고탄성 특성을 보유한 친환경 우븐 바닥재에 관한 연구(II) - TPU 코팅사 및 바닥재의 특성 -

이선희[†]

동아대학교 패션디자인학과

Development of Eco-friendly Woven Floor Mat with High Resilience II - Characterization of TPU Coating Yarn and Floor Mat -

Sun-Hee Lee

Department of Fashion Design, Dong-A University, Busan, Korea

Abstract : In this study, thermoplastic urethane (TPU) coating yarns were prepared at various extruding temperatures. The fine structure and mechanical properties of resultant TPU coating yarns examined by the wide angle X-ray diffractometer (WAXD), differential scanning calorimetry (DSC), dynamic mechanical thermal analysis (DMTA), and tensile test. TPU coating yarns (prepared at extruding temperatures at 175°C) were confirmed as a stable fine structure that obtained excellent tensile strength and flexibility. The C samples prepared by optimized conditions made by TPU woven floor mat. The structure of the woven mat is 4×4 basket weave and have laminated with the EVA foam to obtained final TPU woven floor mat products. The resultant TPU woven floor mat was obtained to 1.5MN of tensile strength, 22% of the elongation, and 0.2MN of tear strength. The weight loss abrasion and the resilience by the ball rebound of the TPU-woven floor mat was prior to those of the PVC subsequently, we were able to develop a woven floor mat with TPU coating yarn and produce an eco-friendly high valuable woven floor mat using an interior product.

Key words: TPU coating yarn(TPU 코팅사), TPU-woven floor mat(TPU 직물 바닥재), fine structure(미세구조), mechanical property(역학적 성질), resilience by ball rebound(볼반발탄성)

1. 서 론

최근 친환경 트렌드에 따라 인체에 무해한 건축내장재 실내 건축 제품개발 요구가 급증하고 있어(Chun & Kim, 2006), 인테리어 시 실내마감재로 사용하는 목질계 바닥재, 합성수지 바닥재, 타일, 벽지, 카펫 등에 친환경 소재로 사용할 것을 요구하고 있다(Kim, 2009; Kim 2011). 실내 마감재 중 최근에는 우븐 바닥재가 각광을 받고 있는데, 우븐 바닥재는 직물의 상판부와 폼 등의 하판부로 구성되어있고, 장시간 외부 물리력이나 환경적 요인에 의한 변형이 최소화되고 균일해야하며, 생산설비의 작업 방식 및 형태가 다양할 뿐 아니라 광폭으로 제작되므로 생산 및 품질관리 표준화가 어려운 특성이 있다.

바닥재와 관련한 해외의 개발 동향을 살펴보면, 프랑스의 보론(Bolon)사는 PVC(poly vinylchloride) 코팅사를 사용하여 다양한 종류의 제품을 생산하며 최근 바닥재 시장에서의 개발을 선도하고 있고, PVC 바닥재용 원단은 미국 Phifer사의 제품을

통해 다양한 패턴으로 출시되고 있으며, Designweave사에서는 친환경 Non-PVC 직물 원단과 타일(Tile) 제품인 EcoWorx[®]가 개발되었고, 미국 Chilewich사는 직물 플로어메트(Floormat), 타일용, 벽지까지 용도를 확대 추진하고 있는 것으로 알려져 있다. 국내 우븐 바닥재 개발은 대표적으로 (주)알켄에서 생산하고 있다. PET사 표면에 기능성 첨가제가 투입된 특수 PVC를 코팅한 섬유 소재를 국내 최초로 개발하였고, PVC 코팅사를 기본으로 하여 차양막, 어닝 등 산업용과 인테리어용 제품을 개발하고 있다.

일반적으로 건축 내장재로 사용되는 바닥재는 PVC 바닥재를 사용한다(Lee et al., 2006; Park and Ha, 2010). 그러나 이 때 사용되는 PVC 코팅사는 인체에 유해한 영향을 주는 다이옥신(Dioxin)과 휘발성 유기물질(VOCs) 등을 발생시킴으로써 환경보호를 위한 수입규제를 강화하고 대외 수출 경쟁력을 약화시키는 부정적인 결과를 유발하고 있다. 이러한 PVC의 대체물질로 인체 무해한 Non-PVC 계열의 Ethylene Vinyl Acetate(EVA), Low-density Polyethylene(LDPE), High-density Polyethylene(HDPE) Thermoplastic Polyurethane(TPU) 등이 있다.

