

저온탄화처리 폐가구재로 제조한 재생보드의 물성¹

서인수² · 이민경² · 이화형² · 강호양^{2*}

Properties of Recycled Board Made of Disused Wooden Furniture Carbonized at Low Temperature

In-Su Seo² · Min-Gyoung Lee² · Hwa-Hyoung Lee² · Ho-Yang Kang^{2*}

ABSTRACT

This study was carried for recycling laminated PB and MDF of disused furniture. PB and MDF particles taken from disused furniture were heat-treated at 250°C and four levels of treatment time, 2, 4, 6 and 8 hours. The recycled boards were made with heat-treated particles after milling and screening with 100 mesh. The bending strength of the recycled boards were lower than that of virgin boards while their anti-swelling efficiency were much improved. Their formaldehyde emissivity were very low. Thus it was concluded that the recycled boards are prospective environment-friendly material for interior construction.

Key words : recycled board, disused furniture, low-temperature carbonization, PB, MDF

2008년 7월 24일 접수; 2009년 5월 28일 수정; 2009년 6월 3일 채택

¹ 본 연구는 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

² 충남대학교 농업생명과학대학 환경임산자원학부(Division of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

* 교신저자 : 강호양(E-mail: hykang@cnu.ac.kr, Tel: +82-42-821-5758)

1. 서 론

현재 우리나라의 목질보드 산업은 전체 목재 원료 94%를 수입에 의존하는 형편이어서 그 수급에 많은 어려움이 있다. 이러한 한국의 목질보드 산업발전을 위해서는 새로운 기술개발과 에너지 절약 공정 개발 및 생산성 향상, 그리고 안정적인 보드 산업을 위해서 원료확보가 무엇보다 시급히 필요하다고 할 수가 있겠다. 더욱이 교토의 정서 기후 협약의 대비를 위해서는 산림 사업 뿐만 아니라 목재 및 목질 재료의 재활용을 통한 이산화탄소 절감방법이 무엇보다 필요하다고 할 수 있다.

최근 한국에서 하루에 폐기되는 목질 계 폐기물은 표 1과 같이 4080톤에 이른다. 이 중에서 생활 계 폐목재는 2308톤 중 9%인 214톤만이 재활용되고 843.7톤이 매립되고 1250톤이 소각되고 있다(환경부, 2007).

하지만 매립은 법적으로 금지되어 있으며, 소각 또한 타 쓰레기와 발열량 차이로 고비용의 로를 상하게 할 수 있어 실제로 외면되고 있는 실정이다(김외정, 1999). 이러한 폐기는 경제적, 환경적, 그리고 자원적인 측면에서 볼 때 크나큰 낭비이다. 폐기물의 재활용면에서 미국의 경우 접착제가 포함된 PB, MDF는 최대 2%까지만 허용한 것으로 목질 폐기물 가공업자들이 추정하고 있다.

지금까지 목질 폐기물의 재활용을 보면, 사업장에서 나온 Pallet등의 우수한 폐기물은 MDF나 PB용으로 사용되고 있으며, 외국에서는 Shaving이나 톱밥을 이용하여 MDF를 만드는 것이 보고되고 있다(Malony, 1993). 폐MDF폐잔재에 관한 연구는 MDF재단 공정에서 부산되는 폐재를 회수하여 다시 Chipping, 증기처리, 해섬 공정을 거쳐 제품화했지만, 질이 떨어진 것으로 보고하고 있으며, Chipping후 햄머밀로 2차 파쇄하여 재생보드를 만들었으나 휨강도는 반으로 감소됨을 보고하였다(CWC, on line). 또한, 폐MDF를 Chipping 후 폭쇄처리하여 재생보드를 제작하였으나, 역시 섬유질의 절단에 의해 섬유장 길이가 감소하여 이에 따른 강도저하를 보였다(이 등, 2005).

