

尿素樹脂 軟質 왕겨보드의 開發^{*1}

이 화 형^{*2} · 강 춘 원^{*3}

Development of Rice Hull Insulation Board using Urea Formaldehyde Resin^{*1}

Hwa-hyoung Lee^{*2}, Chun-won Kang^{*3}

ABSTRACT

This study was carried out to develop low density board made of rice hull which needs proper use. Urea formaldehyde adhesive(UF) was used. The raw materials were the mixtures of the rice hulls from IlFum, DongGin, ChuChong, etc. The physical and mechanical properties of rice hull insulation board were examined.

The results are as follows :

For the thickness of 15mm of the low density rice hull board bonded with UF resin, proper manufacturing conditions were 171°C of hot pressing temperature with thickness bar for optimum density, 12 percent of resin solid contents of rice hull oven-dry weight, and 20 minutes of hot pressing time.

These conditions meet Korean standards(KS 3201-1982) in relation to free formaldehyde emission, bending strength, water absorption and heat resistance.

Keywords : Rice hull insulation board, Urea formaldehyde adhesive

1. 서 론

최근 주거환경 재료는 시멘트, 철강, 알루미늄, 플라스틱으로 강도 위주의 재료로 변환되고 있는데, 이와 관련한 결과를 고찰하여 보면 주거환경 재료로서 가장 인체친화적인 재료는 목재라는 결론을 내리고 있

다(山田 1987, 李 1997).

그러나 우리나라에는 유일하게 많은 자원이 석회석 뿐으로, 가격이 비교적 저렴한 잇점때문에 시멘트의 주거 환경재료로서의 사용은 불가피한 실정이다. 따라서 최소한이라도 건축내장, 마루판, 벽재 및 가구재등은 목재 또는 세포구조로 되어 있는 섬유상

*1 1998년 1월 22일 접수, Received January. 22, 1998
이 연구는 농림수산기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었음.

*2 충남대학교 임산공학과, Department of Forest products, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

*3 이리농공전문대학 임산공학과, Dept. Forest Products, Iri National College of Agr. and Tech., Iri, Korea

재료를 사용하는 것이 국민건강에 좋다.

96년 산림청 수급계획(총 2천 5백만 m³)에 의하면 국내 목재 및 목질 가공품의 95%를 외국에 의존하고 있는 실정으로 국내의 목재의 공급량은 96년에 불과 118만 m³에 불과하다. 농용부산물인 왕겨는 목재이외의 섬유자원으로서 쌀 생산량(96년 592만톤)의 약 25%인 148만톤을 차지하고 있으며 마땅한 용도가 없이 정미소에서 무료로 퇴비제조용으로 양도되거나 폐기되고 있으며 그 중 일부는 특수 용도로 염가에 판매되고 있다. 만약 국내 목재 생산량의 두 배가 넘는 국내 최대의 이 섬유자원이 목질관상제품 제조에 사용된다면 농가소득에 크게 이바지하게 될 뿐만 아니라, 해외로부터 들어오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에 크게 보탬이 될 것이다.

왕겨의 습식 섬유판 제조는 李(1972)가 처음으로 연구하였으며, Francisco(1953), Amilcare(1960) 등은 granule type 자체로 시멘트와 gypsum등을 이용하여 제조하였다. Williamson(1951)은 열가소성 수지로 왕겨판을 제조하였고 Narayama(1959) 등은 페놀 수지를 이용해 왕겨를 분쇄하여 왕겨판을 제조하였고 Loew 등 (1977)은 몇가지 농업용 부산물을 pMDI 로 접착하여 비교하고 왕겨를 보드제조에 사용하였다.

그러나 왕겨는 목재파티클과 달리 형상이 쌀알 형태로 구부러져 있고 왁스와 규소층이 존재하여 목질 원료로 만든 보드 보다 1/3 정도의 강도 밖에 되지 않을 정도로 접착성이 떨어지는데 지금까지는 목질 원료와 비슷한 제법으로 왕겨제품을 중밀도 이상의 제품으로 제조하였다. 이러한 보드는 강도가 약하여 사용환경에 제약이 있었던바, 이와는 달리 저비중보드로 개발하여 현재 건축내장재로 많이 사용되고 있는 압면텍스, 석고보드, 유리섬유 등의 공해 유발 제품을 대체시켜 인체에 무해한 연질왕겨보드를 개발하고자 시도하였다.

