

습도환경에서 두께와 도장재별 MDF의 평탄도 유지방안에 대한 연구

A Study on the Scheme to Maintain the Flatness of MDF According by painting and by thickness to the Environment Humidity

정재은* / Jeong, Jae-Eun

Abstract

With the recent increase in the amount of interior materials, the medium-density fiberboard(MDF) has continued to be produced at an increasing rate. Accordingly, to prevent the deformation of MDF after its construction, secure the precision of its finishing and improve the performance of its design, this study attempted to investigate the effect of environment humidity conditions on flatness according to the field used in MDF and its relationship to other physical properties. An attempt was made to conduct this study by changing the conditions of surface treatment by moisture and by thickness. For this purpose, it is judged that it is desirable to prevent scheme to maintain the flatness by defining the coefficient of water absorption-induced length change as in the regulation on low-density soft fiberboard and adjusting the standard for wet bending strength upward. It is thought that is further studies will be conducted about the effect of material, adhesive and thermal pressure condition, production system and processing method used in MDF on its scheme to maintain the flatness and changes in length and thickness expansion.

키워드 : 중밀도섬유판, 목재, 평탄도, 습도, 판상재료, 내장재료
Keywords : MDF, Material, Wood, Flatness, Environment Humidity

1. 서론

1.1. 연구의 목적 및 의의

무한한 천연자원으로 인식되어 왔던 목재는 원료공급에서 제품수요에 이르기까지 치열한 경쟁시대로 진입하고 있다. 합판의 대체 재료로 개발된 MDF(Medium Density Fiberboard : 중밀도섬유판)가 뛰어난 가공성과 물성을 바탕으로 가구 및 내장재로서 많이 사용되고 있다.

MDF는 목재 산업에서 발생하는 막대한 양의 부산물을 제조 방법, 공정 등의 기술적 문제가 해결되면서, 이방성(異方性), 부패(腐敗) 등의 단점이 제거된 판상재료로, 폭과 길이 방향간의 수축 또는 팽윤에 의한 차이가 거의 없으며 강도의 차이 또한 10% 이내이고 뛰어난 표면 및 측면 가공성과 강도 등의 장점이 있으며 곡면으로의 절삭가공이 용이하고 도장효과가 좋아 섬세한 표현이 필요한 실내건축의 내장재로서 큰 의미가 있다고 할 수 있다.¹⁾

목질재료의 표면은 계절 또는 냉난방 등에 의한 실내환경 조

건에 따라서도 변화되므로 온, 습도의 주기적인 변화는 수분 손실과 공기 중에 있는 수분의 흡수에 의해 수축 또는 팽창된다. MDF 또한 이와 같은 여러 가지 치수변화의 조건에 의해 휘어짐, 비틀림 등의 변형을 일으키며, 목재나 합판에 비하여 흡수성은 낮지만 치수팽윤은 크게 나타나는 경향이 있다.

또한 국내 기후정보 자료²⁾ 중 상대습도가 높은 6월에서 9월까지 일별 통계를 보면 월 중 습도 80% 이상의 경우가 한 달에 77%까지 해당하기도 하고, 습도 90% 이상 또한 한 달에 45%까지 이른다. 따라서 습도가 시공현장의 중요한 요소로 지적되고 높은 습도환경에 노출되어 두께 팽창과 변형 등이 발생하고 있으며, 특히 전문기술자들은 시공 전, 후 MDF의 휘어짐에 의해 발생하는 하자로 인한 어려움을 호소하고 있는 실정에 있다.

또한 중밀도섬유판의 물리적, 기계적인 성질은 꾸준히 연구되어 왔지만 직접적인 변형의 원인이 되는 수분에 대해서 연구된 것은 그리 많지 않으며 흡수에 대한 연구도 생산단계의 연

1)김재우, MDF 섬유의 표면 형태와 접착제의 분포 관찰, 경북대 대학원, 1996.

2)기상청 기후정보 상대습도 통계자료.

* 정희원, 한국구조물성능평가원 대표이사, 안양과학대학 겸임교수

구로 표면 상태 등의 영향에 대한 연구가 이루어진 것도 비교적 근래의 일이다

따라서 본 연구에서는 MDF를 두께별, 도장재별로 구분하여 습도에 따른 평탄도를 실험적으로 규명함으로써 MDF의 시공 정밀도 저하와 휘어짐, 비틀림의 하자를 방지하고 시간이 지나도 최대한 평탄도를 유지하며 습도에 의한 휘어짐을 최소화할 수 있는 MDF의 평탄도 유지방안을 제시하고자 하는데 그 목적이 있다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

(1) MDF에 대한 이론적 고찰

시공 후 나타나는 휘어짐, 비틀림 등을 감소시키고자 제품의 특성을 연구하고 성질 및 습도를 파악하여 MDF 제작 후 시공되는 도장재와의 관계에 대하여 고찰하였다.

(2) MDF의 하자유형 및 원인 조사 분석

시공 후 나타나는 하자유형과 하자원인에 대하여 시공자를 대상으로 조사 분석을 실시하고 평탄도를 유지하기 위해 검토해야할 요구조건과 실험 항목을 설정하였다.

(3) MDF의 함수상태에 따른 실험

제조된 MDF의 평탄도에 직접적인 영향을 미치는 함수율의 변화에 대해 조사하고 재료적 특성에서의 함수에 따른 두께, 길이와 휨강도 변화에 대한 기준치를 고찰하였다.

(4) MDF의 두께, 도장 종류에 따른 평탄도 실험

습도환경에 따른 MDF의 두께 및 도장의 단계에 따라 평탄도를 파악하기 위하여 함수율, 휨강도, 습윤시 휨강도, 두께 팽창률, 길이변화율 등과 평탄도와의 상관성 실험을 실시하였다.

(5) MDF의 습도환경에 따른 평탄도 유지 방안

실험 결과를 바탕으로 사용 습도환경에서 평탄도에 영향을 미치는 조건을 각 인자간의 상관 분석을 실시하여 파악하였으며 시공 후 발생하는 휘어짐에 대한 평탄도 유지방안을 제시하였다.