이와 함께 문제로 제시되는 사항이 실내공기청정기 제품에서 발생하는 포름알데히드나 TVOC(휘발성유기화합물)이 문제로 대두되면서, 목질재료(합판, PB, MDF, 집성재 등)의 제조에도 위의 사항이 필수불가결한 고려사항이 되었다(한국합판공업협회, 1997). 특히 친환경 건축자재 인증제도에 의한 건축물의 내장재로 사용되는 일반자재(합판, 바닥재, 벽지, 목재, 판넬 등), 페인트, 접착제 등이 중요한 고려사항이 되었다. 현재 생활 목질 폐잔재 대부분이 폐가구재나 창호재, 건축 폐목재등으로 표면을 오버레이된 재료나 재료안의 접착제가 유해성분이 문제가 될 수 있다(한 등, 2004).

Table 1. Wood waste in 2007(ton/day)

	incineration	(%)	reclamation	(%)	recycle	(%)	except	(%)	total
livelihood	843.7	36.5	1,250	54.1	214.3	9.3	0.8		2,308.8
Industry	8.4	0.7	211.6	16.8	715.1	56.8	322.8	25.7	1,257.9
Building	2.1	0.1	219.2	12.4	1551.1	87.5	0		1,772.4
total	854.2	16	1,681	31.5	2,481	46.5	324	6.1	4,081

따라서 본 연구는 합판, PB, MDF 등으로 구성된 폐가구재의 열처리 시간 변화를 통하여 그 유해성분 제거 방안을 모색하며, 이를 보드로 제조하여 열처리의 시간에 따른 물리·기계적인 성질 및 포름알데히드 방산량을 규명하여 열처리를 통한 폐가구재의 재활용 가능성을 알아보기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1. 목질재료

시중에서 가구용으로 사용되었던 PB와 MDF를 표면처리된 채로 열처리 한 후 100Mesh 이하로 분쇄하고 송풍방식으로 표면재를 분리한 PB와 MDF 2가지 종류의 파티클을 보드의 원재료로 사용하였다.

2.1.2. 접착제

재생보드 제작을 위한 접착제는 비포름알데히

드계 접착제인 수성비닐계접착제(PVA, NVC=42%)와 이소시아네이트계 접착제(MDI, NVC=100%)를 고형분함량(NVC)을 기준으로 1:1로 혼합하여 이용하였다(이, 1992).

2.2 실험 방법

2.2.1 열처리 방법

열처리기는 Fig 1과 같이 제작된 기기로서, 내부 chamber 규격은 1360×550×550 mm³, 최고 도달 온도 350℃, 내부최대압력 3기압이 되도록 설계하였다(강, 2008). 가열된 내부공기를 빼내는 밸브를 상부에, 일정한 압력 하에서 응축수가 자동으로 배수되도록 Ball top type 밸브를 하부에 설치하였다. chamber 내부와 목재의 온도를 측정할 수 있도록 열전쌍 등 온도센서를 연결할 수 있는 단자를 설치하였다. 모식도의 superheated steam generator와 control panel은 chamber 하부에 설치되어 있다.

Fig 2는 폐가구재의 열처리 과정과 이를 분쇄한 원료를 나타낸 그림이다 PB와 MDF 조각을 열처리에 넣은 후 처리조건은 목표온도를 250℃

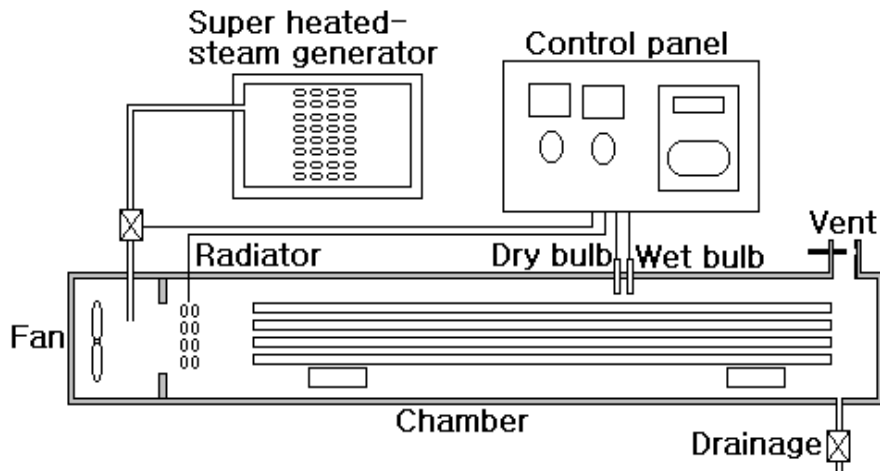


Fig. 1. Diagram of the heat treatment equipment made for this study



Fig. 2. Photos of recycling process of discussed furniture

로 하여 2시간동안 상승시킨 후에 2시간, 4시간, 6시간, 8시간의 4가지 조건으로 가열하였다.