이들 중 TPU와 관련한 선행연구(Lee et al., 2009; Li et

[†]Corresponding author; Sun-Hee Lee
Tel. +82-51-200-7329, Fax. +82-51-200-7335
E-mail: shlee014@dau.ac.kr

al, 2008) 는 주로 인체 무해하며, 고탄성 재료로서의 상품화 가능성 타진과 관련이 있다. TPU 구조는 헥사메틸렌 디이소시아네이트(hexamethylene diisocyanate)와 1,4-부탄디올(1,4-butanediol)의 반응에 의한 선상의 고분자쇄로 구성되어 있으며 그들의 구조는 상당히 길고 유연한 유연쇄와 강직한 쇠가 공유 결합을 이루고 있어 열가소성을 지닐 뿐만 아니라 높은 탄성을 지닌 고무와 같은 성질을 가지고 있다. 강직쇄와 유연쇄의 함량비를 변화시킴으로써 유연한 탄성체에서 상당히 강직한 탄성체로 다양한 탄성과 물성을 지닌 여러 가지 용도로 활용되고 있으며 일반적인 탄성체에 비하여 기계적 강도 및 내마모성 등이 우수하다. 따라서 TPU는 비교적 고가임에도 불구하고 다양한 분야에서 여러 가지 용도로 사용되고 있으며 생산량에 있어서도 급속한 증가를 보이고 있는 재료이다. 특히 바닥재 시장에서 고탄성 특성을 가진 TPU 재료를 사용하여 바닥재를 생산할 경우, 바닥재의 주요 요구특성인 탄성효과를 극대화시킬 수 있으므로 산업용도 뿐 아니라 홈인테리어분야에서도 적용 개발이 시급한 실정에 있다.

선행연구(Lee et al., 2011)에서는 현재 시판되고 있는 우븐 바닥재 제품을 2개사 6점을 조사 분석대상으로 채택하여, 편심도 및 코어 중심도 등의 코팅사 특성, 직물 조직 특성, 일광견뢰도, 마모강도 및 항균도 등의 바닥재 특성을 분석한 바를 보고한 바 있다. 현재 시판되고 있는 우븐바닥재 제품은 2x2 바스켓조직을 기본으로 하여, 필름사, 코팅사, 이중코팅사 등의 원사를 다양하게 사용하고 있었으며, 직물에 사용한 코팅사의 경우 코어사와 코팅사의 코어 중심도가 클수록 단면은 타원형에서 원형에 가까운 것 등으로 나타났는데, 이 중 원형 코팅사를 사용하여 직물조직을 치밀하게 제작할수록, 마모강도와 항균도는 우수하게 나타났다.

본 연구에서는 고탄성 특성을 가진 TPU 소재를 PET에 코팅하여 TPU 코팅사의 물성을 분석하고, 적정조건의 코팅사를 이용한 한 바닥재용 직물을 EVA 소재의 하부판과 TPU 직물을 접착한 바닥재 제품의 제품특성을 평가하고자 한다. 즉, 코팅사 제조시 공정별 최적 생산조건 및 시스템을 확립하기 위하여, 압출온도조건별로 제조된 TPU 코팅사의 결정구조, 열분석 및 동적점탄성 특성을 분석하고자 한다. 또한 최적의 물성을 갖는 TPU 코팅사로 제작한 TPU 직물과 바닥재의 인장강신도, 마모강도 및 반발탄성도 등의 물성 분석 등의 성능평가를 하고자 한다.

2. 실험

2.1. 시료

TPU 코팅 원사: 본 연구에 사용된 TPU 코팅사는 (주)알켄즈에서 제조한 것으로 Polyethylene terephthalate(PET)를 심사로 하여, 압출 방사시 온도조건을 달리한 3종류의 코팅사를 제

Table 1. Conditions of TPU coating yarn extruding machine

Sample	Temperature of each setting zone (°C)						Screw (Hz)
	1 zone	2 zone	3 zone	4 zone	5 zone	6 zone	
A	170	170	170	170	165	158	9.4
B	175	170	170	170	165	158	9.4
C	175	175	175	175	165	158	9.4

공받았으며, 각 압출조건은 Table 1과 같다. 시료 제조시 각 영역에서의 압출 온도조절 조건에 변화를 주었다. 시료 C의 경우, 다른 시료에 비해 초기영역에서 중간영역까지 계속 고온으로 유지하면서 압출하여 코팅사를 제조하였다.

