

# 합판 보드 업계의 기술적 대응방안

## - 접착제 개량 기술 -

김 성 현 | 이견산업(주) 기술연구소  
 소장  
 E-Mail : shkim@eagon.co.kr

### 1. 서론

현대 산업 사회의 발달로 인해 인구의 밀집화(도시화), 현대인의 실내 생활화 그리고 건축 기술의 발달로 인한 고기밀성의 구조물이 보급 확산되었다. 고유가로 인한 에너지 절감형 단열재, 개인 사생활 보호 차원의 방음재, 고기능의 방염, 난연재 개발은 시대적 요구와 더불어 지속적으로 이루어졌으며, 이와 비례하여 실내 공간에서 화학 물질의 농도는 급격하게 증가되는 양상을 보이고 있다. 이는 하루 생활 중 90% 이상이 실내 공간에서 이루어지는 현대인에게서 다양한 형태의 건강 이상 증상이 보고되고 있다. 또한 삶의 질 향상을 갈망하는 사회적 변화는 대표적인 건축자재중 하나인 합판 보드 업계의 가공기술 변화를 요구하였다.

#### 공기질 관리법의 시행 (2004. 5)

실내에서 발생하는 오염물질은 크게 3가지로 분류할 수 있다.

1. 입자상 오염물질 : 미세먼지, 중금속(Heavy metal), 석면(Asbestos)
2. 가스상 오염물질 : 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 이황산가스(SO<sub>2</sub>), 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(HCHO), 라돈(Rn) 등
3. 병원성 세균 : 부유 세균, 낙하세균

합판 보드 업계에서도 시대적 요구에 대응하기 위해서는 인체 친화적인 제조 기술의 개발 및 적용이 시급한 현안으로 부상하였다. 이에 따라 효과적인 대처 방안을 모색하여 내부적으로는 기업의 경쟁력을 높이고 외부적으로는 고객에게 가치를 제공하는 기회로 삼아야 할 것이다. 그러므로 합판 보드 제조 기술을 공기질 관리법에 부응하는 제품 설계로 전환되어야 할 실정이다. 따라서 수중선택에서부터 합판 보드 제조시 접착제의 조건, 생산 system 등 다중 이용 시설에 관한 실내 공기질 관리법 시행에 대응하여 종합적으로 고려한 제품 설계 및 제조기술이 필요하게 되었다.

### 2. 합판/보드의 이해

#### 1) 합판(Plywood)

원목을 Rotary Knife를 이용하여 절삭한 얇은 판(Veneer)을 나무 결 방향에 대해 평행/직각으로 직교되게 배열한 후 접착제를 도포한 다음 고온/고압을 가해서 제조되는 목질 제품이다.

#### 2) 파티클 보드(Particle Board : PB)

목재를 파쇄, 분쇄하여 일정크기의 작은 Chip을 제조한 다음 합성수지(Resin)

또는 접착제(Adhesive)를 도포, 성형한 후 고온/

고압을 가해서 제조된 목질 패널 제품이다.

**3) 중밀도 섬유판 보드(Medium Density Fiberboard : MDF)**

목재를 파쇄, 분쇄하여 일정크기의 Chip을 160℃ 이상의 온도와 압력 하에서 증기로 쪼든 다음 목재섬유(Fiber)를 추출한 후 합성수지 또는 접착제를 도포한 다음 고온/고압을 가해서 제조되는 목질 판상 제품이다.

대표적인 건축자재인 합판/보드는 공통적으로 목재와 접착제를 사용하여 제조되는 목질 보드로서 현재 사용되는 목재 접착제는 주로 포름알데히드를 사용하는 열경화성 수지이다.

**2.1 수종의 선택**

합판 제조 시 수종에 따라 포름알데히드 방산량의 차이가 있으며, 그 차이는 표 1과 같다.

현재 합판 보드업계에서 주로 사용하는 수종을 대상(국내외)으로 하였으며, 그 결과에 의하면

- 1) 적색 계열의 수종이 황색/백색 계열보다 포름알데히드 방산량이 적다. ; 농색의 목재는 일

반적으로 퀴논계 화합물이나 퀴논으로 변하기 쉬운 페놀성 화합물을 함유하여 단판 자체 포름알데히드 방산을 억제한다.