현재 국내에서는 습식연질섬유판의 제조가 경제적인 이유로 중단되어 천정용 텍스, 벽면용 팬널, 방충국이나 녹음실용의 방음 및 흡음을 요하는 주거 공간의 흡음판 및 결로방지용 목질 자체를 전적으로 수입에 의존하고 있다.

따라서 본 연구는 이를 해결하기 위하여 왕겨와 요소수지 접착제를 사용하여 적합한 연질왕겨보드 제조방법을 개발하고 그 물리, 기계적 성질을 아울러 검토하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

2.1.1 왕겨

연질 왕겨 보드 제조용 왕겨는 대전 지역의 정미소에서 분양받았으며, 품종은 대전근교에서 재배되는 일품, 동진, 추청의 왕겨가 약 80%, 기타가 약 20%이었다.

2.1.2 목재 접착제

요소수지는 (주)동화기업에서 분양 받아 사용하였다. 이때 pH는 7.5, 고형분함량은 50%, 점도는 30cp였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1 UF연질왕겨보드의 제조

UF 연질왕겨보드의 크기는 200×180×15mm, 목표비중 0.35의 저비중보드를 5반복 제조하였다. thickness bar를 사용하였으며, thickness bar까지의 도달 시간은 50초로 하였다. 예비실험결과 130℃에서는 너무 열압시간이 많이 걸리며 190℃나 200℃에서는 표면색이 변하므로 열판 온도 171℃에서 적정열압시간을 구명하기 위하여 5분에서 30분 사이에 5분 간격으로 열압하여 제조한 각각의 보드를 비교한 예비실험 결과로부터 10분, 15분, 20분의 열압조건을 실제 보드제조에 적용하였다. 접착제의 적정첨가량을 알기 위하여 함수율 5%의 왕겨를 회전식 원형 드럼 혼합기내에서 스프레이건을 사용하여 전건 왕겨 중량에 대하여 요소수지(UF)첨가량을 12%, 15%, 18% 수준으로 처리하였다.

2.2.2 연질왕겨보드의 물성조사

제조된 연질왕겨보드의 물리적·기계적 성질을 조사하기 위하여 KS-F 3201 (1982)에 준하여 비중, 함수율, 흡수량을 측정하였고 휨강도는 Shimadzu사의 Universal Testing machine을 사용하여 측정하였다.

유리 포름알데히드 방산량은 KS-F 3104(1992)에 준하여 Shimadzu사의 UV-120-02 분광광도계를 이용하여 측정하였다. 단열성시험에는 표준과학연구소의 열전도도기를 사용하였으며, KS F 2277에 준하여 실시하였다.

2.2.3 통계처리

제조된 연질왕겨보드의 물리·기계적 성질은 각 측정 항목당 5반복으로 하였으며 그룹간의 유의성 검정은 Duncan의 신다중검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 밀도 및 함수율

UF연질왕겨보드의 밀도는 표1 및 2에서 보는 바와 같이 0.4미만으로 B급에 해당되며, 모든 함수율은 5-10% 내에 들어 모두 KS 규격에 합격하였다. 수지침가량에 따른 밀도의 효과는 표2에서와 같이 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 열압시간에 따른 밀도의 차는 표1에 나타낸 바와 같이 차이가 없었다. 밀도경사는 그림1과 같이 표층과 중층의 밀도차가 매우 적어 중층(0.37)과 표층(0.44-0.47)의 밀도비가 1:1.19-1.27사이에 있고 그 커브의 모양도 표층의 밀도가 높은 두께 범위가 매우 좁고 중층이 차지하는 두께 범위가 매우 넓으며 밀도 평균치에 거의 가까워 일반적인 PB나 MDF의 밀도경사와는 아주 다른 양상을 띄웠다. 그림1의 윗부분은 이(1993)의 MDF 밀도경

