

<기술논문>

## 자동차 내장트림용 고강성 경량 다층보드 개발

이 규 세<sup>1)</sup> · 이 경 식<sup>2)</sup>

(주)일광<sup>1)</sup> · 울산대학교 기계자동차공학부<sup>2)</sup>

### Development of the Lightweight Multi-layered Board with High Stiffness for Automotive Interior Trims

Kyusee Lee<sup>1)</sup> · Kyungsick Lee<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>R&D Department, Ilkwang Industrial Company, 1178-6 Goyeon-ri, Ungchon-myeon, Ulju-gun, Ulsan 689-871, Korea

<sup>2)</sup>School of Mechanical and Automotive Engineering, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

(Received 5 July 2006 / Accepted 25 August 2006)

**Abstract** : Lightweight multi-layered boards with high stiffness for the automotive interior trims were developed, which were composed of a single material. The boards were constructed in the form of substrate/core/substrate with newly developed materials. The materials which have high tensile strength and elongation were selected for the substrate materials, and those which have high compressive strength and low density were selected for the core materials. 25 types of multi-layered boards were fabricated using the selected substrate and core materials. The compatibility with the skin materials, the formability and the tensile strength and flexural strength of the specimens were evaluated. The results show that three types of multi-layered boards(Kenboard/EPP foam/Kenboard, Twintex/PP honeycomb/Twintex, Curv sheet/EPP foam/Curv sheet) are appropriate for the automotive interior trims. Considering the ease of materials supply and the economical aspect, Kenboard/EPP foam/Kenboard is thought to be the most realistic alternative.

**Key words** : Automotive interior trim(자동차 내장 트림), Multi-layered board(다층보드), High stiffness(고강성), Lightweight(경량), Environment-Friendly(환경친화성)

### 1. 서론

자동차 소재에서 가장 중요한 선정요인은 경량화와 연관되어 있다. 배기량의 감소 및 연비의 향상은 자동차 경량화의 주된 이슈이다. 자동차의 중량은 최적설계를 통하여 상당부분 줄일 수 있으나 향후 더욱 더 경량화에 대한 요구가 크게 대두될 것으로 예상되고, 필연적으로 자동차의 모든 부품에서 비중이 낮은 경량재료의 적용이 고려될 전망이다.<sup>1)</sup> 뿐만 아니라, 자동차에 대한 환경정책으로서 2002년 4

월에 EU에서 제정한 ELV(End-of-Life Vehicles)규정에 따라 모든 자동차메이커는 사용된 자동차 부품을 2005년에 80%, 2015년에는 85% 이상 리사이클링하여야만 한다.<sup>2)</sup> 이러한 환경적인 요구로 인해 리사이클링하기에 어려운 이질(異質)의 다층구조를 이루고 있는(그림 1 참조) 현재의 내장재들은 중량이나 리사이클링 측면에서 문제가 되어 향후에는 단일재질로 구성되어 리사이클링이 쉽고 가벼운 다층레이어소재로 통일될 것으로 예상된다.<sup>3)</sup>

본 연구에서는 최근 개발되어 시판되고 있는 다양한 기재(substrate)와 심재(core)의 조합으로 다층

\*Corresponding author, E-mail: kslee@ulsan.ac.kr

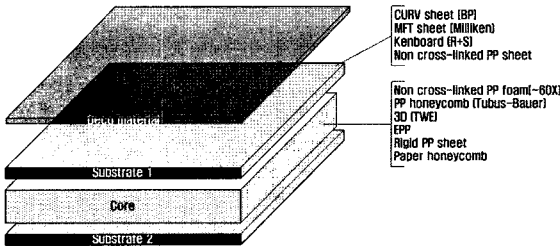


Fig. 1 Structure of multi-layered board

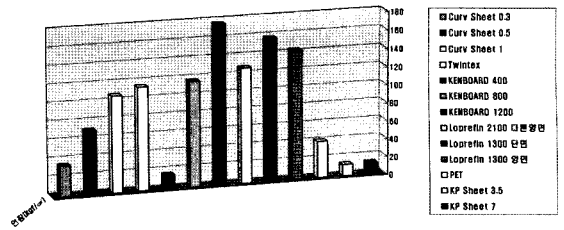


Fig. 2 Tensile strength of substrates

보드 시제품을 제작하고 그 성능을 평가하여 자동차 내장트림에 사용될 수 있는 새로운 다층 보드를 개발하고자 한다.