TPU 바닥재 제품: TPU 코팅사를 사용하여 TPU 직물을 제작하였고, 이때 4x4의 바스켓 조직으로 직물밀도는 24x24/inch로 설계하였다. 이때 얻어진 TPU 직물의 두께는 1.6 mm로 나타났다. 제작한 TPU 직물과 EVA 하판부를 라미네이팅 공정에 의해 합포하여 최종 TPU 바닥재 제품을 생산하였다. 최종 제품의 무게는 2.0 Kg/m², 최종 두께는 3.6 mm로 고정하였다. 한편, 기존의 PVC제품을 동일한 조건으로 제작하여 바닥재 제품의 특성을 상호 비교하였다.

2.2. 구조 및 물성분석

TPU 코팅 원사 특성분석: 결정구조분석을 위해서 Rigaku제의 D/max-III-A X-선 회절장치를 이용하여 Cu-K α 선에 의한 각 시료의 X-선 회절곡선을 얻었다. 이 때 시료는 자오선 방향으로 두고, 측정각 범위는 5-40°로 하였다. 열분석을 행하기 위해 시차주사열량분석(Differential Scanning Calorimetry: DSC)은 TA 제의 DSC 2910을 이용하여 N₂ 기체 분위기에서 속도 20°C/min으로 실시하였다. 이때 시료무게는 3 mg이었다. 동적점탄성분석은 Rheometric scientific 사의 동적점탄성기(Dynamic Mechanical Thermal Analyzer: DMTA)를 이용하여 N₂ 기체 분위기에서 속도 4°C/min으로 실시하였으며, 이때 시료 길이는 2 cm이었고, 1 Hz에서 측정하였다. 인장특성은 KS K ISO 5079에 준하여 Shimadzu사의 S-100 Autograph를 이용하였으며, 연신속도 10 mm/min의 조건으로 코팅사의 강도와 신도, 탄성률을 측정하였다.

TPU 바닥재 제품 특성분석: 개발된 TPU 직물과 EVA 하판을 라미네이팅하여 제작한 TPU 바닥재 제품의 특성분석을 다음의 항목 및 조건으로 측정하였다. 바닥재 표면특성을 알아보기 위하여 영상 현미경(NT 1000, NEXTEC, Korea)을 이용하여 촬영하였다. 바닥재 제품의 역학적 특성을 알아보기 위해 KS K 0521에 준하여 스트립법으로 인장강도와 신도를 얻었고, KS K 0796에 준하여 인열강도를 측정하였다. 이 때 시험조건은 클램프 간격은 100 mm 였으며, 100 mm/min의 속도로 행하였다. 내마모 특성을 알아보기 위하여 KS 0615에 준하여 측정하였

Fig. 1. DSC thermograms of TPU coating yarns with various extruding temperatures.

다. 이 때 하중은 1000 g, 시험횟수는 3000회를 행하였으며, 마모 전후 직물의 마모손실량을 측정하였다. 바닥재 제품의 탄성도를 알아보기 위해 KS M ISO 8307에 준하여 볼 반발탄성을 측정하였다. 이때 투하추의 무게는(16.3 ± 1.5)g, 지름은(16 ± 0.5)mm이었으며, 낙하높이는(500 ± 0.5)mm의 조건으로 행하였으며, 이 때 볼이 튀어오르는 높이를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. TPU 코팅사의 특성분석

본 연구에 사용된 TPU 코팅사는 압출 방사시 Zone 1에서 Zone 4의 온도조건을 달리한 3종류의 코팅사를 제공받았으며, A 시료는 Zone 1에서 Zone 4의 온도조건 170°C로 하였고, B 시료는 Zone 1을 175°C하고, Zone 2부터 Zone 4까지 170°C로 하였으며, C시료는 Zone 1에서 Zone 4의 온도조건 175°C로하여 제조하였으며, 각 압출온도에 따라 얻어진 TPU 코팅사의 특성은 다음과 같이 나타났다.