사로서 실제적인 밀도평균치는 높으나 커브의 비교를 위하여 낮추어 그림에 삽입하였으나 표층과 중층의 모양은 전형적인 형태를 나타내고 있다. 일반적으로 밀도경사는 파티클의 모양, 수분분포, 열판 하강속도, 열판온도, 수지, 원료목질의 강도 특성 등에 영향을 받으나 표층의 밀도가 중층의 밀도보다 높아 대략 밀도비가 1.3에서 1.7까지를 나타낸다 (Heebink 1972, Plath 1974, Lee 1984). 극히 얇은 보드나 압력을 가하지 않고 건조하여 제품을 만드는 인슈레이손보드를 제외하고 열압에 의하여 생기는 두께방향의 밀도경사는 열압시 매트와 온도와 습도가 불균일하기 때문에 발생하며 밀도경사가 크면 제품의 휨강도는 향상되나 내부결합도(박리강도)는 저하된다. 함수율은 낮은 열압시간에서 당연하지만 높은 수치를 나타내었다. 5분에서 30분까지 5분 간격으로 열압시간에 대한 예비 실험을 한 결과 표1에서처럼 10분 이하에서는 제조가 되지 않았고 20분 이상은 차이가 없었으므로 10분, 15분, 20분으로 정하였다.

결론적으로 UF연질왕겨보드의 밀도는 0.3을 넘고 0.4미만이므로 KS-F 3201 (1982) B급에 해당되며 함수율은 이 규격에 모두 합격하였다.

Table 1. Physical and mechanical properties of UF rice hull board under several hot pressing times

처리	Physical property						Mechanical property	
	Density(g/cm ³) (F=1.748 ^{ns})		M.C.(%)(F=12.02 ^{**})		W.A.(g/cm ³)(F=0.4967 ^{ns})		Bending strength(kgf/cm ²) (F=6.1934 [*])	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
18-10 ¹⁾	0.346 ± 0.054	A	7.15 ± 0.122	A	0.055 ± 0.012	A	13.03 ± 5.899	B
18-15 ²⁾	0.360 ± 0.047	A	5.77 ± 0.737	B	0.052 ± 0.008	A	18.46 ± 5.913	AB
18-20 ³⁾	0.396 ± 0.024	A	6.16 ± 0.266	B	0.064 ± 0.032	A	24.40 ± 2.921	A

1) Resin content 18%, hot pressing time 10 min.

2) Resin content 18%, hot pressing time 15 min.

3) Resin content 18%, hot pressing time 20 min.

* hot pressing condition : temperature 171°C with thickness bar for pressure of 6.67kgf/cm² (board thickness : 1.5cm).

* KS F 3201 - A class : density <0.3, moisture content 6-10%, bending strength ≥20kgf/cm², water absorption <0.1

B class : density <0.4, moisture content 6-10%, bending strength ≥6kgf/cm²

Table 2. Physical and mechanical properties of UF rice hull board under several resin contents

처리	Physical property						Mechanical property	
	Density(g/cm ³) (F=2.7975 ^{ns})		M.C.(%)(F=5.3609 [*])		W.A.(g/cm ³)(F=1.112 ^{ns})		Bending strength(kgf/cm ²) (F=25.07 ^{**})	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
12-20 ¹⁾	0.364 ± 0.023	A	6.39 ± 0.079	A	0.058 ± 0.015	A	13.86 ± 2.192	B
15-20 ²⁾	0.368 ± 0.023	A	5.94 ± 0.266	B	0.043 ± 0.004	A	16.03 ± 2.298	B
18-20 ³⁾	0.396 ± 0.024	A	6.16 ± 0.266	A	0.064 ± 0.032	A	24.40 ± 2.921	A

1) Resin content 12%, hot pressing time 20 min.

2) Resin content 15%, hot pressing time 20 min.

3) Resin content 18%, hot pressing time 20 min.

* hot pressing condition : temperature 171℃ with thickness bar for pressure of 6.67kgf/cm²
(board thickness : 1.5cm).