## 2. 다층보드 시험편의 제작

### 2.1 재료의 선정

다층보드를 구성하는 기재와 심재의 선정을 위해 시중에서 시판되는 다양한 소재들의 인장강도와 신율을 비교 평가하였다. 표 1은 본 연구에서 비교 평가한 기재와 심재들을 나타낸다.

기재의 인장시험은 현대자동차의 시험규격(MS 200-41)에 준해, 만능시험기(Testometric 350-690)을 이용하여 실시하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 기재별 인장강도 비교 평가에서는 Curv시트(0.3mm), PET 그리고 Kenboard(400 g/m<sup>2</sup>)의 경우 인장강도가 3.92 MPa(40 kgf/

cm<sup>2</sup>) 이하로 타 재료에 비해 상대적으로 약한 소재로 확인되었고, KP시트의 경우 시트의 특성이 열을 가할 경우 부풀어 오르는 성질이 있어 기재로서 사용이 불가능한 것으로 확인되었다.<sup>4)</sup> 그 외의 기재는 최소한의 인장강도 3.92 MPa 보다 큰 것으로 나타났으며, CURV시트(1 mm), Twintex, LoPreFin 및 Kenboard(800, 1200 g/m<sup>2</sup>)의 인장강도는 비슷한 것으로 확인되었다.

그림 3에서 보는 바와 같이 기재별 신율 비교평가에서는 Curv시트가 소재구성의 특성으로 인해 신율이 가장 우수했으며, 나머지 기재 중에서는 KP시트를 제외하고 거의 4%의 신율을 가지고 있는 것으로 나타났다. 인장강도와 신율을 비교 평가한 결과, 검토한 6가지의 기재 중에서는 Curv시트, Twintex, Kenboard(1200 g/m<sup>2</sup>) 및 LoPreFin(2100 g/m<sup>2</sup>)가 기재로서 가장 적합한 것으로 확인되었다.

최근의 심재는 대부분 PP(폴리프로필렌) 소재로

Table 1 Substrate and core materials for multi-layered boards

Substrates				
제품명	메이커	구분	소재구성	적용사례
CURV Sheet	독일 BP사	시트	High tension pp fiber mat + PP binder	보호복, 보호대
Kenboard	독일 R+S사	펠트	Natural fiber 50% + PP fiber 50%	Door panel
LoPreFin	독일 R+S사	펠트	Pet met + Kenboard + Pet mat	Door panel
KP Seet	일본 K Plast	시트	Glass fiber 50% + PP	H/L
Twintex	프랑스 Saint-gobain	시트	G/F 60~75% + PP	Load floor
PET Composites	국내	펠트	Regular PET + Low melt PET	Head liner(일본)
Core/Foams				
제품명	메이커	구분	소재구성	적용사례
MPS Sheet	독일 MPS사	시트	PP, 격자형 구조	
Enka spacer	독일 Colbond사	시트	PET/PP, 메쉬형 구조	Spacer용
PP honeycomb	독일 Tubus bauer사	시트	PP 또는 PET, Tube로 형성	Panel 심재
Paper honeycomb	국내, 벨기에 Leuven	시트	Paper, 별집모양	Panel 심재
EPP Foam	국내	시트	Expanded PP foam	Bumper, Core
Non-woven	유럽 수개사	시트	PET, 부직포	Core