사에서 제작한 만능강도시험기 QMAT를 사용하여 측정하였다.

2.2.2 재생보드의 제조

위의 4가지 조건으로 열처리 과정을 거친 PB와 MDF 조각을 각각 100mesh이하의 크기로 분쇄하여 2가지 종류로 만들었다. 보드의 Forming은 20cm×20cm×1cm의 크기로 하여 성형하였으며, 목표밀도를 0.7(g/cm³)로 하였다. 이때의 접착제의 함유량은 PVA와 MDI를 고형분함량 대비 1:1로 혼합한 접착제를 원재료의 전건중량에 대하여 13%로 하여 수지용 분무기를 이용하여 도포하였으며, 원재료에 대한 최종 메트 함유율은 18%로 하였다. 보드의 열압조건은 온도 180℃, 압력 30kg/cm²으로 하여 가압시간 30초를 포함하여 7분동안 건식방법으로 열압을 하여 제조하였다.

2.2.3 포름알데히드 방산량 측정

포름알데히드의 방산량 측정은 열처리조건 중에서 열처리 시간이 가장 짧은 2시간만을 측정하였다. 시험방법은 KS F 3104(파티클보드)에 의거하여, KS F 1998-4의 24시간 테시게이터법을 이용하여 포름알데히드를 포집하였다. 포집된 포름알데히드는 아세틸 아세톤법을 이용하여 분광광도계(UV - spectrophotometer)를 사용하여 농도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 재생보드 제조

Fig 3과 4에 보이는 바와 같이 원료가 탄화되어서 재생보드의 색이 검은색으로 나타남을 알 수가 있다. 그러나 표면은 매우 매끄러웠다.

2.2.3 물리·기계적인 성질 측정

재생보드의 시험규격이 현재 정해져 있지 않다. 물리적인 성질은 KS F 3104(파티클보드)에 의거하여 밀도, 함유율, 흡수두께팽창율을 측정하였다(기술표준원, 2006). 기계적인 성질 역시 KS F 3104(파티클보드)에 의거하여 영국Houndsfield

3.2 재생보드의 물리적인 성질

Table 2는 원재료가 PB인 폐가구재를 열처리

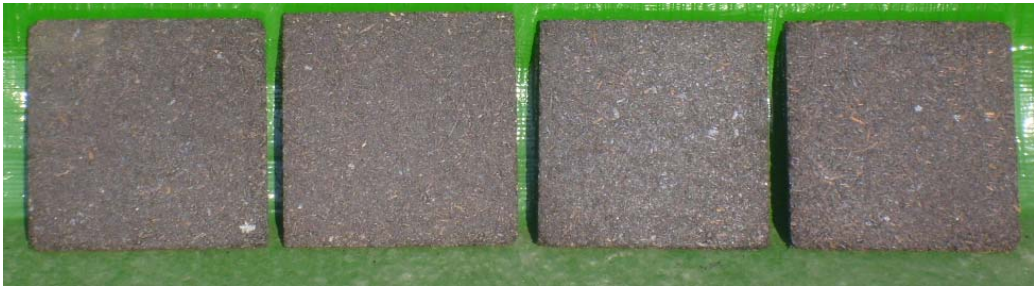


Fig 3. Recycled boards made of heat-treated PB obtained from disused furniture. The heat treatment times were 8, 6, 4 and 2 hours from left to right.