* KS F 3201 - A class : density <0.3, moisture content 6-10%,
bending strength ≥20kgf/cm², water absorption <0.1

B class : density <0.4, moisture content 6-10%,
bending strength ≥6kgf/cm²

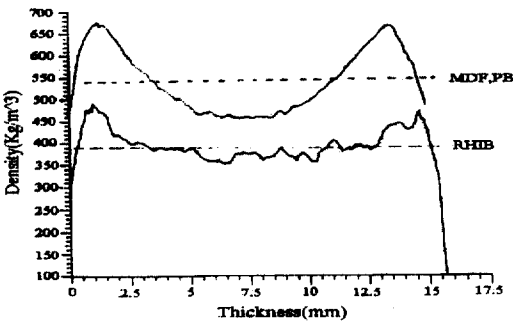


Fig. 1. Density profile of ricehull insulation board

3.2 흡수량

3.1에서 밀도는 B급이므로 흡수량 KS 규격은 해당이 없으나 표1, 2에서 UF연질왕겨보드의 흡수량은 0.1이하로 모두 KS-F 3201 (1982)의 A급에 합격하고 있어 매우 만족스런 결과를 보여주었다.

3.3 휨강도

표 1,2에서와 같이 UF연질왕겨보드의 휨강도는 모두 6이상으로 B급에 합격하고 특히 18%의 경우

열압시간에 따라 휨강도가 증가 하였고 함지율에서는 20%이상에서 A급에 합격하고 있다. 표 1, 2에서 보는 바와 같이 함지율과 열압시간이 증가함에 따라 휨강도는 증가하고 열압시간이 20분일 경우 휨강도는 24.40 ± 2.921 kgf/cm²로 나타났다.

표 1을 위하여 5분에서 30분까지 5분 간격으로 예비시험한 결과 20분 이상은 휨강도의 차이가 없고 10분 미만은 보드제조가 되지 않았다. 마찬가지로 UF 12% 함지율에서는 10분, 15분의 열압시간에서는 왕겨연질판 제조가 되지 않았으며, UF 9%, 열압시간 20분에서도 연질보드의 제조가 이루어지지 않아 압력은 thickness bar를 사용하고 B급 연질 왕겨 보드 제조를 위한 최소 열압적정 조건은 12%, 20분이었다.

3.4 유리 포름알데히드 방산량

합판, PB, MDF 등 목질판상제품으로 부터 방산되는 유리포름알데히드는 인체에 해를 주게 되므로 선진국에서는 그 양을 1ppm이하로 제한하고 있으나 KS규격은 5ppm이하로 규정하고 있어, WTO 체제에 적용하기 위하여서는 조정되어야 할 것으로 사료된다. 포름알데히드계 수치 중 특히 요소수치의 경우

이 수치로 제조한 제품으로부터 포름알데히드가 대기중에 방산될 때 밀폐된 공기중으로 방산된 포름알데히드가 농축되면 불과 몇 ppm이하의 저농도에서도 인체에 해를 초래하게 된다.

목재공업계에서는 이러한 포름알데히드계 합성수지를 제조할 때부터 물비를 낮추고 가능한 유리포름알데히드 방산문제를 야기시키지 않으려고 다각적인 방법으로 기술개발을 하고 있으며 최근에 선진국에서는 UFC를 제조하여 사용할 때 요소를 첨가하여 최종물비를 1:1로 낮추어 사용하는 방법이 이용되고 있다.

실험 결과 표3에서 보는 바와 같이, UF수지로 만든 연질왕겨보드의 경우 합지율이 15%이하에서 KS 규격을 만족시켰다.

