fig. 4 Picture of CIP(Cold Isostatic Press)

Table.1 Specification of CIP(Cold Isostatic Press)

Item	Value
Commercial Max. Pressure	3,000 Bar
Designed Pressure	3,500 Bar
Compressed Air	Air 5kgf/cm ²
Equipment Dimension	2m x 2m x 2m
Working Space	120 x 360L
Power	3 Φ / 220V
Press Media	H ₂ O , Oil

3.1.2 고분자필름의 마이크로 시편가공

시편의 제작방법은 먼저 fig.5에 나타난 금형에 소재를 올려놓고, 그 위에 Polystyrene-Paper(PSP) 재질의 sheet를 올려놓아서 가압시 패턴부에 전단력을 가해준다. 그리고 진공압착 포장을 하여 용기 안의 공기를 제거한다. 진공포장 된 소재 및 금형을 CIP의 가압 챔버 안에 넣은 후 압력 및 유지시간을 설정한 후 장비를 구동하여 버(burr)가 없는 시편을 제작하여 실험을 진행하였다. 기존의 수행되어진 시험에서는 거시적인 데이터를 추출하였으나, 이번 시험은 300 μm 폭의 마이크로급 인장 시편을 이용한 시험으로 미세 패턴 성형시 그 패턴 하나하나의 기계적 물성까지도 도출해 낼 수 있다. 아래의 Fig.6은 CIP를 이용한 마이크로

시편 가공원리를 나타낸 것이다.



(a)

(b)

Fig.5 (a) Shape of die and (b) Dimension of micro tensile testing Specimen

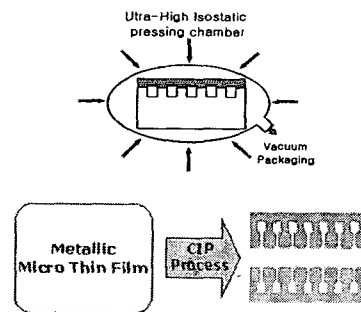
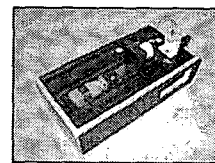


Fig.6 Process of micro tensile test specimen fabrication

3.2 마이크로급 수평형 인장 시험장비

3.1절에서 CIP공정을 이용해 가공한 PET sheet의 마이크로 인장 시편을 한국생산기술연구원에서 개발한 마이크로급 수평형 인장시험기를 이용하여 물성측정 시험을 수행하였다. 마이크로급 수평형 인장시험기는 피에조를 액추에이터로 사용하는 시험기이며, 시험 최대 하중은 1000gf이며, 최대 스트로크는 1000 μm 로서 피에조 액추에이터를 이용한 시험기 중에서는 가장 긴 스트로크를 가지고 있다. 아래 Fig. 7에 마이크로급 수평형 인장시험기와 그립(Grip)에 시편을 접착제(Glue)를 이용하여 장착된 그림을 나타내었다. 그리고, Table.2에 마이크로급 수평형인장시험기의 사양을 나타내었다.



(a)



(b)

Fig.7 (a)Horizontal tensile tester configuration and (b)Gripper of the horizontal tensile tester

Table.2 Specification of Horizontal Tensile tester

No.	Description	PZT actuation
1	Max.Load Capacity	1000 gf
2	Load Resolution	0.0596? 0 ³ gf
3	Full Stroke	1000 μm
4	Stroke Resolution	10 nm
5	Max. Velocity	1200 mm/min
6	Min. Velocity	0.06 μm/min
7	Data Acquisition Res.	A/D:16bit, D/A:24bit

4. 수평형 인장 실험결과

마이크로급 수평형 인장시험기를 이용하여 Table.3에 나타낸 조건하에서 인장시험을 수행하여 기존 문헌에 나와 있는 수직인장시험 데이터와 비교, 분석하였다.

Table.3 Testing Condition and Spec of Specimen

ITEM	HLA(Dupont)
Material	PET(Non-Hard Coating)
Thickness	125 μm
Width	300 μm
Tensile Velocity	10 μm/min
Gripping Methode	Glue Methode
Test Condition	RT.23℃ , RH.45%

Table.4의 물성치들은 미세패턴을 PET에 가공하기 전에 시편을 fig.1과 같이 가공하여 시험한 데이터이며, 이 데이터들은 현재 디스플레이에 주로 사용되고 있는 제품들에 대한 값들이다. 이 PET 제품 중에서 본 논문에서는 Dupont사의 HLA제품을 이용하여 시험을 수행하였다.