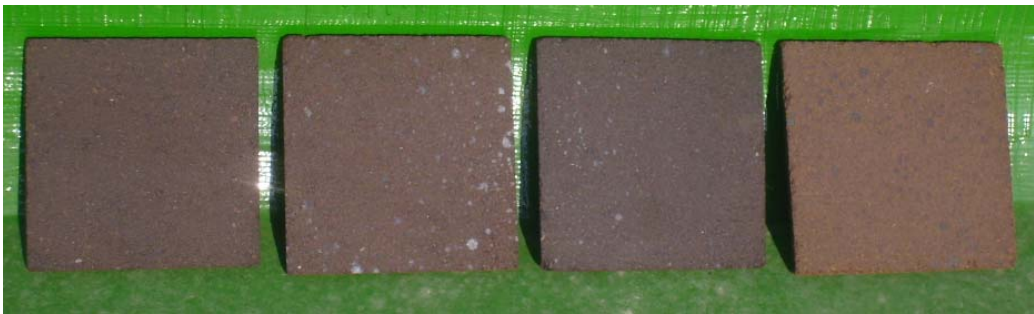


Fig 4. Recycled boards made of heat-treated MDF obtained from disused furniture. The heat treatment times were 8, 6, 4 and 2 hours from left to right.

Table 2. Physical properties of recycled board made of heat-treated PB particles

Control	Density (g/cm ³)	Moisture contents (%)	Thickness Swelling (%)
2Hour	0.62	5.81	6.34
4Hour	0.62	4.26	6.08
6Hour	0.58	4.52	5.35
8Hour	0.63	3.82	6.59

조건별로 처리하여 제조한 재생보드의 물리적인 성질을 나타낸 것이다. 밀도의 경우 열처리의 시간과 상관없이 일정한 밀도를 보였으며 함수율의 경우에는 열처리 시간이 길수록 낮아지는 경향을 보였다. 수분을 흡수한 후의 두께 팽창율을

보면, 6%내외로 비교적 낮은 함수 두께 팽창율을 보였으며, 열처리 시간과는 큰 상관관계는 나타나지 않았다.

Table 3은 원재료가 MDF인 폐가구재를 열처리 조건별로 처리하여 제조한 보드의 물리적인

성질을 나타낸 것이다. 밀도의 경우 PB와는 달리 열처리의 시간 길어질수록 밀도는 낮아졌으며, 함수율의 경우에는 열처리 시간과 무관하게 낮은 함수율을 나타내었다. 흡수 두께 팽창율을 보면, PB와 마찬가지로 5~7%로 비교적 낮았으며, 열처리 시간과는 큰 상관관계는 나타나지 않았다

3.3 재생보드의 휨강도

Fig 5와 6은 원재료가 PB와 MDF인 폐가구재의 열처리 조건별로 처리하여 제조한 재생보드의 휨강도를 나타낸 것이다. PB와 MDF 모두 열처리 시간과 상관없이 비슷한 휨강도를 보였다 이는 열처리 시간이 목질폐잔재의 자체의 강도에 큰 영향을 주지 않으며, 일정한 크기에 폐가구재 파티클을 이용할 경우 기계적인 성질에는 큰 영

향을 주지 않는 것으로 보인다.

MDF의 휨강도는 PB보다 낮았는데 이는 MDF를 열처리를 한 후 파티클화하면 기존의 섬유 길이가 짧아져서 결합력이 PB보다 낮아지는 것으로 보인다.

3.4 포름알데히드 방산량

Table 4는 재생 보드의 포름알데히드 방산량을 나타낸 것으로 PB와 MDF 모두가 KS F 3104의 규격의 최우수등급(SE0형 0.3mg/l)보다 훨씬 낮은 방산량을 보였다. 일반적으로 열처리 시간이 길수록 탄화량이 많아지므로 포름알데히드의 방산량이 낮아지는 경향을 볼 때 열처리 시간을 2시간만 하여도 인체에 유해한 성분은 제거됨을 알 수가 있다.