Table 3. Free formaldehyde emission of rice hull insulation board

factor	UF		
	12 ¹⁾ -20 ²⁾	15 ¹⁾ -20 ²⁾	18 ¹⁾ -20 ²⁾
emission(ppm)	3.27	4.12	5.5

* KS 규격 : <5ppm (KS F 3104-1992 : 24hr. desiccator method)

* JIS : Eo : <0.5ppm
E1 : <1.5ppm
E2 : <5ppm (24hr. desiccator method)

1) resin content (%)
2) hot pressing time (minutes)

Table 4. Heat resistance of rice hull insulation board

specimen	Heat resistance (m ² · K/W)	remark
UF 12 ¹⁾ -20 ²⁾	0.20	KS F 3201-1982 B class : 0.19 ≤
UF 18 ¹⁾ -20 ²⁾	0.19	

1) resin content (%) 2) hot pressing time (minutes)

3.5 연질왕겨보드의 열저항

KS F 3201의 열저항규격은 B급의 경우 0.19이상으로 규정하고 있는데, 제조된 연질왕겨보드중 가장 우수한 물리, 기계적 성질을 나타내고있는 UF 18-20과 UF 12-20에 대한 열저항(m² · K/W)을 계

산한 결과, 표4에 나타낸 바와같이 0.19와 0.20으로, 이 규격을 모두 만족시켰다.

4. 결 론

국내에서 습식으로 제조된 연질섬유판은 건조에너지와 시간이 많이 들어 경제성 때문에 제조가 중지되었으나, 국내에서 생산되는 염가의 왕겨를 건식 공정에 의하여 연질왕겨보드를 제조하는 기술을 개발하고 물리적 성질과 기계적 성질을 아울러 구명한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

UF수지를 사용하여 두께 1.5cm의 연질보드를 제조할 경우 KS F 3201을 만족시키기 위한 적정 제조조건은 밀도 0.4g/cm³ 미만을 위한 두께 조정용 바를 사용할 경우 열판온도 171℃에서 적정 합지율은 12%, 열압시간은 20분이 필요하였다. 이 경우 포름알데히드 방산량은 KS를 만족시켰으며, 열저항도 KS 규격을 만족시켰다. 한편, 18% 합지율일 경우 비중은 0.4 미만이며 강도는 A급이었고 포름알데히드 방산량은 KS규격을 만족시키지 못하였다.

참 고 문 헌

- Amilcare, S. 1960 Societa Application Secondite S.A.S Ger. 1075493 (from Che. Abst. 61, p 22766 e)
- "Coregsa" Commerce, 1958. Generale S.A. Swiss, June 14.
- CSA Standard 0188-1975. Mordern PB & Dry Process FB Manufacturing. Miller Freeman Inc. p72-73
- Heebink, B.G., W.F. Lehman, and F.V. Hefty. "Reducing Particleboard Pressing Time." USDA, FPL180. USDA, FPL. Madison, Wisconsin.
- Hiziroglu, S. and Suchsland, O. 1993. Linear expansion and surface stability of particle board. Forest Prod. J. 43(4) ; 31-34
- 北原覺一, 丸山憲一郎 1970. Fiberboard and Paticle-board. Morikita Pub. Co. pp 334
- KS F 3201-1982 한국공업표준협회
- KS F 3104-1992 한국공업표준협회
- 이화형, 1972 Study on Manufacture of Hard

尿素樹脂 軟質 왕겨보드의 開發

- Board from Rice Hull, Master Thesis of Seoul National University
10. 이화형 外. 1984. 목재공학. 향문사. pp.395
 11. Lee, H.H. and T.M. Maloney 1995. "The Effect of Final Moisture Content of Mat on the Physical and Mechanical Properties of UF-bonded MDF". Mokchae Konghak 23(4):85-90
 12. 이화형 1997. 주거환경 및 가구재료로서의 목재의 환경 친화적 평가. 가구소식. 97(1):102-112
 13. Narayama, M.D and Kohle, R.C. 1959. Kunststoffe, 49, 169 India(through Che. Abst. '59, pl 6585 b.)
 14. NPA. 1986. MDF. National Particleboard Association. 18928 Premiere Court, Gaithersberg, MD 20879
 15. 山田 正.1987. 木質環境の科學, 日本 海青社, pp 484
 16. Yoshio, H. 1950. Japan 2118, July 19. (through Che. Abst. 1952, p 8898h)
 17. Williamson R. V. 1951. Mordern Plastics 28(8), 126, 128, 130, 157.