2. MDF에 대한 이론적 고찰

2.1. MDF의 특성에 관한 고찰

MDF의 원료는 일반적으로 활엽수와 침엽수재의 소경목과 목재 가공공장의 폐재, 죽대기를 선호하며 일부 톱밥을 연질 섬유판, 경질 섬유판의 증량재, 펄프의 여수성 및 보드의 비중 조절용으로 섞어 쓰고 있다. 이 밖에 비목질 섬유인 버게스(bagasse)³⁾, 보릿짚, 벼짚, 옥수수대, 콩대 및 고지 등은 목재 섬유와 혼합으로 사용할 수 있다.

MDF의 성질은 원료, 제조방법, 접착제의 종류, 보드의 밀도 및 각종의 부가적인 처리 방법에 따라 크게 변화한다.

① 물리적 성질

MDF는 보드 제조과정에서 열을 많이 받아 목재성분의 열변성에 의해 대기 중의 흡습성이 목재보다는 저해된다. 그러나 내수성이 약한 요소수지 접착제를 첨가하여 제조하면 열수 또는 고온의 수증기와 접촉할 경우 섬유 구성요소간의 공극이 극단적으로 팽윤되면서 대량의 수분을 흡수하는 문제가 있다. 이에 함수율의 정확한 조절은 MDF의 정확한 치수가 요구될 때 매우 중요하다. 결합수의 양이 감소함에 따라서 강도는 증가하는데 이는 함수율의 감소가 세포벽의 경화와 함께 목질의 양도 증가시켰기 때문이다.

② 기계적 성질

MDF의 기계적 성질은 보드의 밀도에 의존하며, 평균 밀도가 클수록 모든 강도가 증가하지만, 평균 밀도가 동일할지라도 표층과 내층의 밀도차(밀도 경사)가 클수록 휨강도는 증가하며, 박리 강도는 감소한다. 휨강도는 보드의 비중과 함수율 등에 따라 변화하는데 내장재로서 벽체, 천정에 쓸 경우 보드에 직접 하중이 크게 걸리지 않으므로 그렇게 강한 강도를 요구하지 않는다. 그러나 극단적으로 다습한 장소에는 흡습에 대한 강도의 저하를 초래하므로 강도가 지탱되는 것이 필요하다.

강도는 함수율에도 영향을 미치며 보드를 보통 5~20% 함수율 범위에서 사용할 경우에는 함수율 1% 증가함에 따라 휨강도는 최대 강도의 3~5% 감소하며 함수율 20%에는 5% 강도의 30~40%에 이르게 되며 목재의 경우보다 미치는 영향이 크다. 인장강도는 휨강도에 비하여 그 영향이 작고 함수율 1% 증가에 대해 2~3% 감소하는 정도이다. 휨강도 및 인장강도 모두 함수율 3~5% 경우 최대값을 나타내는 것이다.⁴⁾

현재 국내에서 생산되는 MDF의 휨강도는 15-35N/mm²(300~500kgf/cm²) 정도이며, 목재나 합판보다는 충격강도, 피로강도 등이 약한 편이지만 파티클보드 보다 강하고 크리프 변형도 파티클보드 보다는 작은 편이다

2.2. MDF의 용도 및 품질

MDF는 가공성이 뛰어나 가구류의 부재 및 실내 건축의 벽과 천장, 몰딩과 걸레받이 등 매우 다양한 용도로 사용되고 있다.

MDF의 품질⁵⁾은 <표 1>에서 보는 바와 같이 휨강도에 따라 15형부터 35형까지 4종류이고 휨영계수는 1,300N/mm²에서 3,000N/mm²로 나타나며 함수율은 5%~13% 이하로 규제하고 있다. 습윤시 휨강도는 35형이 17N/mm² 이상, 30형이 15N/mm² 이상, 25형이 12.5N/mm² 이상, 15형이 7.5N/mm² 이상으로 규제하고 있다.

3)식물의 수부분을 제거한 사탕수수의 짜고 남은 찌꺼기로 펄프·연료용으로 사용되며 그 섬유로 만든 종이

4)신동소·박희준·김광철, 합판·파티클보드·집성재·섬유판, 금영에드컴, 1999.

5)한국산업규격, 섬유판, KS F 3200, 한국표준협회, 2002.

흡수두께 팽창률 또한 두께 7mm 이하인 것은 17% 이하, 두께 7mm를 초과하고 15mm 이하인 것은 12% 이하, 두께 15mm를 초과하는 것은 10%이하로 규정되어 있다.

<표 1> MDF의 품질 규정(KS F 3200)

종 류	함수율 (%)	휨강도 (N/mm)	습윤시 휨강도(N/mm)	흡수두께 팽창률 (%)	휨영계수 (N/mm)
35형	E0형	35.0 이상	17.0 이상	두께 7mm 이하인 것. 17이하 두께 7mm를 초과하는 15mm 이하인 것. 12이하 두께 15mm를 초과하는것. 10이하	3000 이상
	E1형				
	E2형				
30형	E0형	30.0 이상	15.0 이상		
	E1형				
	E2형				
25형	E0형	25.0 이상	12.5 이상		
	E1형				
	E2형				
15형	E0형	15.0 이상	7.5 이상	1300 이상	
	E1형				
	E2형				

2.3. MDF의 두께에 대한 고찰

MDF는 밀도 0.4~0.8g/cm³의 목질 판상제품이며 2.6mm에서 60mm 두께까지 생산하고 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 12, 15, 18mm 가 기본 규격으로 소비자의 주문이 가능하며 두께별 물성표는 <표 2>와 같다.

<표 2> MDF의 두께별 물성

규격	비중	휨강도 (kgf/cm ²)	접착력 (kgf/cm ²)	두께 팽창률		수분 흡수율		제품 함수율(%)
				2시간	24시간	2시간	24시간	
3.0mm	810	400이상	7이상	6.0이하	25±5	10.0이하	45±5	6~8
4.5mm	780	400이상	7이상	4.0이하	20±5	8.0이하	40±5	
6.0mm	770	350이상	7이상	2.5이하	12±3	6.0이하	30±5	
7.5mm	750	350이상	7이상	2.0이하	10±3	5.0이하	25±5	
9.0mm	740	350이상	7이상	2.0이하	10±3	5.0이하	25±5	
12.0mm	740	350이상	7이상	1.0이하	5±2	4.0이하	20±5	

2.4. MDF의 도장재에 대한 고찰

함수율이 도장에 미치는 영향을 분석하면 수분의 출입이 MDF의 수축, 팽윤을 야기시키고 도막의 갈라짐, 주름 등의 결함을 유도하며 함수율이 높아질수록 도료의 건조속도는 낮아지고 기포의 발생 위험성은 높아진다. 또한 함수율이 높아지면 도막 두께 불량과 도막의 부착성은 저하된다.