TPU 코팅사의 열적 특성: 일반적으로 TPU의 전이온도는 유리전이온도(T_g)는 -50°C, 결정화온도(T_c)는 77.7°C, 용융온도(T_m)피크는 나타나지 않으나 150°C 부근에서 약간 완만한 흔적을 나타내는 것으로 알려져 있다(The Korean Society of Fibers, 1994). PET 섬유의 경우에는 T_g 는 80°C부근, T_m 은 260°C전후에서 나타나는 것으로 알려져 있다. 이것은 예비실험을 통해 본 연구에서 사용한 TPU의 흡열곡선에서는 70°C부근에서 작은 발열피크와 150°C에서 완만한 흡열곡선을 나타내고 있다. PET원사의 경우 246°C 및 256°C에서 이중 흡열피크가 나타나고 있다.

Fig. 1은 각 조건별로 제조된 TPU 코팅사의 DSC 곡선을

Fig. 2. WAXD of TPU coating yarns with various extruding temperatures.

나타낸 것이다. PET원사에 TPU를 코팅하여 제조한 TPU 코팅사의 경우 160°C부근과 246°C 부근에서 이중흡열피크형태로 나타나고 있다. 250°C에서 나타나는 피크의 경우 PET원사의 T_m 이며, 160°C에서 나타난 흡열피크는 코팅사에서 무정형의 TPU 영역이 DSC 측정과정에서 열처리로 인해 형성된 미결정 용융되면서 특성피크를 나타내고 있다고 볼 수 있다. 특히 C 샘플의 경우 TPU 특성피크에 해당하는 흡열곡선이 완만한 형태를 나타내고 있어 다른 샘플에 비해 TPU의 미결정 사이즈는 작게 생성되는 것으로 볼 수 있다. 이는 제조조건 중 압출 온도조건이 175°C로 높기 때문에, 냉각시 결정화 시간이 길어지기 때문으로 여겨진다.

Fig. 3. Tan δ of TPU coating yarns with various extruding temperatures.

TPU 코팅사의 결정구조 특성: 일반적으로 TPU의 경우 무정형 구조를 가지므로 WAXD 결정해석을 하지 않으며, PET의 경우 (010), (110), 및 (100)면이 18° , 22.5° , 26° 에서 관찰되는 것으로 보고하고 있다(The Korean Society of Fibers, 1994).

Fig. 2는 각 조건별로 제조된 TPU 코팅사의 WAXD 패턴을 나타낸 것이다. X선 측정결과에서 TPU 코팅사는 18° , 22.5° , 및 26° 부근에 각각 회절피크를 나타내고 있으므로, 제조조건에 따라 PET섬유의 결정영역에는 변화가 없는 것으로 보인다. 한편 20° 부근에 약간의 피크가 관찰되고 있는데, 이것은 무정형 TPU의 피크에 해당되는 것으로 확인되었으며, C 샘플의 경우 다른 샘플에 비해 피크 모양이 완만하며, 그 크기도 다소 작음을 알 수 있다. 이것은 앞의 DSC 결과와도 유사하며, 제조조건 C의 경우 TPU의 결정화가 다른 조건에 비해 느린 것으로 볼 수 있다.

TPU 코팅사의 동적점탄성 특성: Fig. 3은 각 조건별로 제조된 TPU 코팅사의 tan δ 곡선을 나타낸 것이다. DMTA의 측정결과 TPU 코팅사의 특성피크는 -10°C 및 120°C 부근에서 확인할 수 있다. 선행연구(James, 1996; Oertel, 1994)에서 TPU의 점탄성 성질은 합성방법에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 -20°C 부근에서 beta-전이온도가 확인되며, PET의 점탄성 성질은 PET의 미세구조가 무정형인 경우 gamma-전이온도는 -65°C 부근에서, beta-전이온도는 18.8°C 부근에서 나타나며, PET가 결정성인 경우 beta-전이온도 92°C 부근에서 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서 120°C 부근에서 관찰되는 tan δ 피크는 결정성 PET의 beta 전이온도에 해당하는 것으로 확인되며, -10°C 에서 나타난 tan δ 피크는 TPU의 것으로 확인되며, 각 제조조건에 따른 코팅사가 상온에서 유연한 상태로 유지될 수 있음을 알 수 있다. 이 중 A나 B 샘플의 경우

Fig. 4. Morphology of TPU Floor Mat($\times 50$).

