

# 요소수지의 F/U 몰비별로 제조된 목질패널의 포름알데히드 長期 放出 傾向

朴 憲\*<sup>1</sup>

## Long Term Formaldehyde Emission Trend of Wood Panels Manufactured by F/U Molar Ratios in Urea Resin Adhesive

Heon Park\*<sup>1</sup>

### ABSTRACT

---

This study was carried out to measure formaldehyde emission with the passing of two years from plywood, sliver-board and strand-board bonded with urea resins which were made of 6 F/U molar ratios. The urea resins were manufactured by six kinds of formaldehyde/urea molar ratio of 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 and 2.0.

1. The plywood with molar ratio of 1.0 satisfied the KS F3101 F<sub>2</sub> directly after manufacture. The plywood with molar ratio of 1.2 satisfied in 3 days. The plywood with molar ratio of 1.4 satisfied the F<sub>3</sub> in 3 days and the F<sub>2</sub> in 600 days. And the plywood with molar ratio of 1.8 and 2.0 satisfied the F<sub>3</sub> in 365 days, but didn't satisfy the F<sub>2</sub> in 730 days.
2. Sliver-board with molar ratio of 1.0 and 1.2 satisfied the KS F3104 E<sub>2</sub> right after manufacture. Sliver-board with molar ratio of 1.4 and 1.6 satisfied in 150 and 360 days, respectively. Sliver-board with molar ratio of 1.8 and 2.0 satisfied in 730 days.
3. Strand-board with molar ratio of 1.0 and 1.2 satisfied the KS F3104 E<sub>2</sub> directly after manufacture. Strand-board with molar ratio of 1.4 and 1.6 satisfied in 150 days. But Strand-board with molar ratio of 1.8 and 2.0 didn't satisfy in 730 days.

*Keywords* : formaldehyde/urea molar ratio, formaldehyde emission, plywood, particleboard

---

\*<sup>1</sup> 건국대학교 자연과학대학 College of Natural Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

## 1. 서론

목재는 재생이 가능한 친환경 생물자원이다. 근래에 국내에서 주택용 내장재나 사무실용 가구도 목질재료를 선호하는 경향이 날로 높아지고 있고, 주택 자체를 목재로 건축하는 목조주택에 대한 수요가 점차 증가되고 있다.

이러한 수요에 따라 목질 패널은 외장용, 내장용, 구조용 등 여러 가지 형태로 개발되어 왔으며, 특히 환경문제로 인하여 자원완전이용 및 재활용이라는 측면에서 그 이용 추세가 더욱 가속화될 전망이다.

이들 목질패널은 제조 시 접착제가 필수적으로 사용된다. 국내에서는 사용이 용이하고 접착력이 우수하며 경제성이 높은 요소수지 또는 요소수지를 기본으로 한 공축합수지 등이 주로 이용되고 있다.

그런데 요소수지는 포름알데히드 방출량이 많아 1970~1980년경 합판이나 PB 등으로부터 방출되는 포름알데히드(HCOH)가 세계적으로 큰 문제로 대두되면서 그에 대한 대처방안이 연구되고 있다.

현재 한국산업규격(KS)에서는 합판의 경우 평균 10.0mg/l 이하를 F<sub>1</sub>(준무취 : 포름알데히드에 관한 안정성을 별로 고려하지 않아도 좋은 가구, 기밀성이 높지 않고 합판의 사용량이 그렇게 많지 않으며 내장공사 후 입주까지 3주가 경과한 건축물의 내장재), 평균 5.0mg/l 이하를 E<sub>2</sub>(무취 : 일반가구, 일반 건축물의 내장재), 평균 0.5mg/l 이하를 F<sub>0</sub>(완전무취 : 포름알데히드에 관한 안정성이 특히 고려되어야만 되는 가구, 기밀성이 비교적 높은 건축물의 내장용)으로 분류하고 있다. 그리고 PB의 경우 5.0mg/l 이하를 E<sub>2</sub>, 1.5mg/l 이하를 E<sub>1</sub>, 0.5mg/l 이하를 E<sub>0</sub>로 분류하고 있는데, 노정관(1997)의 보고에 따르면 국내 생산품 및 수입품 모두가 이 기준을 만족하지 못하고 있어 이들 제품에 대한 엄격한 기준 적용이 국민건강을 위해서 필수적이라 하겠다.