- 2) 도포량이 증가될수록 포름알데히드 방산량을 급격히 증가한다. ; 접착제 내에 미반응 포름알데히드 함량이 높아질수록 방산량은 증가한다.
- 3) 단판의 함수율이 높을수록 포름알데히드 방산량이 현저하게 증가한다. ; 형성된 접착수지의 가수 분해 반응(Hydrolysis)에 의해 포름알데히드가 생성된다.

**2.2 합판 보드 제조용 접착제의 개요**

현재 합판 보드 업계에서 주로 사용하는 접착제는 포름알데히드 계열의 열경화성 수지를 사용하고 있다. 용도와 기능에 따라 다양한 접착제가 사용되는데 먼저 합판부문을 살펴보면 내장용인 경우 요소 수지, 외장용인 경우 요소-멜라민 수지와 특수 용도에 페놀 수지를 사용한다. 반면 제품의 표면까지 접착제가 노출되는 PB/MDF 는 외관 품질을 고려하여 요소 수지가 주로 사용되고 내수성을 요구

표 1. 합판마루의 수종과 포름알데히드 방산량의 관계

(단위 : mg/L)

수 종			합 판 [도포량 (g / 30cm <sup>2</sup> )]		단 판
			20	30	
남 양 재	Yellow ~ White	Terminalia	2.35	3.75	0.08
		Y. Meranti	2.27	4.17	0.52
		N. Basswood	2.67	5.07	0.22
	Red	Agatis	2.47	4.23	0.10
		Canarium	3.12	4.97	0.15
		R. Lauang	0.32	0.52	0.02
	Red	Taun	0.32	0.55	0.02
		Kapol	0.62	1.25	0.07
		Niato	0.34	0.57	0.01
		Keruing	0.55	1.03	0.00

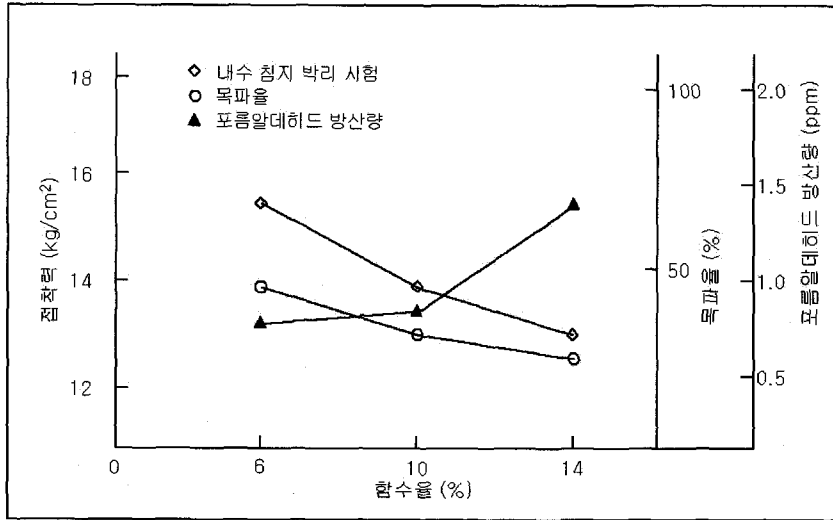


그림 1. 단판 습수율에 따른 포름알데히드 방산량

하는 특수 부위인 경우 요소 멜라민 수지가 사용되기도 한다. 하지만 다양한 소비자의 욕구에 따라 수지 사용 범위의 경계가 무너지고 복합화 되는 추세에 있다. 그러나 아미노 계열의 수지는 접착성, 취급 용이성 등 생산 효율성과 경제성이 뛰어난 반면 미반응 포름알데히드가 방산되는 문제가 발생하는 단점이 있다.

적인 접착제인 반면 생산성 및 경제성 등 모든 면에서 아미노계열의 접착제보다 떨어지는 단점이 있지만 점차 그 수요가 확대되는 추세에 있다.

기타 목재 성분 내에서 추출한 성분을 이용한 천연물계열의 Lignin, Tannin, Gum 계 접착제는 장기적인 연구 과제로 선정 추진되고 있다.