3. MDF의 함수 변화 실험

3.1. 인자 및 실험

본 실험은 KS F 3200⁷⁾ 규정의 섬유판 중 가구나 내장재로 많이 사용되고 있는 MDF(중밀도섬유판)를 실험편으로 사용하였으며 국내 제조업체에서 제조한 상업용을 사용하였으며 함수에 따른 인자별 변화를 파악하기 위한 연구로 본 실험의 인자 및 수준은 <표 3>과 같다.

<표 3> 함수변화 실험수준 및 인자

요인	습도(%)	두께(mm)	도장
인자	60, 70, 80, 90	6, 9, 12	무도장, 하도, 중도, 상도
수준	4	3	4

실험편은 <표 4>에 나타난 치수를 원판의 중앙 부분에서 각 시험 항목에 따라 채취하였으며 휨강도와 습윤 시 휨강도, 흡수길이 변화율에 대해서는 하나의 실험편에 나비 방향과 길이 방향을 모두 측정하고 후 평균값으로 산정하였다.

<표 4> 함수변화 실험편의 치수

실험항목	실험편치수(mm)	1배의 판에서 채취한 실험편 개수
함수율	100×100	1
휨강도	나비 50×300	길이 방향 1, 나비 방향 1
습윤시 휨강도	나비 50×300	길이 방향 1, 나비 방향 1
흡수두께팽창률	50×50	1
흡수길이변화율	70×200	길이 방향 1, 나비 방향 1

실험편의 치수에 의해 채취한 개수는 <표 5>에 나타난 것과 같이 각 실험 항목별, 두께별, 표면처리에 대하여 총 864개의 실험편을 제작하였다. 실험편은 기건 상태로서 온도 20±5℃, 습도 55%에서 항량⁸⁾에 이른 것으로 하였다.

<표 5> 함수변화 실험편의 개수

단위:mm

항목	실험편의 개수				합계
	함수변화(%)	휨강도, 습윤휨강도	흡수두께팽창(%)	흡수길이변화(%)	
유형	100×100	50×300	50×50	70×200	
6mm	96	96	48	48	288
9mm	96	96	48	48	288
12mm	96	96	48	48	288
합 계	288	288	144	144	864

6)Ibid.

7)Ibid.

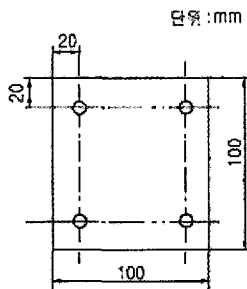
8)24시간 마다 질량을 측정하고 그 변화율이 0.1% 이하의 것.

(1) 실험편의 채취방법

실험편은 시료 중 원판의 중앙부에서 <표 4>에 규정된 실험편의 치수대로 잘라내고 판의 긴축 방향과 이에 직교하는 짧은 축 방향의 2개의 방향으로 한다.

(2) 두께 측정법

두께는 <그림 1>과 같이 모서리에서 20mm 이상 안쪽의 4점을 0.05mm 이상의 정밀도를 갖는 측정기로 측정하고 4점의 평균값으로 한다. 이 경우 측정기가 시료의 표면에 접하는 부분은 지름 6mm 이상의 원형으로 한다. 다만 치장을 목적으로 한 요철이 있는 경우는 볼록한 부분을 측정한다.

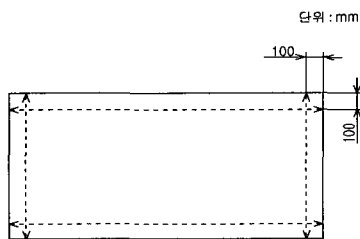


○ 표시 : 두께 측정점

<그림 1> 두께 측정법

(3) 나비 및 길이 측정법

나비 및 길이는 <그림 2>와 같이 1m 이상의 정밀도를 갖는 측정기를 사용하며 측정 위치는 모서리에서 약 100mm 안쪽에서 각 변에 평행한 나비 및 길이를 2곳씩 측정하고 그 평균값으로 한다.



<그림 2> 나비 및 길이 측정법

3.2. 실험 종류 및 방법

본 실험은 한국표준협회의 KS F 3200⁹⁾ 규정에 의거하여 실험하였습니다.

(1) 흡수율 시험

실험편의 질량(w1)을 측정 후 103±2℃의 공기 건조기에 넣어 향량에 도달하였을 때 질량(w0)을 측정하고, 소수 첫째 자리까지 산출하여 구한다. 흡수율은 재료 중에 포함되어 있는 수분의 중량을 그 재료의 건조시의 중량으로 나눈 값이다.

(2) 휨강도 시험

양끝을 받치고 위에서 하중을 가하면 중심부가 휘며 결국은 부러지는 것에 대한 강도이며 압축, 인장 및 전단 등의 외력이 복합하여 작용한다. 평행방향이 직각방향의 15배이며 목재의 휨 하중에 저항하는 목재 강도의 크기는 약 1.75 배이다.

(3) 습윤시 휨강도 A시험

실험편을 70±3℃의 온수 중에 2시간 담그고 다시 상온수 중에 1시간 담근 후 젖은 상태에서 휨강도 시험을 하여 실험편마다 휨강도를 구한다. 이때 가로, 세로 방향 각각의 평균값을 산출하여 이 중 작은 값을 습윤시 휨강도로 한다.

(4) 흡수율 시험

재료를 일정시간 물에 넣었을 때 재료의 건조 중량에 대한 흡수량의 비율이며 중량 백분율(o/wt)로 표시한다. 수침 전 실험편의 무게를 측정한 후 20±1℃의 수중에서 수면¹⁰⁾ 아래 약 3cm 깊이에 평활면을 위로 하여 수평하게 놓고 24시간 경과 후 꺼내어 표면에 남아있는 잉여 수분을 제거하고 실험편을 120mm 각의 10개의 흡수지¹¹⁾의 중앙에 놓고 그 위에 감은 크기의 약 3kg의 판 모양의 추를 포개고 약 30초 후에 꺼내어 10분 이내에 질량을 측정한다.