Table.4 Mechanical property of PET by Vertical tensile testing

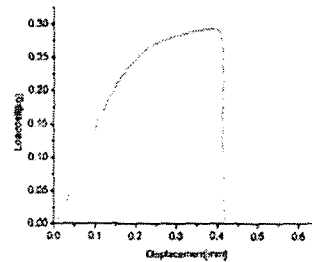
Property	Units	Dupont	Toray	SKK	KOLON	ASTM
		HLA	S10	SH33	FCAO	
Tensile Strength (kg mm ²)	MD	20	21	21	18	D882A
	TD	25	22	24	26	D882A
Elongation at Break (%)	MD	200	171	200	190	D882A
	TD	140	151	120	135	D882A
C.O.F	us	0.34	0.6	-	0.27	D1894
	ud	0.32	0.4	-	0.26	D1894

(MD :Machine Direction , TD :Transverse Direction)
일반적으로 사용되는 시트의 대표적 물성을 나타낸 Table.4의 데이터와 본 논문에서 제시한 수평형 인장 시험방법으로 측정된 물성치를 나타낸 Table.5의 실험

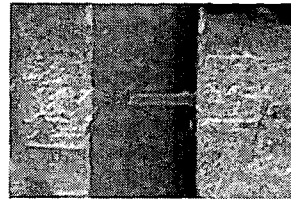
결과 데이터 비교해 본 결과 본 논문에서 사용한 Dupont사의 PET필름 물성치가 약 3kg mm² 정도 높은 데이터 값이 나왔다. 연신율(Elongation at Break) 또한 기존 인장 물성 데이터 값은 200% 이고, 본 논문의 시험 데이터 값은 228%로 나와 수평형 인장시험방법이 기존방법보다 약 28% 높게 연신율이 측정되었다. fig.8은 인장시험 결과 그래프와 파단된 PET 인장시편의 사진이다.

Table.5 Summary of testing results

ITEM	10 μm/min
Max Load	295.2 gf
Displacements at Maximum Load	401.43 μm
Fracture Width	100 μm
Tensile Strength (MD,kg mm ²)	23.61
Elongation at Break(%)	228



(a)



(b)

Fig 9. (a) Graph of Horizontal Tensile Testing Results and (b) Picture of the fracture section

5. 결론

디스플레이에 대표적으로 쓰이는 PET 소재로 된 부품은 대부분 미세 패턴이 성형되어 있다. 그러나, 기존의 기계적 물성 측정방법으로는 미세 패턴이 성형된 후의 미세패턴이 기계적 물성에 미치는 영향에 대한 정밀한 측정 및 분석이 불가능하였다. 본 논문에서는 미세 패턴가공 전의 PET 원소재의 밀리(milli)단위의 시험 방법이 신뢰성 데이터로 이용되는 디스플레이 부품의 기계적 물성 측정 분야에서 마이크로 단위의

의 시험방법을 수행함으로써 기존의 시험방법으로는 측정이 불가능한 마이크로(micro)단위의 시편 측정방법을 제시하였다. 현재 FPD 부품으로 사용되고 있는 Dupont사의 PET 필름을 시험하여 기존의 데이터와 비교한 결과 신뢰성 있는 데이터가 나온다는 것을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 수행한 시험결과를 바탕으로 수평형 마이크로 인장시험 방법을 이용하여 미세 패턴이나 마이크로 단위에 사이즈로 가공되어지는 PET시편의 미세 가공 후 그 영향을 정밀하게 분석할 수 있다.

후기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발 사업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 광기능 마이크로 광열유체 부품기술 개발사업의 세부과제로서 수행중이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Masahiro Shinoda , Richard J. Bathurst: Geotextiles and Geomembranes 22(2004), p. 205-222
2. Tamas Barany , Tibor Czigany , Josef Karger-Cocsis PERIODICA POLYTECHNICA SER. MECH. ENG. Vol. 47, No.2 (2003) pp. 91-102
3. 이낙규, 최석우, 임성주, 최태훈, 이형욱, 나경환 "마이크로부품의 물성 및 신뢰성 평가를 위한 시험기 개발," 반도체및디스플레이장비학회지, 제3권, 제2호(2004년 6월)
4. 차명룡, 김재명, 전재삼, 김형순 디스플레이에 사용되는 유리 재료? 세라미스트, 제7권, 4호(2004년 8월)pp.55-64
5. L.S.A. Smith, C.C. Chen, J.A. Sauer, The effect of water on the tensile yield of polystyrene, Polymer 23 (1982) 1540-1543.
6. Greek, S. and Johansson, S., "Tensile Testing of Thin Film Microstructures", Proc. SPIE, Vol. 3224, pp.344-351, 1997.
7. Yi, T. and Kim, C.J., "Microscale Material Testing: Etchant Effect on the Tensile Strength", Proc. Int.Conf. Solid-State Sensors and Actuators, pp. 518-521, Sendai, June, 1999.
8. 김영식, 배효광, 유성구, 정중훈, 서길수: Applied Chemistry . Vol. 6, No.1(2002) pp.62-65
9. 김수용, "회도향상에 직접 영향을 미치는 BLU부품에 관한 특성 분석", 한국전자전기재료학회지 (2001년) 'pp.1100-1103
10. D. Y. Hwang and K. D. Han, Polymer(Korea), 24, 529(2000)