Fig. 5. Cross section images of TPU coating yarns($\times 200$).

165°C 의 고온에서 피크가 확인되는데, 이것은 코팅사 내 tan δ 피크를 보일 수 있는 발달된 구조가 있음을 추측할 수 있다. 그러나, C 샘플의 경우에는 그 고온영역의 피크는 보이지 않으므로, 다른 조건의 샘플에 비해 상대적으로 결정성이 적고, 비결정영역의 구조가 단순하므로 유연한 특성을 가질 것으로 볼 수 있다.

TPU 코팅사의 인장특성: Table 1은 각 조건별로 제조된 TPU 코팅사의 강도, 신도, 항복강도 및 초기탄성을 결과를 요약하여 나타낸 것이다.

일반적으로 초기탄성과 신도는 섬유의 유연한 정도를 나타내고, 강도는 내구성을 나타낸다. 시료 C의 경우, 인장강도는

Table 2. Mechanical properties of TPU coating yarns

Sample	Initial modulus (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)	Tensile strength (MPa)
A	1008.09	55.36	18.20	101.76
B	919.65	50.48	20.28	101.23
C	929.28	58.52	21.88	104.39

Table 3. Mechanical properties of TPU and PVC floor mat

Sample	Items	Tensile strength (N)		Elongation (%)		Tear strength (N)		Weight loss to abrasion (g)	Resilience by ball rebound (cm)
		warp	weft	warp	weft	warp	weft		
PVC		1648	1586	26.2	27.9	244.7	235.6	0.417	6
TPU		1499	1533	22.2	24.3	195.0	223.1	0.098	8

104.39 MPa로 가장 높게 나타났으며, 신도도 21.88%로 크게 나타나, 다른 시료에 비해 내구성을 가지면서도 유연한 물성을 가진다고 볼 수 있다.

압출온도조건에 따른 TPU 코팅사의 구조분석 및 인장특성 결과로부터 TPU 코팅사 C 인 경우 다른 샘플에 비해 미세구조의 발달이 미미한 것으로 볼 수 있으며, 인장특성의 결과를 볼 때 C 시료의 경우 다른 코팅사에 비해 다소 인장강도 및 신도값이 크게 나타나, 강하면서도 유연한 물성을 갖는 것으로 판단되어, 샘플 C를 바닥재 직물로 사용될 코팅사로 채택할 수 있었다.

3.2. TPU 바닥재 제품의 특성분석

제조한 TPU 코팅사 중 적정 물성을 나타낸 샘플 C TPU 코팅사를 이용하여, 바스켓조직의 바닥재 직물을 제작하였다. 이것을 직물 상판부로 사용하고, EVA하판부를 라미네이팅 공정을 통해 합포하여 TPU 바닥재 제품을 얻었다. 이때 얻어진 TPU 직물의 표면 특성 및 인장강신도, 인열강도, 마모손실량 및 볼발탄성등의 제품의 특성을 기존 PVC 바닥재와 비교하여 살펴보았다.

TPU 직물의 표면구조: Fig. 4는 TPU 바닥재 제품의 표면사진을 나타낸 것이다. TPU 코팅사를 이용하여 2x2 바스켓 조직으로 제작하였고, EVA 하판과 라미네이팅하여 최종 TPU 바닥재를 제작하였다. Fig. 5는 직물에 사용된 TPU 코팅사의 단면을 나타낸 것이다. 직물에 사용된 TPU 코팅사 C는 원형 단면을 가지고 있다. 진원도는 8.8%이며, 코어중심도는 17.9%로 나타났다.

TPU 바닥재 제품 특성: Table 2는 TPU 바닥재 제품과 기존 PVC 바닥재 제품의 물성분석을 한 결과를 나타낸 것이다. TPU 바닥재 제품의 인장강신도 및 인열강도는 기존의 PVC제품보다 약한 것으로 나타났으나, 바닥재 제품으로 사용할 때에는 크게 문제가 되지 않은 범위라고 할 수 있다.

TPU 바닥재 제품개발 시 가장 중요한 항목인 볼 발발탄성은 8 cm, 마모손실량은 0.098 g으로 나타났으며, 기존의 PVC 제품보다 더 우수한 특성을 보이고 있다. 이것으로 PVC 대체 고탄성 특성을 보유한 TPU 바닥재 제품 생산 가능성을 확인할 수 있었다.