(5) 흡수 두께 팽창률 시험

미리 실험체의 중앙부의 두께를 0.05mm 정밀도의 다이얼 게이지 또는 마이크로미터로 측정하고 이것을 20±1℃의 수중에 수면 아래 3cm에 수평으로 놓고 24시간 담근 후 꺼내어 수분을 제거하여 두께를 측정하고 다음 식에 따라 산출한다.

(6) 흡수 길이 변화율 시험

실험편의 눈금 사이의 거리가 160mm가 되도록 눈금을 그리고, 0.01mm 이상의 정밀도를 가지는 현미경을 사용하여 눈금 간을 측정, 그것을 기준 길이로 한다. 24시간 수중에 담근 후 꺼내어 수분을 제거하여 눈금 간의 길이를 측정하고, 실험편의 전체 길이를 0.01mm 정밀도 이상의 다이얼 게이지를 갖춘 철재 계측 장치에 끼워서 측정한다. 또한 흡수 길이 변화율은 길이 방향과 나비 방향의 실험 결과 중 어느 것이든 큰 쪽 방향의 값으로 한다.

3.3. 실험 결과 및 고찰

흡수상태에 따른 MDF의 물성을 파악하기 위한 실험 결과는 <표 4>~<표 6>과 같다.

<참고> I,II : 6mm N:무도장 U:하도장 M:중도장 T:상도장 a:습도60% b:습도70% c:습도80% d:습도90%

9) 한국표준협회, Op. cit.
10) 담근 물은 pH6±1이 바람직하다.
11) 흡수지는 200g/m²의 품질의 것으로 한다.

<표 6> 실험결과표 I

실험편	흡습전		밀도 (g/cm ³)	함수율 (%)	흡습후 침강도 (N/mm ²)	길이 변화율 (%)	두께 팽창률 (%)
	침강도 (N/mm ²)	습윤침강도 (N/mm ²)					
I-N-a	34.16	14.40	0.5916	7.91	37.30	0.183	5.32
I-N-b			0.5880	9.80	34.60	0.293	6.42
I-N-c			0.5877	10.23	35.60	0.317	7.34
I-N-d			0.5805	14.41	32.75	0.420	11.34
I-U-a	33.42	14.85	0.5904	7.67	36.80	0.210	5.31
I-U-b			0.5875	8.35	36.40	0.252	6.58
I-U-c			0.5872	10.27	35.80	0.255	6.96
I-U-d			0.5832	13.27	32.70	0.447	11.03
I-M-a	35.42	15.56	0.5934	6.72	39.50	0.206	5.37
I-M-b			0.5914	8.11	35.40	0.280	6.34
I-M-c			0.5872	9.85	33.00	0.300	6.71
I-M-d			0.5820	13.70	32.40	0.424	10.66
I-T-a	36.07	16.32	0.5886	8.93	39.00	0.220	6.01
I-T-b			0.5885	8.90	38.30	0.260	6.63
I-T-c			0.5882	9.80	38.50	0.280	6.64
I-T-d			0.5855	12.90	37.30	0.390	10.34

<표 7> 실험결과표 II

실험편	흡습전		밀도 (g/cm ³)	함수율 (%)	흡습후 침강도 (N/mm ²)	길이 변화율 (%)	두께 팽창률 (%)
	침강도 (N/mm ²)	습윤침강도 (N/mm ²)					
II-N-a	28.58	13.87	0.5351	6.82	19.40	0.270	5.86
II-N-b			0.5304	11.65	16.90	0.290	8.24
II-N-c			0.5294	12.20	15.21	0.323	8.60
II-N-d			0.5284	13.23	11.60	0.400	11.12
II-U-a	26.55	14.45	0.5360	7.72	20.59	0.250	6.76
II-U-b			0.5304	10.79	19.20	0.270	8.19
II-U-c			0.5280	11.90	17.88	0.280	9.10
II-U-d			0.5261	15.29	13.21	0.490	12.38
II-M-a	28.05	14.78	0.5353	8.00	20.20	0.250	6.45
II-M-b			0.5306	10.39	19.10	0.260	7.82
II-M-c			0.5288	11.40	17.97	0.306	7.90
II-M-d			0.5264	14.35	14.33	0.440	11.55
II-T-a	28.50	16.43	0.5365	6.59	26.60	0.180	6.16
II-T-b			0.5341	9.20	18.10	0.200	6.54
II-T-c			0.5328	10.40	17.16	0.229	7.10
II-T-d			0.5296	13.53	14.07	0.360	10.64

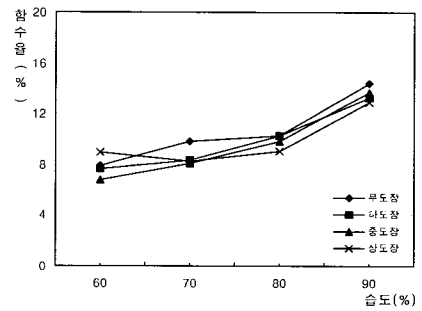
<표 8> 실험결과표 III

실험편	흡습전		밀도 (g/cm ³)	함수율 (%)	흡습후 침강도 (N/mm ²)	길이 변화율 (%)	두께 팽창률 (%)
	침강도 (N/mm ²)	습윤침강도 (N/mm ²)					
III-N-a	27.47	16.25	0.5471	6.27	19.62	0.210	5.92
III-N-b			0.5462	9.32	18.06	0.240	6.68
III-N-c			0.5389	12.67	16.90	0.290	9.30
III-N-d			0.5334	16.36	14.80	0.480	12.76
III-U-a	28.26	18.10	0.5474	7.34	22.70	0.180	6.55
III-U-b			0.5440	8.74	21.31	0.190	6.42
III-U-c			0.5401	12.42	17.70	0.340	8.86
III-U-d			0.5340	16.11	15.25	0.447	12.63
III-M-a	28.44	18.00	0.5452	7.64	25.12	0.180	5.32
III-M-b			0.5434	8.81	22.20	0.180	6.40
III-M-c			0.5411	11.08	20.25	0.210	7.65
III-M-d			0.5353	14.00	16.25	0.380	11.45
III-T-a	28.80	18.60	0.5458	6.40	23.00	0.120	5.32
III-T-b			0.5450	8.10	22.50	0.176	6.00
III-T-c			0.5387	11.65	20.53	0.275	7.53
III-T-d			0.5350	13.58	17.15	0.420	10.59

(1) 함수율 변화

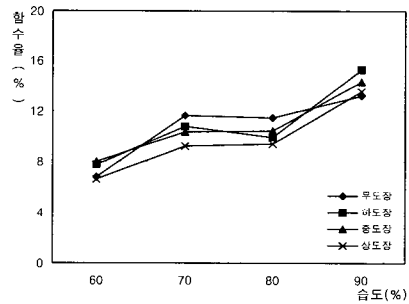
두께 6mm의 무도장 경우 <그림 3>과 같이 하도 처리한 6mm의 경우 함수율 증가는 무도장의 경우와 같으며, 습도 60%의 함수율 7.67%에 비하여 90%에서 함수율은 13.27%로 나타나 도장처리 영향으로 인해 함수율이 저하한 것으로 나타났으며 중도도 하도 경우에 비하여 약간의 함수율 저하를 보였으나 함수율은 13.70%로 나타나 KS 함수율 조건 13%를 초과하여 나타났다.