포름알데히드 계 { UF(Urea Formaldehyde) : 요소 수지  
 MUF(Melamine Urea Formaldehyde) 요소, 멜라민 수지  
 PF (Phenol Formaldehyde) 페놀 수지

비포름알데히드 계 { 수성 고분자 Isocyanate 系 수지)  
 α- Olefin-Maleic Anhyderide 수지

기타 — Lignin-Phenol 수지, Tannin 수지, Gum 계 수지 등

특수한 용도에 사용되는 비포름알데히드 계열의 접착제는 포름알데히드를 사용하지 않는 인체 친화

### 2.3 합판 보드 제조용 접착제

#### (1) 아미노계(요소수지, 요소 멜라민 수지)접착제의 설계

##### 1) Formaldehyde의 비율

비율	점도	Curing	분자량	상용성
대	소	Slow	소	좋음
소	대	Fast	대	다소 나쁨

2) M+U / F Mole 비와 2<sup>nd</sup> Urea - Melamine의 함량

M + U / F Mole 비가 감소하는 경우	2 <sup>nd</sup> Urea-Melamine의 양이 증가한 경우
약간의 고형분 증가 점도의 상승 현상 Methylol 함량 감소 Gel time 증가	약간의 고형분 증가 점도 상승 현상 Methylol 함량 증가 Gel time 증가

3) 반응 시 pH 의 영향

- ① Methylolation 반응 : 중성 또는 약알칼리 (pH 7-9)
- ② Etherification 반응 : 약 산성 (pH 5-6 )

4) 반응 시간과 온도(90°C 기준)

- ① 저온 반응: 점도 증가 , 반응 시간이 길어짐
- ② 고온 반응: 점도 감소 , 반응 시간이 짧아짐

5) Gel time 과 M + U / F mole 비와의 관계

M + U / F mole 비 증가	M + U / F mole 비 감소
겔화 시간이 짧아짐	겔화 시간이 길어짐

\* 온도가 낮을수록 겔화 시간 증가

6) 경화 반응에서 기능기(functional group)의 역할

고형분의 함량이 증가할수록 Reactive site(primary OH)가 증가 (반응속도가 증가함)

7) 중합도(Degree of polymerization)

축 합 도 大	축 합 도 小
- 점도상승으로 다공질체에 과다침투방지	- 점도가 낮아 다공질체에 과다 침투
- 세정성 불량, port life 가 짧음	- 세정성 양호, port life가 길어짐
- 경화 시간이 짧아짐	- 경화 시간이 길어짐

(2) MUF(Melamine Urea Formaldehyde) 수지

국내 내장재용 합판 제조용으로 주로 사용되는 요소계열 수지의 포름알데히드 방산량은 1.0mg/l - 6.2mg/l(Desiccator법)로 다양하게 나왔으며 또한 국내 PB/MDF는 KS 기준의 E2등급(5mg/l) 수준으로서 동남아시아 등지에서 수입되고 있는 제품 보다는 양호하지만 선진국 (호주, 뉴질랜드, 스페인)보다 상대적으로 열세에 있다. 그러므로 실내공기질 관리법의 시행에 따른 효과적인 대응에는 한계가 있다. 이에 대한 대응 방법을 살펴보면 다음과 같다.

1) M+U / F의 합성 Mole ratio를 대폭 줄이는 연구가 필요함

기존의 1.6~2.0 (M+U / F Mole ratio) 이상을 0.8 - 1.0 : 1 로 하향조정

	E2 (5mg/l 이하)	E1 (1.5mg/l 이하)	E0 (0.5mg/l 이하)
MDF	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9 이하
PB	1.2~1.3	1.1~1.2	0.9~1.1
합판	1.4~1.6	1.2~1.4	1.1~1.2

(주) 각 회사별 접착 수지 합성비가 다르고 요소와 멜라민의 함량에 따라 상기 제시된 수치는 변동 가능성이 있음.

합판 보드 제조 시 포름알데히드 방산량을 감소시키기 위해 포름알데히드함유량이 적은 저 몰비의 접착제가 사용되어야 한다. 그러나 이와 같은 접착제를 사용할 경우 접착 강도가 현저하게 떨어지는 단점이 있고, 가사 시간의 단축 등 몇 가지 문제점이 발생한다.