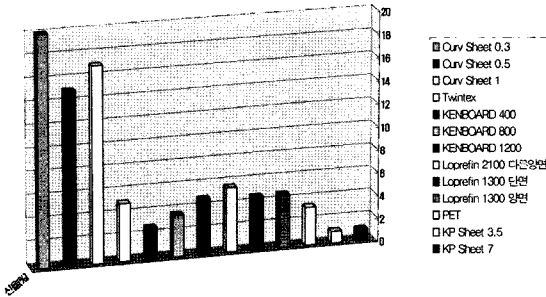


Fig. 3 Elongation of substrates

구성되어 있고, 종이를 이용한 심재도 볼 수 있다. 형태로 보았을 때는 하니컴구조 형태와 폼(foam)구조 형태를 이루고 있으며, 하니컴구조 형태의 심재는 중량이 높은 반면에 고강성 구조용으로 사용되고 있고, 폼구조 형태의 심재는 중량이 낮은 반면, 일반적인 강성구조(예 헤드라이닝, 선체이드)용으로 사용되고 있다.<sup>5)</sup> 심재의 비교평가는 소재메이커에서 제공하는 데이터(표 2 참조)를 근거로 이루어졌다. 심재는 기재에 비해 인장강도, 신율보다는 압축강도, 밀도 특성이 더 중요하여 각 심재별 압축강도와 밀도를 비교 평가하였다.

표 2에서 보듯이 심재는 압축강도와 밀도가 낮은 종류와 압축강도와 밀도가 모두 높은 종류로 구분될 수 있다. 적용부위에 따라 높은 강성보다는 무게가 가벼워야 하는 헤드라이닝 등에는 EPP 폼이나 종이 하니컴이 적합하고, 고강성을 요하는 적재함 바닥 등에는 PP 하니컴이 적합하다고 할 수 있다.

Table 2 Properties of core materials

종류	구분	두께 (mm)	밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	압축강도 (MPa)
EPP	15배	10	60	0.245
	30배	10	30	0.137
	45배	10	20	0.078
PP Honeycomb	PP 8-80	6	84	1.47
	PP 8-120	6	120	2.45
Paper honeycomb	12.5	6	25.9	0.163
Colbond-enka spacer	5020	20	23.7	-
	7018	18	15.4	-
	7020	20	19.6	-
MPS	4	4	250	0.204
	5	5	280	0.204

## 2.2 시험편 제작

전절에서 기술한 기재와 심재의 물성 평가를 바탕으로 5종의 기재 재료와 5종의 심재 재료를 조합하여 총 25종의 다층보드 시험편을 제작하였다. 다층보드는 구조적으로 양쪽에서 동시에 예열할 수 있는 프레스를 사용하여 제작하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 독일 Meyer사의 APL 미니 프레스를 개조하여 그림 4에 표시한 시편제작기를 제작하였다. 또한 기재의 종류에 따라 적절한 예열방법(직접 접촉식 예열 또는 간접 비접촉식 예열)과 예열온도, 예열시간 등 성형조건을 찾기 위하여 시편제작기 튜닝을 실시하였다.

Curv시트를 제외한 기재에서는 공통적으로 직접 접촉 예열장치를 이용하여 예열이 가능하였고 예열상 문제는 없었으나, Curv시트의 경우에는 간접 비접촉 예열장치(적외선 히터)를 이용하여 예열하는 동안 특정 예열온도 이상에서 강한 수축현상이 발생하여 성형온도조건을 찾는 데 오랜 시간이 소요되었다. Curv시트는 예열시 수축할 수 있어 수축현상을 방지하기 위한 별도의 기재클램핑장치를 시편제작기에 함께 설치하였다.<sup>6)</sup>

제작된 시편의 크기는 300×300mm이며, 두께는 기재와 심재의 조합에 따라 각각 다르게 제작되었다.