따라서 두께 6mm는 무도장, 하도, 중도, 상도 처리 모두의 경우 습도 90% 조건에서 함수율 품질 기준을 초과하는 것으로 나타나 습도환경 90%이상에 노출될 경우 함수율에 따른 MDF의 휘어짐 등이 발생할 것으로 판단되었다.



<그림 3> 습도별 함수율 변화(6mm)

두께 9mm 경우 <그림 4>와 같이 함수율은 6.59%~15.29% 범위로 나타났고 특히 90% 습도환경에서 도장 유무와 관계없이 모두 13%를 초과하는 13.23%~15.29%로 나타났다.

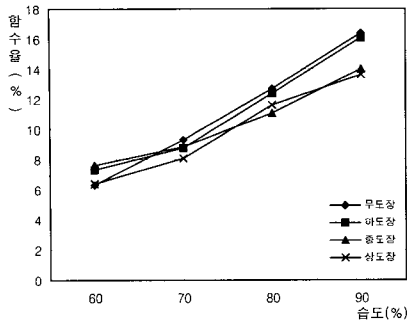


<그림 4> 습도별 함수율 변화(9mm)

두께 12mm의 경우는 <그림 5>와 같이 습도 60%, 70%에서는 6mm, 9mm의 경우와 유사하나 80%, 90%에서는 무도장의 경우 16.36%로 나타나 습도 90%의 경우 도장 처리 조건에 관계없이 60%에서 작게는 83%, 크게는 112%~160%의 함수율이 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 습도 증가에 따라 MDF의 두께가 증가할수록 함수율도 증가하였고, 도장 처리한 것이 무도장의 경우보다 함수율이 작게 나타나 도장 처리 함침 효과에 따른 것으로 보이며 도장

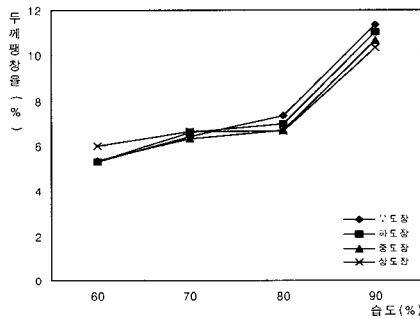
처리의 경우 함수율 변화는 도막 두께 증가와 함침 정도의 영향으로 상도에서 함수율이 작게 나타나는 것으로 판단되었다.



<그림 5> 습도별 함수율 변화(12mm)

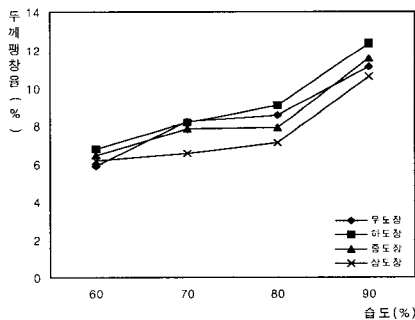
(2) 함수에 따른 두께변화

습도별 두께변화를 실험한 결과 두께 6mm의 경우 도장안한 경우와 도장한 경우 모두 습도 90%에서 현저히 팽창하는 것으로 나타났으며, 결과는 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 습도별 두께팽창률 변화(6mm)

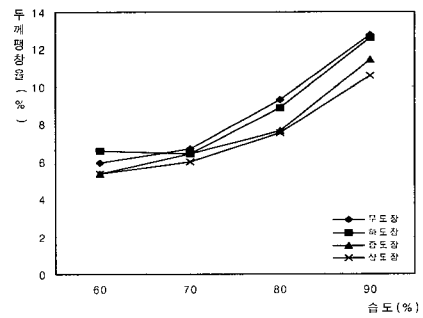
두께 9mm는 <그림 7>에서와 같이 무도장의 습도 90%에서 11.12%, 하도시 습도 90%에서 12.38%로 급격한 팽창을 보였으며 중도와 상도시 습도 90%에서 급격한 팽창현상이 나타났다.



<그림 7> 습도별 두께팽창률 변화(9mm)

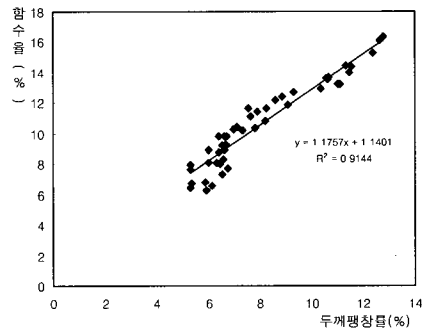
두께 12mm의 경우 <그림 8>에서와 같이 하도시 습도 각각에 6.55%, 6.42%, 8.86%, 12.63%로 나타났으며 중도는 11.45% 두께 팽창을 보였고 상도는 10.59%로 나타나 6mm와 9mm의

경우 80%에서 90%로 급격히 증가하는 것에 비하여 두께12mm의 경우 습도 증가에 따라 일정한 두께팽창률 증가를 보였다.



<그림 8> 습도별 두께팽창률 변화(12mm)

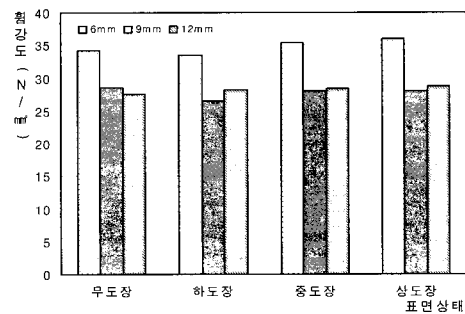
<그림 9>는 상관계수 0.908의 높은 상관성을 보여 MDF의 경우 습도 증가로 인한 함수율 증가와 함께 두께팽창률이 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다.