2) 1단 합성법에서 다단 합성법으로의 전환

Selective Methylolation(선택적 메틸올화)으로

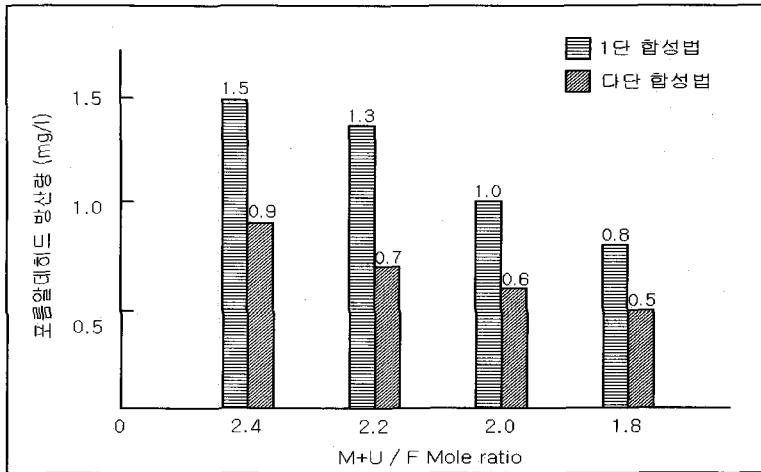


그림 2. 합성법과 포름알데히드 방산량 비교

축합 반응을 억제

3) 합성이 완료된 후 첨가제를 넣는 방법

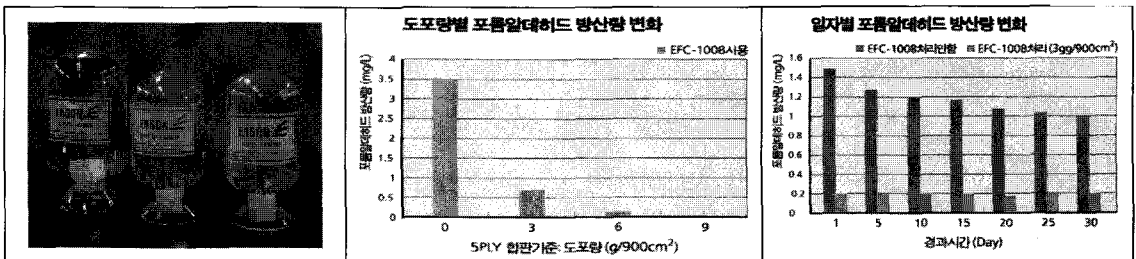
요소 powder와 염화암모늄과 같은 포름알데히드를 흡수하는 물질을 첨가하는 방법과 MDI나 Isocyanate계 prepolymer를 아미노계 수지 대비 10% 이내에서 투입하는 방법이 있다.

Isocyanate를 혼합한 수지는 저점도화가 가능하고, 가사 시간 연장으로 작업성이 우수해지며, 강도가 보강되는 장점이 있는 반면 금속과도 접착이 가능해져 프레스 열판과의 이형성의 문제가 있다.

4) Scavenger를 첨가하는 방법

Formaldehyde catcher(포름알데히드 방산 억제

포름알데히드 제거제(Formaldehyde Scavenger)



촉매

- ▶ 광촉매 : 光을 받으면 촉매 반응(활성산소 발생. VOC → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)
- ▶ 유기물 분해 상온 촉매 : KIST 청정기술연구센터 조영상 박사팀 개발(04.4.7) 알데히드류, 아민류, 벤젠류 등 분해

제)를 첨가

나열한 방법에서 회사의 실정에 맞추어 사용하면 되지만, 합성시 원재료의 합성비 조절, 다단 합성법을 통한 선택적 반응법, 그리고 첨가제를 투입하는 병용 생산하는 방식이 효과적이라 생각한다.

**(3) PF(Phenol Formaldehyde) 수지**

페놀 수지는 원재료인 페놀이 포름알데히드와 완전 반응에 가까워 미반응 포름알데히드가 거의 없는 것으로 알려져 합판 업계에서는 실내 공기질 관련법에 대한 대응용 접착제로 인식되고 있다.

또한 유럽에서는 현재 널리 사용되고 있고, 국내에서도 특수한 용도에서 점차 내장재료의 그 활용 범위를 확대하고 있는 추세이다.

아래 표는 페놀 수지 합성 몰비(F/P)의 조정을 통해 최저 수준의 포름알데히드 방산량을 산출하고자 하였다. 그 결과에 의하면 다음과 같다.

1) 페놀 수지 합성비(F/P)는 2.2 : 1 미만으로 선정해야 하며, 반응 촉매인 가성소다의 양을 초기/말기 투입량을 2 - 2.5 : 1 로 조정한다.

2) 고분자량이 낮은 경우 목재 공극 내 침투성이 좋아져 목재유분은 증가하나 잔류 포름알데히드가 많이 생성되는 문제가 있어 최적 분자량(Mw)은

100,000 내외로 축합도 조정이 필요하다.