Table 3. Physical properties of recycled board made of heat-treated MDF particles

Control	Density (g/cm ³)	Moisture contents (%)	Thickness Swelling (%)
2Hour	0.68	2.32	5.37
4Hour	0.52	2.96	5.14
6Hour	0.47	2.57	5.96
8Hour	0.46	2.62	7.11

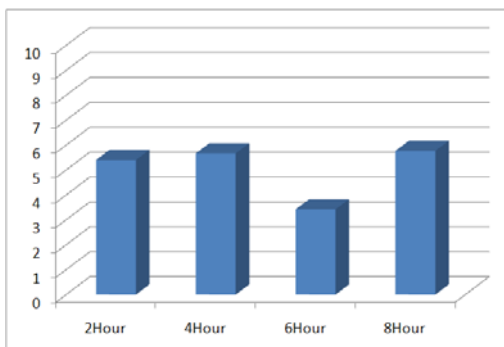


Fig 5. MOR(N/mm²) of waste PB

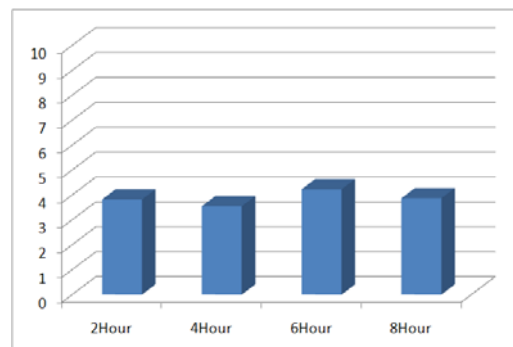


Fig 6. MOR(N/mm²) of waste MDF

Table 4. Formaldehyde emissions of recycled boards

	Formaldehyde emission (mg/ℓ)
PB(2Hour)	0.12
MDF(2Hour)	0.14

4. 결 론

본 연구는 열처리에 따른 폐가구재의 재활용 가능성을 알아보고자 하였다. 원재료가 PB와 MDF인 폐가구재로 만들어진 재생보드는 함수율 및 흡수 두께팽창율이 매우 낮았으며 특히 MDF의 함수율이 크게 낮았다. 이는 열처리가 진행됨에 따라 재료의 탄소화가 진행되어 나타난 것으로 보인다. 휨강도에서는 PB와 MDF 모두가 원재료의 규격조건보다 낮은 강도를 보였는데 이는 분쇄과정에서 파티클의 크기 및 섬유장이 원재료보다 짧아짐으로 인한 것으로 보인다. 포름알데히드 방산량은 열처리 시간이 가장 짧은 경우에도 최우수 등급이상을 나타냈다 따라서 폐가구재를 탄화시켜 만든 보드는 강도를 요구하는 곳보다 친환경 건축의 내장재용으로써 이용이 가능 하다고 볼 수 있다.

인용문헌

1. CWC. Wood Waste Feedstock Specification for Medium Density Fiberboard. http://www.cwc.org/wd_bp/wbp3-0202.htm
2. 강호양. 2008. 국산 침엽수재의 재색변화 기술 개발. 한국가구학회지 19(3):156-162
3. 기술표준원 2006. 한국공업규격 KS F 3104
4. 김외정. 1999. 폐목재 발생실태 및 재활용 촉진방안 “99한국 합판, MDF, 파티클보드 심포지엄”: 101-122
5. 노정관, 이종상, 도정락. 2002. 폐기 목질재료를 이용한 컴퓨터 책상판의 성형. 한국목재공학회 정기총회 (2002년 4월 19일), 임업연구원, 서울:269-272
6. 이화형 등, 2005. 폐MDF폭쇄섬유로부터의 MDF 제조. 한국목재공학회 춘계학술발표대회 (2005년 4월 21-22), 교육문화회관, 경주:405-408
7. 이화형. 1992. 가구제조를 위한 MDI접착제의 MDF와 PB제조에 대한 비교 효과. 한국가구학회지 3(1): 1-7
8. 한국합판공업협회. 1997. 한국 합판, MDF, 파티클보드 심포지엄:125-157
9. 한태형, 서진석, 박종영. 2004. 폐목질원료 유형별 파쇄 특성 및 재생보드의 물성. 한국목재공학회 추계 학술 발표논문집 (2004. 10. 22-10. 23), 충북대학교, 청주:84-87
10. 환경부. 2007. 2007년 환경부 폐기물(폐목재) 통계 자료
- Malonry, T.M. 1993 Modern particle & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman, Inc, New York.