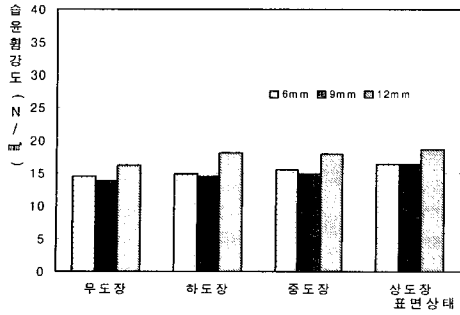
<그림 9> 함수율과 두께팽창률 관계

(3) 함수에 따른 휨강도변화

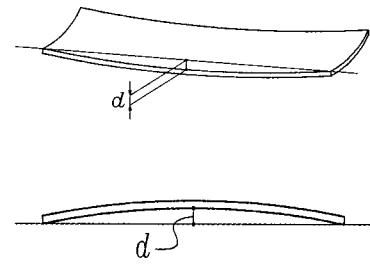
본 실험에서 적용한 습도환경으로 흡습시키기 전 상태인 MDF에 대하여 KS F 3200 규정에 따른 휨강도 변화와 물속에 침수하여 실험한 습윤휨강도 변화의 결과는 <그림 10>과 <그림 11>에 나타난 결과와 같다.



<그림 10> 두께별 휨강도 변화



<그림 11> 두께별 흡윤힘강도 변화



<그림 12> 평탄도 측정방법

두께 6mm 무도장시 58%의 강도 감소가 나타났고 하도, 중도, 상도시 흡윤힘강도는 평균 56% 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 이들 모두는 KS F 3200의 MDF 품질기준인 흡윤시 휨강도 조건을 만족하지 못하였고 두께 9mm 무도장시 휨강도는 28.58N/mm², 흡윤휨강도는 51%의 감소, 하도는 휨강도 26.55N/mm², 흡윤휨강도 46%의 감소를 보였으며, 중도는 휨강도 28.05N/mm², 흡윤휨강도 47% 감소, 상도는 42%의 강도 감소를 보였다. 또한 12mm 무도장시 휨강도는 27.47N/mm², 흡윤휨강도는 41%의 감소, 하도시 휨강도 28.26N/mm², 흡윤휨강도는 36%의 감소를 보였으며, 중도시 휨강도 28.44N/mm², 흡윤휨강도 18.00N/mm²로 37% 감소, 상도 처리한 경우 35%의 강도 감소를 보였다.

4. MDF의 평탄도 실험

4.1. 실험

실험편의 치수에 의해 채취한 실험편의 개수는 <표 9>에 나타난 것과 같이 평탄도에 대한 실험에 대해 항목별, 두께별, 표면처리에 대해 총 242개의 실험편을 제작하였다.

<표 9> 평탄도 실험편의 개수

유형	항목	평탄도
U	6mm	96
	9mm	96
	12mm	96
합 계 (개)		242

실험편의 크기를 나비 50mm×길이 300mm로 재단하여 온도 25℃, 조건에서 흡습처리 한 다음, 무게 및 치수 변화와 평탄도를 측정하였다. 길이변화는 자체 제작한 다이얼 게이지형 길이 측정기로 <그림 9>와 같이 측정하였으며, 평탄도는 투명유리판 (300×700mm) 위에서 휘어짐에 의한 최고높이 변위량을 레이저 센서로 측정하였다. 평탄도는 흡습처리 전에 대한 흡습처리 후의 휘어진 변화율을 나타낸 것이다.

4.2. 실험 결과 및 고찰

흡도환경에 따른 MDF의 평탄도를 파악하기 위한 실험 결과는 <표 10>~<표 12>와 같다.

<참고> I, ii, iii : 6mm N:무도장 U:하도장 M:중도장 T:상도장 a:습도60% b:습도70% c:습도80% d:습도90%

<표 10> 실험결과표 I

실험편	평탄도 (%)	밀도 (g/cm ³)	함수율 (%)	흡습 후 휨강도 (N/mm ²)	길이 변화율 (%)	두께 팽창률 (%)
I-N-a	0.146	0.5916	7.91	37.30	0.183	5.32
I-N-b	0.220	0.5880	9.80	34.60	0.293	6.42
I-N-c	0.250	0.5877	10.23	35.60	0.317	7.34
I-N-d	0.360	0.5805	14.41	32.75	0.420	11.34
I-U-a	0.160	0.5904	7.67	36.80	0.210	5.31
I-U-b	0.156	0.5875	8.35	36.40	0.252	6.58
I-U-c	0.220	0.5872	10.27	35.80	0.255	6.96
I-U-d	0.354	0.5832	13.27	32.70	0.447	11.03
I-M-a	0.087	0.5934	6.72	39.50	0.206	5.37
I-M-b	0.156	0.5914	8.11	35.40	0.280	6.34
I-M-c	0.200	0.5872	9.85	33.00	0.300	6.71
I-M-d	0.392	0.5820	13.70	32.40	0.424	10.66
I-T-a	0.163	0.5886	8.93	39.00	0.220	6.01
I-T-b	0.150	0.5885	8.90	38.30	0.260	6.63
I-T-c	0.170	0.5882	9.80	38.50	0.280	6.64
I-T-d	0.360	0.5855	12.90	37.30	0.390	10.34