그러나 보드 업계에서는 페놀 수지의 뛰어난 물성(저 포름알데히드, 고내수성, 고강도 등)을 실현함에도 불구하고 경화 후 검게 변하는 특유의 외관 품질 때문에 알칼리성 페놀 수지 사용이 현실적으로 어려웠다. 하지만 그 대안으로 중성 페놀 수지의 개발(2004. 일본)로 인해 상기 단점을 극복 가능한 것으로 알려져 있다.

**2.4 비포름알데히드계 접착제**

합판 보드로부터 방산하는 포름알데히드가 사회 문제가 된 것을 계기로 포름알데히드를 사용하지 않는 목재용 접착제가 개발 되었으며, 대표적인 접착제는 다음과 같다.

**2.4.1 수성 비닐 우레탄 접착제**

**1) 수성 비닐 우레탄 접착제**

주제와 경화제 (가교제)를 사용하는 수성의 2액형 접착제

- ① 주제 : 수용성 고분자를 포함한 각종 수지
- ② 경화제 : Isocyanate

Property	Resin NO.						
	1	2	3	4	5	6	7
F / P	2.5	1.9	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
iNaOH / P	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.15	0.25
tNaOH / P	0.60	0.60	0.60	0.60	0.45	0.60	0.75
Mw	<b>185,200</b>	59,460	52,410	<b>148,000</b>	<b>132,800</b>	36,350	75,580
% Solids	42.2	42.2	42.8	42.4	42.1	42.3	43.2
% Free CH <sub>2</sub> O	<b>3.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.2</b>	<b>0.3</b>
% Free phenol and OMP	<b>0.8</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
Gel time at 80°C(min )	30	208	159	107	59	89	197

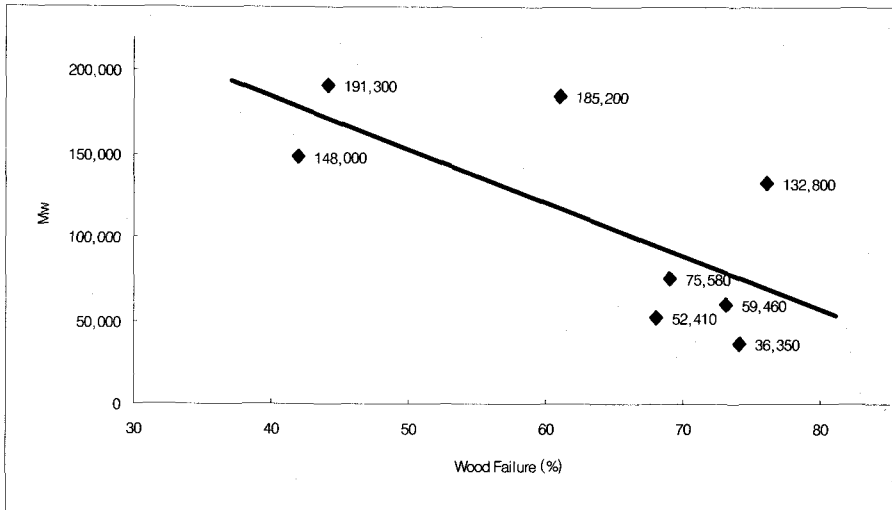


그림 3. 페놀 접착제 분자량(Mw)과 목파율 상관관계

## 2) 성분

① 주제 : 합성 고무계 수지(SBR Latex : Styrene-Butadiene Rubber)

초산비닐수지(M-PVAc : Modified-polyvinyl acetate)

수용성 고분자(열가소성 수지)

충진제(CaCO<sub>3</sub>, clay)

H<sub>2</sub>O

② 경화제 : 변성 MDI(Modified Methylene Diisocyanate)

안정제

- 금속, 플라스틱 Sheet, 무기 재료 등 각종 피착재 접착 가능

- 난 접착성 목재 접착 가능

- 중성 pH이므로 목재 오염/목재 열화가 없다.

② 단점

- 주제 / 경화제 2액형으로 점도 상승이 크다.

- 가사 시간이 짧다.

- 도포막이 건조하기 쉽다.

- 금속과의 접착이 가능하기에 열판과의 이형성 문제.

- 가격이 비싸다.