본 연구에서는 포름알데히드/요소(F/U) 몰비와 목질재료의 형상 및 시간의 경과에 따른 포름알데히드 방출량을 체계적으로 구명할 필요가 있다고 판단되어 F/U 몰비를 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 등 6가지로 다르게 하여 요소수지 접착제를 제조한 후,

이를 사용하여 합판, sliver-board, strand-board를 제조하고, 제조 일로부터 2년경과 후까지 포름알데히드 장기방출 경향을 연구하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 접착제

F/U 몰비 2.0을 제조하고 1.8, 1.6, 1.4, 1.2, 1.0은 후첨가법을 이용하여 제조된 요소수지 접착제를 사용하였다.

#### 2.1.2 포름알데히드방출량 조사용 목질 패널

제조된 접착제를 사용하여 Table 1, 2의 제조공정에 의한 합판, sliver-board와 strand-board를 사용하여 포름알데히드방출량을 측정하였다.

Table 1. Plywood manufacturing condition

Size (W×L : mm)	480×700mm <sup>2</sup>
Face veneer thickness(mm)	1mm
Core veneer thickness(mm)	2mm
Plywood type	3 ply
Mixing resin (g/m <sup>2</sup> )	150g/m <sup>2</sup>
Wheat flour (g)	20% to resin weight
Distilled water (g)	10% to resin weight
Hardener(NH <sub>4</sub> Cl) (g)	0.2% to furnish weight (UF resin+wheat flour)
Resin solid content (%)	50%
Capacity of press	Auto-controlled oil-pressure(max 210ton)
Press temp. (℃)	110℃
Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	10 kg/cm <sup>2</sup>
Press time (sec)	40 sec/mm
Veneer M.C	Core : Ave. 3.6% Face : Ave. 3%

Table 2. Sliver-board and strand-board manufacturing condition

Board size (W×L×T ; mm)	480×634×12
Screen size (mm)	Sliver particle : +5.0mm, -2.0mm Strand particle : +16.7mm, -5.0mm
Target density of board	0.65 g/cm <sup>3</sup>
Resin (g)	11.8% to O.D furnish weight
Wax emulsion (paraffin wax) (g)	1.5% to O.D furnish weight
Hardener(20% NH <sub>4</sub> Cl) (g)	5% to furnish weight (UF resin+wax emulsion)
Resin solid content (%)	61±0.5%
Solid content of wax emulsion (%)	42.44%
Spray and mixing time (min)	18 mins
Atomizing pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	6.5 kgf/cm <sup>2</sup> (average)
Capacity of press	Oil-pressure Auto-controlled press 210 ton
Press temp (℃)	Upper plate : 150℃ Lower plate : 150℃
Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	First stage pressure : 40 kg/cm <sup>2</sup> Second stage pressure : 25 kg/cm <sup>2</sup> Third stage pressure : 15 kg/cm <sup>2</sup> Arrival time for target-pressure : 49 secs
Press time (min)	First stage : 3 mins 30 secs Second stage : 2 mins 30 secs Third stage : 2 mins
Particle M.C	Sliver : 0.66% Strand : 0.98%
Mat M.C	Sliver : 6.07% Strand : 6.73%

### 2.1.3 포름알데히드방출량 측정용 시약

포름알데히드방출량 측정에 1급 시약 초산 암모늄, 빙초산, 아세틸아세톤, 0.1N 요오드용액, 1N 수산화칼륨, 1N 황산수용액, 0.1N 티오황산나트륨 등을 이용하였다.

## 2.2 실험방법

제조된 요소수지 6가지 몰비의 목질패널(합판, sliver-board와 strand-board)에서 방출되는 포름알데히드방출량을 시간의 경과에 따라 KS F3101(보통합판), KS F3104(파티클보드)에 준하여 조사하였다.

### 2.2.1 포름알데히드방출량 측정

제조된 목질패널에서 방출되는 포름알데히드를 각 몰비 별로 제조 일로부터 2년경과 후까지 측정하였다. 제조 후 보관 실험실의 조건은 평균온도 16.4℃, 평균습도 50.78%였다. 시편 수는 KS 규격에 따라 50×150mm 크기의 시편을 합판의 경우는 10매, sliver-board 및 strand-board는 9매의 시편을 사용하였다. 포름알데히드 방출량은 Shimadzu사의 UV-visible recording spectrophotometer (Model UV-160)로 416nm에서 흡광도를 측정 한 후, 검량선(농도(ml/l)=7.45349×흡광도-0.056, 상관계수 r<sup>2</sup>=0.999878)으로 비색 정량 하였다.