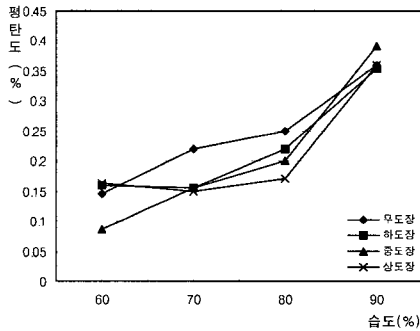
<표 11> 실험결과표 II

실험편	평탄도 (%)	밀도 (g/cm ³)	함수율 (%)	흡습 후 휨강도 (N/mm ²)	길이 변화율 (%)	두께 팽창률 (%)
II-N-a	0.096	0.5351	6.82	19.40	0.270	5.86
II-N-b	0.278	0.5304	11.65	16.90	0.290	8.24
II-N-c	0.300	0.5294	12.20	15.21	0.323	8.60
II-N-d	0.337	0.5284	13.23	11.60	0.400	11.12
II-U-a	0.188	0.5360	7.72	20.59	0.250	6.76
II-U-b	0.236	0.5304	10.79	19.20	0.270	8.19
II-U-c	0.256	0.5280	11.90	17.88	0.280	9.10
II-U-d	0.429	0.5261	15.29	13.21	0.490	12.38
II-M-a	0.104	0.5353	8.00	20.20	0.250	6.45
II-M-b	0.250	0.5306	10.39	19.10	0.260	7.82
II-M-c	0.277	0.5288	11.40	17.97	0.306	7.90
II-M-d	0.390	0.5264	14.35	14.33	0.440	11.55
II-T-a	0.135	0.5365	6.59	26.60	0.180	6.16
II-T-b	0.180	0.5341	9.20	18.10	0.200	6.54
II-T-c	0.220	0.5328	10.40	17.16	0.229	7.10
II-T-d	0.340	0.5296	13.53	14.07	0.360	10.64

<표 12> 실험결과표 III

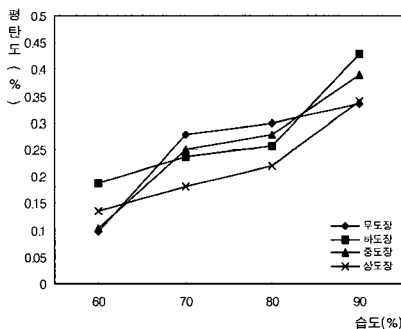
실험편	평탄도 (%)	밀도 (g/cm ³)	함수물 (%)	흡수후 휨강도 (N/mm ²)	길이 변화율 (%)	두께 팽창률 (%)
III-N-a	0.090	0.5471	6.27	19.62	0.210	5.92
III-N-b	0.125	0.5462	9.32	18.06	0.240	6.68
III-N-c	0.290	0.5389	12.67	16.90	0.290	9.30
III-N-d	0.450	0.5334	16.36	14.80	0.480	12.76
III-U-a	0.130	0.5474	7.34	22.70	0.180	6.55
III-U-b	0.180	0.5440	8.74	21.31	0.190	6.42
III-U-c	0.300	0.5401	12.42	17.70	0.340	8.86
III-U-d	0.396	0.5340	16.11	15.25	0.447	12.63
III-M-a	0.087	0.5452	7.64	25.12	0.180	5.32
III-M-b	0.140	0.5434	8.81	22.20	0.180	6.40
III-M-c	0.194	0.5411	11.08	20.25	0.210	7.65
III-M-d	0.368	0.5353	14.00	16.25	0.380	11.45
III-T-a	0.090	0.5458	6.40	23.00	0.120	5.32
III-T-b	0.140	0.5450	8.10	22.50	0.176	6.00
III-T-c	0.226	0.5387	11.65	20.53	0.275	7.53
III-T-d	0.365	0.5350	13.58	17.15	0.420	10.59

(1) 습도별 평탄도 변화



<그림 13> 습도별 평탄도 변화(6mm)

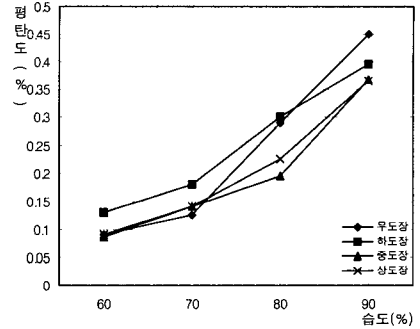
<그림 13>과 같이 6mm 무도장의 경우 습도 90%는 평탄도가 146%까지 증가하였고 하도시 121%, 중도시 79% 증가하였다. 습도 80%는 129%, 습도 90%는 350%까지 크게 증가하는 것으로 나타났다. 상도의 경우 습도 90%에서는 120%의 증가로 휘어짐 증가가 현저하였다.



<그림 14> 습도별 평탄도 변화(9mm)

두께 9mm의 경우 <그림 14>에서 같이 무도장시 습도 60%를 기준하여 90%에서 급격한 평탄도 증가가 나타나고 하도시

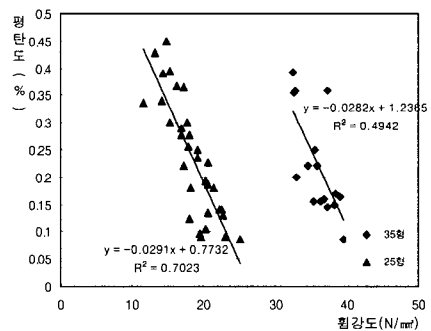
습도 60% 기준하여 90%는 128%까지 크게 증가하였으며 중도시 습도 60%를 기준하여 80%의 경우 130% 증가, 습도 90%는 275%까지 크게 평탄도가 증가하는 것으로 나타났다. 상도시 습도 80%와 90%의 경우 평탄도 증가가 현저히 증가하였다.



<그림 15> 습도별 평탄도 변화(12mm)

<그림 15>에서와 같이 습도에 따라 평탄도 0.090%, 0.125%, 0.290%, 0.450%로 나타났으며 습도 90%에서 크게 4배까지의 평탄도가 증가하였으며 하도시 90% 습도에서는 323% 평탄도가 증가하는 것으로 나타났으며 상도시 각각 56%, 61%, 151%, 305% 증가하는 것으로 나타났다. 특히 습도환경 80%와 90%의 경우 습도 60% 조건에 비하여 평탄도는 3배 또는 4배까지의 증가 경향이 나타났다.

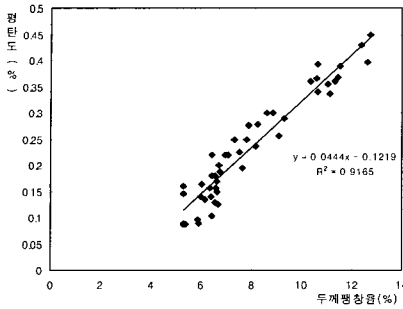
(2) 휨강도와 평탄도 변화



<그림 16> 휨강도와 평탄도 관계

<그림 16>와 같이 휨강도가 높을수록 평탄도 변화는 작은 것으로 나타났으며 휨강도와 평탄도의 관계는 밀도와 휨강도 25N/mm²의 낮은 휨강도 군보다 휨강도 35N/mm²의 휨강도 군에서 높은 상관성을 보였다. 또한 수분과 평탄도 변화가 상관관계수 0.934로 높은 상관성을 나타내는 것에 비교하면 낮은 강도의 저밀도형에서 상관성이 크게 저하한 것은 저밀도로 인한 불균형적인 습도환경에 따른 결과인 것으로 판단된다.