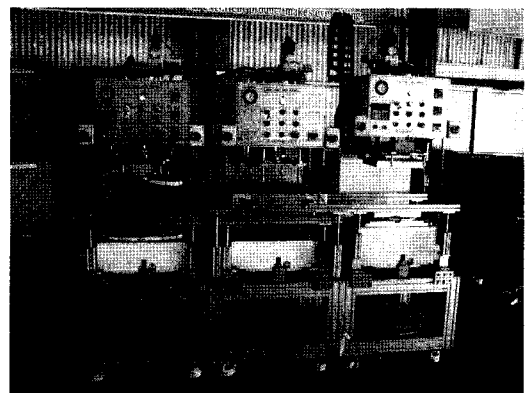


Fig. 4 Three step hot press for fabrication of multi-layered board

## 3. 다층보드 시험편의 평가

### 3.1 평가 항목 및 방법

제작된 각각의 다층보드 시험편에 대해 마감재와

의 상호호환성, 제품성형성(성형온도, 성형상태, 성형시간 등) 및 인장강도와 굴곡강도 등을 비교 평가하였다. 평가방법은 다층보드가 자동차 부품용 소재인 점을 감안해서 현대자동차가 제정한 시험방법 (MS 200-41, MS 213-49)을 따랐다. 굴곡강도와 마감재 상호호환성시험은 만능시험기(Instron 3365)를 이용하였고, 제품성형성에 대한 평가는 시편 제작 과정에서 파악된 성형온도, 성형시간, 성형후의 시편제작상태를 토대로 평가하였다.

상기의 평가 외에 자동차 내장재로서 갖추어야 할 친환경성, 흡음성 및 난연성 등은 이미 검증된 상태에서 시판되고 있는 재료들을 사용하였기 때문에 별도의 평가는 수행하지 않았다.

### 3.2 소재구성별 평가결과 및 검토

#### 3.2.1 마감재와의 상호호환성 평가

마감재와 기재는 재질성분에 따라 상호 접착성이 좋은 것과 그렇지 못한 것이 있으나, 자동차 내장재에서 요구하는 접착강도 1.0 kg/25mm (WDE T-101 규격)에는 다층보드 시편 모두가 기준을 만족하는 것으로 확인되었다.

특히, Kenboard (N/F 50% +PP fiber 50%)는 모든 마감재와 좋은 접착성을 보였으나 뒷면에 폼(foam)을 갖지 않은 얇은 마감재일 경우 표면 요철이 발생할 수 있는 문제를 내포하고 있었고, KP시트는 구조 특성상 상층과 하층의 특성이 달라 필름층인 상층은 문제가 없었으나 하층의 경우에는 별도의 접착필름이 필요하였다. Curv시트는 소재두께가 얇아 (1mm 이하) 예열 후에도 열손실이 큰 관계로 잔열을 이용한 마감재 접착은 기대할 수 없어 별도의 접착필름이 필요로 하였고, Twintex는 기지 재질이 PP 성분이라 상대적으로 성형가공성이 우수한 것으로 나타났다.

상호호환성 평가 결과 Kenboard, Twintex를 제외한 소재의 경우 별도의 접착필름이나 WEB을 사용하였으나 상호호환성 측면에서는 양호한 것으로 확인되었다.

#### 3.2.2 제품 성형성 평가

제품성형성 평가는 다층보드 시편을 제작할 때의 성형온도, 성형시간 및 성형 후의 상태를 토대로 평

가하였다. 심재와 기재의 구성에 따라 최상의 성형을 위한 예열온도가 다르게 나타났으며, 다층보드별 기재 예열온도는 표 3과 같다. 다층보드의 구성 소재가 같은 PP 성분이라 해도 소재구성, 포함된 PP량의 차이나 공정특성으로 인한 열손실로 실제 PP의 용융온도(160℃ 내외)보다 높은 180~220℃에서 대부분 좋은 성형성을 나타내었다. 기재중에 복사열을 이용하는 KP시트가 가장 높은 예열온도를 나타내었고, Twintex, Curv시트가 가장 낮은 예열온도를 필요로 하였다.

Table 3 Pre-heating temperature for the substrate materials

기재	Ken board	KP sheet	Curv sheet	LoPreFin	Twintex	PET
온도 (°C)	200	220	180	210	180	210

Curv시트의 경우, 온도에 아주 민감한 특성으로 인하여 예열온도 설정시 180℃를 기준으로 미세한 조건관리가 필요하였다. Milliken사의 MFT와 비교한 자료에 의하면 성형온도편차가 1~2℃로서 성형 온도에 아주 민감한 소재임을 알 수 있었다.