본 연구는 기 발표된 보고서(1998, 1999)의 계속

된 결과로서 일관성 있는 자료를 나타내기 위하여 기 발표된 자료를 포함하여 그래프를 작성하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 목질패널 포름알데히드 방출

##### 3.1.1 합판

합판의 F/U 몰비별, 시간 경과에 따른 포름알데히드 방출량을 측정하여 비교한 결과를 Fig. 1에 나타냈다. 그림에서 보듯이 F/U 고몰비에서 포름알데히드 방출량이 많음을 알 수 있으며, 시간 경과에 따른 방출량도 150일 경과 후까지 감소됨을 알 수 있었다. 몰비 1.2의 경우 1일 경과 시를 제외하고는 몰비 1.0의 경우와 함께 KS E<sub>2</sub>를 만족하였다. 몰비 1.4의 경우 제조 후 3일 경과 후부터는 KS E<sub>2</sub>치를 요구하는 곳에 사용할 수 있으나 KS E<sub>2</sub>치를 요구하는 곳에서는 600일이 경과한 후에야 사용할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 몰비 1.6, 1.8, 2.0의 경우 제조 후 365일이 경과해야만 KS E<sub>2</sub>치를 요구하는 곳에 사용할 수 있으며, 730일이 경과해도 KS E<sub>2</sub>치를 요구하는 곳에서는 사용할 수 없음을 알 수 있었다.

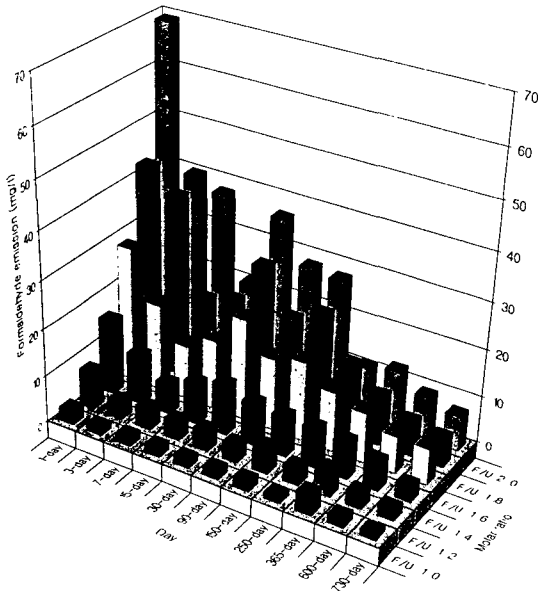


Fig.1 Formaldehyde emission values from plywood.

##### 3.1.2 Sliver-Board

Sliver-board에서 방출된 포름알데히드 방출량을 F/U 몰비별, 시간 경과에 따라 측정하여 비교한 결과를 Fig. 2에 나타냈다. 이 그림을 보면 F/U 고몰비의 요소수지에서 포름알데히드 방출량이 많음을 알 수 있었다. 그리고 초기에는 방출량이 큰 편차를 보이면서 많았으나 250일부터 730일까지는 방출수준이 매우 저하됨을 알 수 있었다. KS의 E<sub>2</sub>형과 본 연구에서 나타난 결과와 비교하여 보면 F/U 몰비 1.8 이상에서는 제조 후 730일이 되어야 기준을 만족시키고 있었으며, F/U 몰비 1.6의 경우 제조 직후인 1일이 경과해서 방출량이 점차 증가하다가 7일째부터 감소되는 추세를 보이며 365일이 되어야 E<sub>2</sub>기준을 만족시키는 것을 알 수 있었다. 따라서 모든 조건이 본 실험과 동일하다면 sliver-board에 사용되는 요소수지의 몰비는 1.2 이하이어야 하며, 몰비 1.4는 제조 후 150일이 지난 후에, 몰비 1.6은 365일이 지난 후에, 그리고 몰비 1.8 이상은 730일이 지난 후에 E<sub>2</sub>기준에 요구되는 곳에 사용이 가능하다는 결론을 내릴 수 있었다.