(3) 두께팽창률과 평탄도 변화



<그림 17> 두께팽창률과 평탄도 관계

<그림 17>과 같이 상관계수 0.916의 높은 상관성을 보여 두께팽창에 따른 변형이 심한 것으로 나타났다. 특히 습도환경 80% 이상에서 큰 폭으로 두께가 팽창하는 결과를 보여 흡습율 변화에 따른 두께팽창과 평탄도는 직접적인 관계가 있는 것으로 나타났다.

5. 결론

1. MDF는 습도 증가에 따라 두께가 증가할수록 함수율도 증가하였으며, 도장 처리한 것이 무도장의 경우보다 함수율이 작게 나타났고, 도막 두께 증가와 함침 정도의 영향으로 상도에서 함수율이 작게 나타났으며, 습도환경 60%에 비하여 습도환경 90%의 경우 KS 함수율 조건 13%를 초과하여 나타났다.

2. 습도 증가에 따른 두께와 길이변화에 대한 시험결과 습도 90%의 경우 휨강도 35N/mm²인 MDF의 경우와는 다르게 휨강도 25N/mm²의 경우 KS기준 흡수 두께 팽창률 12%를 초과하는 것으로 나타났다. 또한 단시간의 흡수두께팽창률 보다 장시간의 두께팽창률 제한이 필요할 것으로 판단된다.

3. MDF의 휨강도 변화는 습도가 증가할수록 휨강도는 저하하며, 특히 무도장, 하도, 중도, 상도 처리 모두 습도 90%의 경우 휨강도는 흡습처리 이전의 습윤휨강도 보다도 휨강도가 낮은 것으로 나타나 밀도의 저하는 휨강도 저하에 직접적인 영향이 있는 것으로 나타났다.

4. MDF의 습도 증가에 따른 평탄도 변화는 습도환경 80%와 90%의 경우 습도 60%에 비하여 평탄도는 3배와 4배까지 증가 경향이 나타났고 높은 상관성을 가지고 있어 평탄도 변화에 직접적인 영향이 있는 것으로 나타났다.

5. 습도 증가로 인해 변화하는 밀도, 휨강도, 길이변화, 두께팽창 변화 중 평탄도에 대한 상관성이 가장 높은 것은 길이변화율, 습윤휨강도, 밀도의 순으로 나타났다.

6. 중밀도섬유판은 KS F 3200 규정에 품질이 합격한 것을 반드시 사용한다.

7. 사용 자재는 규정에 따라 허용 함수비를 점검한다.

8. 자재의 반입 시 지면에서 격리시켜 보관하며, 흡습의 증가를 막기 위해 반드시 비닐덮개를 씌워야 하며, 직접 지면 또는 습기찬 물체에 접하지 않게 하고 건조 상태를 유지하여야 한다.

9. MDF는 습도 90%에서 품질저하가 심각하므로 다습 지역 및 높은 습도에서는 시공현장의 제습 처리와 함께 사용하는 MDF의 습도 관리를 철저히 해야 할 것으로 판단된다.

10. 장시간 습도가 지속되는 현장에서 시공하는 MDF는 휨강도 35N/mm² 이상인 제품을 반드시 사용하여야 하며 벽면 시공 시 2점 취부 하는 것을 원칙으로 하고 접착제를 충분히 도포하여 경화시킬 필요가 있다.

MDF 시공 시 사용 제품의 보관과 실내의 습도관리를 철저히 하고 접착을 충분하게 하며, 향후 MDF의 사용 소재, 접착제 종류 및 열압조건, 생산시스템 및 가공법이 MDF의 평탄도 및 길이, 두께팽창 변화에 미치는 영향에 대하여 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김종인, 목질판 재료의 도장처리에 의한 표면성능, 입업정보, 입업연구원, 1998.
2. 박병대·김윤수, Bernard Riedl, Effect of Wood Fiber Characteristics on Medium Density Fiberboard Performance, 목재공학, 한국 목재공학회, 2001. 9.
3. 박종영·김종인·박상범, 흡습처리가 표면도장 MDF의 굽음 변형에 미치는 영향, 산림과학 논문집, 산림청 입업연구원, 2003. 12.
4. 박종영·서수안, MDF의 물리·기계적 성능평가, 입업연구원 연구보고, 산림청 입업연구원, 1992.12.
5. 원택, 내부천공이 MDF(MDF)의 종압축강도에 미치는 영향, 농업과학기술연구, 전남대학교 농업과학연구소, 2000.12.
6. 신동소·박희준·김광철, 합판·파티클보드·집성재·섬유판, 금영 애드컴, 1999.
7. 신동원, Density Profile의 MDF의 기계적 성질에 미치는 영향, 연세대학교대학원, 2004.
8. 유신재 외, The Improvement of Physic-mechanical Properties of MDF with High Frequency Heating Technique, 목재공학, 한국목재공학회, 2000.12.
9. 이정호, 최적 MDF 제조공정 결정을 위한 실험계획 분석연구, 인하대 산업대학원, 1997.
10. 이필우 외, 전처리한 목섬유로 제조한 섬유판의 물리적, 기계적 성질, 서울대 농학 연구지, 서울대 농업 생명과학대학, 1996.
11. 이화형·홍정기, 가구용 MDF의 요소, 멜라민 공축함수지 증가량에 따른 기초 재질 연구, 임림 공학지, 1984.
12. 한국산업규격, 섬유판, KS F 3200, 한국표준협회. 2002.
13. Butterfield, Campman, L. Christie, A. Dickson. Ultrastructural characteristic of failure surfaces in medium density fiberboard. Forest Prod. J. 42(6) : 55~60. 1992.
14. Donaldson, L. A., T. D. Lomax. Adhesive/fiber interaction in medium density fiberboard. Wood Sci. Tech. 23 : 371~380. 1989.
15. Y.-t. A Comparative Study Between the Properties of FRW Fire-retardant Treated Medium Density Fiberboard and the Untreated Controlled MDF, Journal-fijian college of forestry.

<접수 : 2007. 8. 31>