기재와 심재간 접착상태는 대부분의 시편에서 양호한 것으로 나타났으며, 마감재와의 호환성평가에서도 나타난 것처럼 Kenboard, Twintex가 심재와의 접착상태에서도 가장 좋은 것으로 확인되었다. 그 외의 기재와 심재간에는 별도의 바인더를 필요로 하는 것으로 확인되었다.

#### 3.2.3 강도 평가

다층보드 시험편에 대한 강도는 인장강도와 굴곡강도를 비교 평가하였고 그 결과를 표 4에 나타내었다. 표 4에 나타난 값들은 다층보드 시험편으로부터 추출한 시편에 대한 시험값으로 실제 이들 다층보드로 제품을 만들었을 경우에는 제품의 형상에 따라 같은 소재라 하더라도 강성에 차이가 있을 수 있다.

표 4의 값들을 살펴 보면, Kenboard를 기재로 사용한 시험편들은 Enka spacer를 심재로 사용한 시험편을 제외한 모든 시험편의 굴곡강도가 높은 것을 알 수 있다. 또한 PP 하니컴과 MPS를 심재로 사용한 시험편의 굴곡강도가 다른 시험편에 비해 상대적으로 높지만 EPP 폼, 종이 하니컴 및 Enka spacer를 심

Table 4 Tensile and flexural properties of multi-layered board specimens

Substrate	Core	인장강도			굴곡강도		
		Load at peak (kN)	Displacement at peak (mm)	Stress at peak (MPa)	Load at peak (kN)	Displacement at peak (mm)	Stress at peak (MPa)
Kenboard	EPP 40 kg/m <sup>3</sup>	1.300	1.500	18.571	0.573	6.283	12.733
Curv 0.3mm		0.540	8.857	9.004	0.072	2.184	2.663
Curv 0.6mm		1.346	14.737	19.228	0.093	2.679	3.238
Curv 0.9mm		1.784	11.390	29.740	0.093	14.098	2.624
PET		0.313	16.417	4.174	0.086	4.521	3.238
Twintex		2.207	3.593	31.525	0.096	6.125	4.071
Loprefin		0.892	1.371	13.722	0.180	3.112	7.690
Kenboard	PP honeycomb 8-80 kg/m <sup>3</sup>	0.968	1.119	13.830	0.853	6.246	15.538
Curv 0.3mm		0.418	10.131	6.617	0.088	1.588	4.382
Curv 0.6mm		1.012	12.156	14.460	0.081	0.562	2.590
Curv 0.9mm		1.318	13.097	13.177	0.200	1.465	6.403
PET		0.313	16.417	4.174	0.177	1.567	3.532
Twintex		1.608	3.408	21.440	0.181	1.675	6.650
Loprefin		0.859	1.365	8.595	0.815	5.497	18.115
Kenboard	Paper honeycomb 6t	2.139	2.789	21.393	0.520	2.500	8.215
Curv 0.3mm		0.540	8.857	9.004	0.080	1.223	5.732
Curv 0.6mm		0.558	10.206	9.305	0.048	0.783	3.438
Curv 0.9mm		1.918	14.431	42.616	0.092	7.462	6.631
PET		0.267	9.440	5.344	0.163	2.500	3.623
Twintex		1.134	4.257	18.905	0.230	1.267	8.448
Loprefin		0.908	1.801	10.809	0.197	5.120	4.388
Kenboard	MPS 3t	1.118	2.222	12.421	0.908	3.391	20.184
Curv 0.3mm		0.840	11.736	40.019	0.059	2.238	8.737
Curv 0.6mm		1.346	14.737	19.228	0.086	2.348	7.607
Curv 0.9mm		2.041	17.836	45.354	0.145	1.923	2.635
PET		0.198	15.882	1.977	0.136	3.399	5.781
Twintex		2.905	3.419	93.708	0.122	1.516	10.835
Loprefin		0.892	1.371	13.722	0.192	1.623	10.256
Kenboard	Colbond Enka spacer	1.163	1.721	10.569	0.450	8.264	4.256
Curv 0.3mm		0.540	8.857	9.004	다층보드 형태 붕괴로 측정불가		
Curv 0.6mm		1.346	14.737	19.228			
Curv 0.9mm		1.784	11.390	29.740			
PET		0.309	16.177	3.433			
Twintex		1.974	3.349	28.207	0.042	9.030	0.789
Loprefin		1.088	1.627	10.882	0.150	10.120	5.087

재료 사용된 시험편도 굴곡강도 측면에서 큰 문제는 없는 것으로 확인되었다.