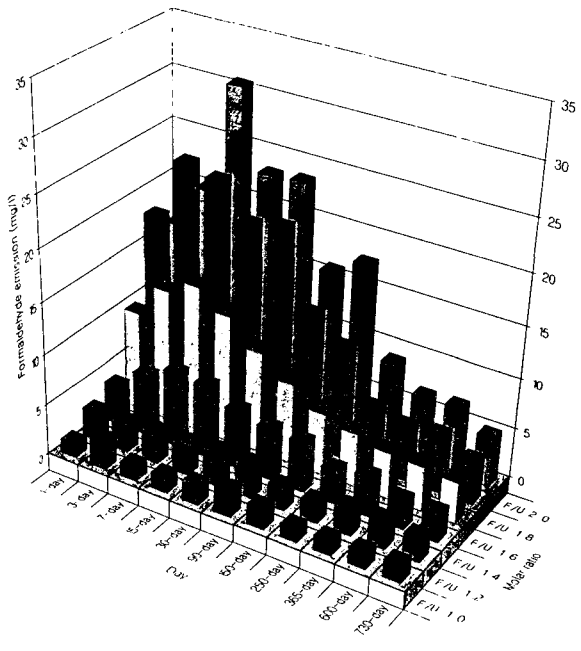


Fig.2 Formaldehyde emission values from sliver-board.

### 3.1.3 Strand-Board

F/U 몰비별 시간 경과에 따른 strand-board의 포름알데히드 방출량을 측정하여 비교한 결과는 Fig. 3에 나타났다. 이 그림에서 보듯이 strand-board는 sliver-board의 경우보다는 초기 방출량이 많았다. 이것은 목질패널원료(element)가 strand형으로서 element가 다소 큼에 따라 포름알데히드 방출에 더 기여하게 된 데 따른 것으로 사료되며, 이러한 경향은 제조 후 730일까지 계속되었다.

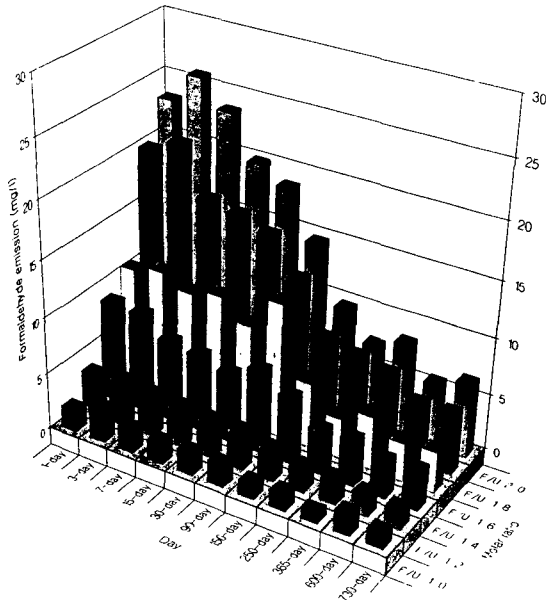


Fig.3 Formaldehyde emission values from strand-board.

F/U몰비 별 포름알데히드 방출량을 살펴보면 제조 직후 F/U 몰비 1.4, 1.6, 1.8 및 2.0은 KS E<sub>2</sub>형을 만족시키지 못하였고, 몰비 1.0, 1.2는 제조 직후부터 만족시키는 것으로 나타났다. 몰비 1.4, 1.6은 150일이 지나야 KS E<sub>2</sub> 기준을 요구하는 곳에 사용이 가능하지만 몰비 1.8과 2.0의 경우 시간이 경과함에 따라 포름알데히드 방출량은 감소하고 있으나 제조 일로부터 730일이 되어도 E<sub>2</sub>기준에 도달하지 못하였다.

## 4. 결 론

본 실험은 포름알데히드/요소(F/U) 몰비 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 및 2.0으로 제조된 접착제로 만들어진 합판, sliver-board와 strand-board에 대하여 제조 일로부터 730일경과 후까지의 포름알데히드 방출량을 측정하여 실험 결과는 다음과 같다.