## 3) 특성

① 장점

- 가교제의 첨가량에 의해 내수 접착 성능 조절

- 고도의 내수 접착 성능

- 상온에서 접착

- 초기 접착성 우수

### 2.4.2 α-올레핀 무수말레산 공중합 수지 접착제

- 주제와 경화제를 사용하는 2액형 접착제.

1) 성분

① 주제 : Isobutene+SBR Latex+2가의 알칼리 토금속 화합물

② 가교제 : Epoxy 화합물

2) 종류 및 특징

종류	성상	특징
알칼리 타입	알칼리토류 금속화합물에 소석회사용	- 초기접착성 우수 - 상온 접착시 내수 접착성 우수 - 피착재 흡수율이 15%이상인 경우 오염발생
중성 타입	알칼리토류 금속화합물에 탄산칼슘을 사용	- 열압 접착 시 내수 접착성 우수 - 요소계 접착제와 상용성이 우수 - 초기 접착성은 알칼리 타입보다 떨어짐
개량중성	Imide 변성 Isobutene · 무수말레산 수지 사용	- 초기 접착성이 우수 - 상온 접착에도 내수 접착성 우수 - 2액 분리형 순간접착제 가능

3. 맺음말

다중 이용 시설 등에 관한 공기질 관리법의 공포(2003. 5) 및 시행(2004. 5)은 합판 보드 업계에서도 새로운 시각으로의 변화를 요구 받고 있다. 즉 환경 친화적인 제조 기술을 적용하여 인체 친화적인 제품을 생산해야 되는 당위성에 직면하게 되었다. 이에 따라 제품 설계부터 제조 공정까지 종합적인 재검토가 필요하게 되었으며, 대안으로 아래와 같은 사항을 고려하기를 바란다.

1) 합판 제조 시 수종의 선택

가공성, 생산성, 경제성 중심의 시각뿐만 아니라 수종 자체의 Formaldehyde 방산량 차이를 검토·선택한다.

2) 합판 보드용 접착제 제조 기술

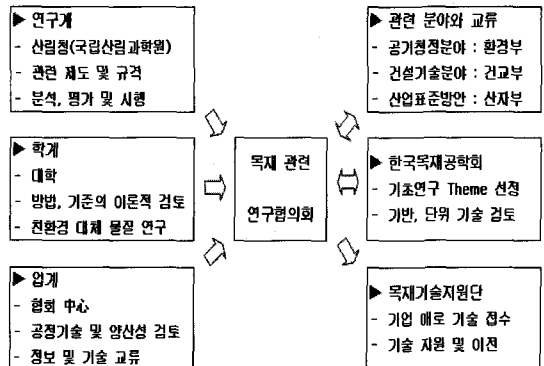
요소계열 접착제인 경우는 M+U / F Mole ratio 저감, 다단 합성법의 채택, 첨가제를 통한 저하된 물성의 보강, Scavenger의 병용 사용을 추천하며, phenol계열 접착제는 합성법의 합리적인 조정과 향후 보드 생산에 적용될 중성 페놀 수지 개발이 필요하다.

3) 비포름알데히드계 접착제와 천연물 접착제의 지속적인 연구를 통해 환경 친화적인 제품 개발에 적극 활용되어야 한다.

끝으로 합판 보드 업계에서는 실내 공기질 관리법에 대응하기 위해 대학과 국가 기관인 산림청 및 국립 산림 과학원 그리고 산업체가 공동으로 협의체를 구성하여 현재 가동 중이며, 장기적으로는 건축 자재 업계로의 기술지원 및 이전 사업을 통해 목재 업계 전반으로 확산하고자 한다.

4) 대응방향

실내공기질 관리법에 대응하기 위한 산/학/연 협의체 구성





- 참고문헌 -

1. G. W. Ball, et. Al., Forest Ind., 1979(4), 76
2. R. O. Ebrewell, et. Al., J. Appl. Polym. Sci., 52, 698 (1994)
3. 김수민, 김현중. 2002 탄닌접착제의 화학과 응용 접착 및 계면 3(5):41
4. H. G Freeman, et. al. Forest Prod. J., 18 (8), 15 (1968)
5. 日本特公 46-10189 (1971)
6. Myers, G. E. 1984. How mole ratio of UF resin affects formaldehyde emission and other properties Forest Products Journal 34(5) : 35-41
7. Pizzi A. 1989. Wood Adhesives chemistry and technology Volume 2, MARCEL DEKKER INC, New York. Pp 111-118