시험편의 강도를 평가한 결과 구조적 강성측면에서는 다층보드의 최종 제품두께, 심재의 압축강도에 따라 차이가 있으나 적용하는 부위의 특성을 감안하여 적용한다면 강성이 낮은 형태와 강성이 높은 형태 모두가 제품화할 수 있을 것으로 파악되었다. 예를 들면, 높은 강성을 요구하는 적재함의 경우에는 Twintex나 Kenboard 기체에 고밀도 EPP 폼, PP

하니컴 및 MPS시트를 심재로 구성한 형태가 적합하고, 일반적인 저장성 보드의 경우에는 저중량 Kenboard, Curv시트 기체에 저밀도 EPP 폼을 심재로 구성한 형태가 적합할 것으로 판단된다.

### 3.2.4 경량화 평가

표 5는 국내 H사에서 생산하는 RV 차량의 부품에 대한 경량화율을 나타낸다. 패키지 트레이의 경우 38%의 경량화를 달성할 수 있고, 기타 부품의 경우도 높은 경량화율을 보이고 있다.

Table 5 Weight reduction by using the developed multi-layered board

부품	기존제품				다층보드제품				경량화율
	차종	재질	공법	중량	차종	재질	공법	중량	
Sunshade	S	마감원단 + 알루미늄	다이캐스팅	1,500g	S	마감원단+ KENBOARD + EPP폼	동시성형	1,400g	6.70 %
Package tray	L	마감원단 + 친연보드 + 철제각판	동시성형	2,220g	L	마감원단+ KENBOARD + EPP폼	동시성형	1,600g	38 %
Trunk mat	S	ABS	사출성형	3,350g	S	마감원단+ KENBOARD +EPP 폼	동시성형	2,800g	16.5 %

#### 4. 결론

완성차업체와 자동차 부품업체가 당면하고 있는 내장트림의 친환경화와 경량화 추세에 대한 대안을 제시하고자 자동차 내장트림에 적용 가능한 폴리프로필렌(PP) 단일재질로 고강성 경량인 다층보드를 제작하여 물성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 자동차용 다층보드 형태는 마감재와의 호환성, 제품 성형성, 강성 특성 및 구성소재간 접착성을 고려할 때, Kenboard + EPP 폼 + Kenboard, Twintex + PP 하니콤 + Twintex, Curv시트 + EPP 폼 + Curv시트 형태가 가장 적합하며,
- 2) 3개의 구성형태 중에서도 특히, 국내 소재조달 가능성과 경제적인 측면을 고려할 때, Kenboard + EPP 폼 + Kenboard 형태가 가장 현실적인 대안이라고 할 수 있다.
- 3) 본 연구에서 제시한 다층보드는 고강성을 요하는 적재하이나 중강성의 패키지트레이 그리고 저장성의 선쉐이드에 바로 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부의 지역산업공동기술개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### References

- 1) K. Cho, "Automotive Materials of the 21st Century," Information Center for Materials, Vol.1, pp.87-90, 2000.
- 2) R. Eller, Automotive Interior Technology Trends and the Impact of Environment / Recycling Concerns, Robert Eller Associates, Inc., pp.1-3, 2004.
- 3) J. Murphy, Strong, Light and Clean - naturally," Trans. of Automotive Sourcing, Vol.7, No.3, pp.178-186, 2000.
- 4) A. Yutaka, "Composite Material for Automotive Headliners," Trans. of JFE Technical Report, No.4, p.91, 2004.
- 5) J. Pflug, "Continuously produced Honeycomb Cores," Trans. of SAMPE 2003 US, Long Beach, CA, USA, pp.602-611, 2003.
- 6) Propex Company, Curv Self-Reinforced Polypropylene Composite Processing Guide, p.2, 2004.