1. 합판은 F/U 몰비 1.0의 경우 제조 직후부터, 몰비 1.2는 제조 후 3일 경과 후에 KS F3101의 F<sub>2</sub>를 만족하였으며, 몰비 1.4는 제조 후 3일 경과 후에 F<sub>3</sub>를, 600일 경과 후에 F<sub>2</sub>를 만족하였다. 또한 몰비 1.8과 2.0의 경우 제조 후 365일경과 후 F<sub>3</sub>를 만족하였으나 730일이 경과해도 F<sub>2</sub>를 만족하지 못하였다.
2. Sliver-board는 F/U 몰비 1.0과 1.2의 경우에는 제조 직후부터, 몰비 1.4에서는 제조 후 150일, 몰비 1.6의 경우 365일, 몰비 1.8과 2.0에서는 730일이 지나서 KS F3104의 E<sub>2</sub>형을 만족시켰다.
3. Strand-board는 F/U 몰비 1.0과 1.2는 제조 직후부터 몰비 1.4와 1.6은 150일이 지나서 E<sub>2</sub>형을 만족시켰으나 몰비 1.8과 2.0의 경우에는 제조 일로부터 730일이 경과되어도 기준을 만족시키지 못하였다.

## 참 고 문 헌

1. Carlson, F. E., E. K. Phillips, S. C. Tenhaeff, W. D. Detlefsen. 1995. A Study of Formaldehyde and Other Organic Emissions from Pressing of Laboratory Oriented Strandboard. Forest Prod. J. 45(3):71-77.
2. Gollob, L. 1990. Understanding today's UF resins. Part A. General considerations. Proceedings of the NPA Resin and Blending Seminar. Forest Products Research. May 3/4:9-14.
3. Kennedy, H. 1990. Understanding today's UF resins. Part C. Formulating UF resins for

- different wood furnish. Proceedings of the NPA Resin and Blending Seminar. Forest Products Research. May 3/4:20-28.
4. Margosian, R. 1990. Initial formaldehyde emission levels for particleboard manufactured in the United States. Forest Prod. J. 40(6):19-20.
  5. Marutzky, R. and L. Ranta. 1980. The properties of UF-resins with low formaldehyde content and particleboards bound with these resins. Part II: Influence of the molar-ratio on board properties. Holzals Roh-und Werkstoff 38:217-223.
  6. Myers, G. E. 1984. How mole ratio of UF resin affects formaldehyde emission and other properties: A literature critique. Forest Prod. J. 34(5):35-41.
  7. Myers, G. E. 1985. The effects of temperature and humidity on formaldehyde emission from UF-bonded boards: A literature critique. Forest Prod. J. 35(9): 20-31.
  8. Myers, G. E., J. A. Koutsky. 1987. Procedure for measuring formaldehyde liberation from formaldehyde-based resins. Forest Prod. J. 37(9):56-60.
  9. Myers, G. E., J. A. Koutsky. 1990. Formaldehyde Liberation and Cure Behavior of Urea-Formaldehyde Resins. Holzforschung. 44(2):177-126.
  10. Rammon, R. 1990. Understanding today's UF resins. Part B. Formulating UF resins for different board plants. Proceedings of the NPA Resin and Blending Seminar. Forest Products Research. May 3/4:15-19.
  11. Sundin, E. B., B. Mansson, E. Endrody. 1997. Particleboard with different contents of releasable formaldehyde: A comparison of the board properties including results from four different formaldehyde tests. Proceedings 21th International Particleboard/Composite Materials Symposium W.S.U 1987 139-185.
  12. Zinn, T. W., D. Cline, W. F. Lehmann. 1990. Long-term study of formaldehyde emission decay from particleboard. Forest Prod. J. 40(6): 15-20.
  19. 노정관. 1994. 목재용 접착제의 최근 동향. 목재공학 22(2):5-18.
  20. 노정관, 김종인. 1997. 저포름알데히드 방산 요소수지 접착제의 합성과 접착성능. 산림과학논문집(55):32~39.
  21. 노정관. 1997. 목질접착제품의 포름알데히드 방출문제 및 개선대책. '97한국합판·MDF·파아티클보드 심포지엄. 125-157.
  22. 노정관, 김종인, 강은창. 1998. 국내 유통 목질 접착패널의 포름알데히드 방출량. '98학술발표논문집. 156-161.
  23. 박헌, 유명삼, 강은창. 1998. F/U 몰비의 변화가 UF Resin과 목질 Composite의 Formaldehyde 방출에 미치는 영향. 한국가구학회지 제9권:49-57.
  25. 박헌, 유명삼. 1999. 제조 후 1년 경과된 Strand/Sliver Particleboard의 F/U 몰비별 Formaldehyde 방출량에 관한 연구. 건국자연과학연구지 제10집(2):169-174.
  24. 임업연구원. 1994. 목질재료의 신접착기술. 임업연구원 연구자료 제97호:12-20.