본 연구는 압출 온도조건에 따른 TPU 소재의 코팅사를 제조하고, 이를 이용한 TPU 바닥재 제품을 개발하기 위한 기초 연구를 행한 것이다.

각 TPU 사출 공정시 온도조건을 달리하여 3종의 TPU 코팅사를 제조하고, 얻어진 TPU 코팅사의 결정구조, 열분석, 동적 점탄성거동을 분석하였다. C 시료의 경우 미결정 사이즈가 작게 나타나는 것으로, 미세구조의 발달이 미미한 것으로 볼 수 있다. 인장강신도 결과에서 C 시료의 경우 인장강도 및 신도값은 크게 나타났다. 이것은 본 실험조건에서 적정한 TPU 사출 온도조건은 Zone 1에서 4까지 온도 변화 없이 175°C로 유지될 때, 구조적으로 안정하고 강하면서도 유연한 물성을 갖는 TPU 코팅 원사를 얻을 수 있었다.

가장 적절한 조건의 TPU 코팅사인 C 시료를 사용하여 4x4 바스켓조직을 갖는 바닥재 직물을 제작하였으며, 하판부를 EVA로 합포공정을 행하여 최종 TPU 바닥재 제품을 제조하였다. 이때 얻어진 TPU 바닥재의 강도는 1.5MN, 신도는 22%, 인열강도는 0.2MN으로 나타났으며, 기존 PVC 바닥재에 비해 약간 낮은 물성을 나타냈다. 한편 바닥재로서 중요한 평가항목인 마모감소량은 0.098 g, 발발탄성도는 8 cm로 나타났으므로, PVC 기존 바닥재에 비해 내마모성을 가지면서도 고탄성 특성을 갖는 TPU 바닥재 제품 생산은 가능한 것으로 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 한국산업단지공단 생산기술사업화 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구이며, 이에 감사드립니다.

References

- Chun, J. H., & Kim, J. A. (2006). An analysis of the Domestic Interior Materials as the Ecological Design Aspects. *Journal of Korean Society of Design Science*, 19(4), 133-144.
- James E. Mark. (1996). *Physical Properties of Polymer Handbook*. New York: AIP Press.
- Kim, S. W. (2009). *건축용 산자재료의 최신개발동향* [Trends of Architectural Textiles]. Korea Textiles Development Institute.
- Kim, Y. K. (2011). *여객선 및 크루즈의 인테리어 내장재 개발동향* [Trend of development of interior materials using the cruise and passenger ships]. Korea Textiles Development Institute.
- Lee, N. W., Kim, N. S., & Moon, B. S. (2006). Study of the Thermal Properties of Polymer Flooring Mat. *Journal of The Korean Society of Safety*, 21(6), 38-45.
- Lee, S. H., Lee, Y. K., & Ahn, Y. B. (2011). Development of Eco-

4. 결 론

- friendly Woven Floor Mat with High Resilience 1 - An analysis of Woven Floor Mat Products -. *Journal of Ecocity*, 35(2), 33-40.
- Lee, Y. H., Kang, B. K., Yoo, H. J., Kim, J. S., Jung, Y. J., Lee, D. J., & Kim, H. D. (2009). Preparation and Properties of EPDM/ Thermoplastic Polyurethane Scrap Blends. *CLEAN TECHNOLOGY*, 15(3), 172-179.
- Oertel, G. (1994). *Polyurethane Handbook*. New York: Carl Hanser.
- Prak, B. R., & Ha, J. W. (2010). Manufacture and Application of UV-Cured Anti-cigar burning Coating Compounds for PVC Tile. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 11(2), 608-613.
- The Korean Fiber Society. (1994). *Man-made Fibers*. Seoul: Hyounseul.
- Li, W. L., Liu, J. L., Hao, C. W., Jiang, K., Xu, D. F., & Wang, D. J., (2008). Interaction of thermoplastic polyurethane with polyamide 1212 and its influence on the thermal and mechanical properties of TPU/PA 1212 blends. *Polymer Engineering and Science*, 48, 249-256.
- (2012년 1월 2일 접수/2012년 4월 6일 1차 수정/2012년 6월 19일 게재확정)