

폐목재 탄화물로 제조한 파티클보드의 물성과 포름알데히드 방출량^{*1}

박상범^{*2†} · 이상민^{*2} · 박종영^{*2} · 강은창^{*3}

Properties and Formaldehyde Emission of Particleboards Fabricated with Waste Wood Charcoal^{*1}

Sang-Bum Park^{*2†} · Sang-Min Lee^{*2} · Jong-Young Park^{*2} · Eun-Chang Kang^{*3}

ABSTRACT

Particleboard(PB) is one of the most commonly used wood-based composite materials, which can be prepared by utilizing any kind of low grade wooden materials like waste wood which contains formaldehyde itself. Therefore, PB have been of considerable interest, in issues regarding the formaldehyde emission problems. Wood wastes are carbonized by the carbonization kiln at 800°C. Charcoal has been known as a formaldehyde adsorber.

Thus, in this study, we fabricated PBs with carbonized waste particles cores, to examine the possibility of developing less formaldehyde emitting boards. The physical and mechanical properties were evaluated by Korean Standard (KS F 3104). The moisture content of PBs ranged from 6.76 to 8.36%. Internal bond strengths decreased with the increase in the content of carbonized core particles. Formaldehyde emission showed minimum value at 25% of carbonized core particles, but the emission values increased when the amount of carbonized core particles increased. When 25% of carbonized core particles was used, PBs met KS F 3104 standard properties.

Keywords: Wood waste, charcoal, particleboard, physical & mechanical properties, formaldehyde emission.

1. 서론

파티클보드는 저급의 목재와 폐목재 등을 활용할 수 있다는 장점 때문에 산림자원이 부족한 우리나라에서는 섬유판과 함께 가장 흔히 사용되는 목질복합재료이다. 하지만 파티클보드의 제조

*1. 논문접수 : 2007. 04. 12.

*2. Division. of Environmental Wooden Material Eng., Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

*3. R & D Team, Sunchang Corporation. Incheon 400-201, Korea.

† Corresponding author: Sang-Bum Park (parksb@foa.go.kr).

에 포름알데히드계 접착제를 사용하므로 포름알데히드가 방출되어 새집증후군을 일으키는 원인 물질이라고 알려지면서 포름알데히드의 사용에 대한 규제가 가해진 이후 2007년 환경부는 '취급 제한, 금지물질에 관한 규정'이라는 제명으로 포름알데히드 및 이를 1%이상 함유한 혼합물질을 가구용 무늬목, 도배용 플등의 용도로 제조하여 사용하는 것을 금지하는 법안을 입법화하였다. 하지만 현재 국내의 거의 모든 파티클보드나 섬유판 제조사들은 기술적 그리고 경제적인 이유로 포름알데히드가 함유된 접착제를 사용하고 있어 저감 대책이 필요한 실정이고 많은 연구들을 통하여 목질보드 제품으로부터 포름알데히드의 방출량을 줄이는 기술이 개발되고 있다.

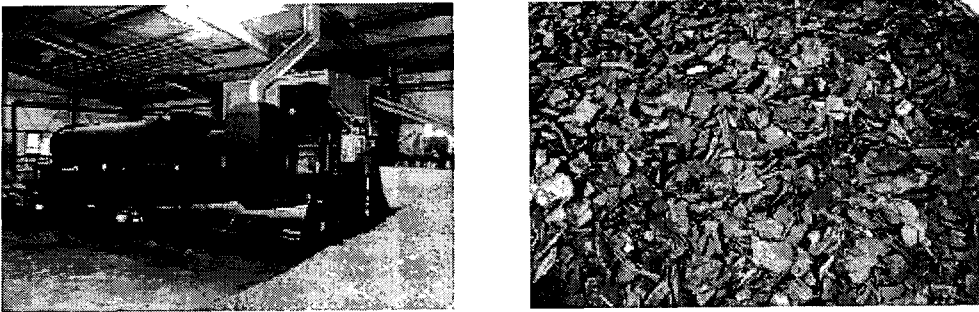
한편, 2006년 1월 1일부터 시행된 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」 시행규칙에 따르면 시공자가 주민 입주 전에 100세대 이상 신축 공동주택에 대해서 포름알데히드 $210\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 벤젠 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 톨루엔 $1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 에틸벤젠 $360\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 자일렌 $700\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 스티렌 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 권고기준을 적용함으로써 실내공기 중의 포름알데히드 등 유해 VOC 저감대책이 절실히 요구되고 있다. 아울러, 교육인적자원부는 새학교증후군의 대책으로 「교사(校舍) 안에서의 공기질 유지기준」을 설정하였는데, 포름알데히드는 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 신축 공동주택($210\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)보다 더욱 강화하여 폐목재로 제조되는 학생용 책상판의 사용 확대에 큰 장애요인이 되고 있다.

목질보드제품의 포름알데히드 방출량을 줄이는 방법으로는 접착제 자체의 포름알데히드를 줄이는 방법^{1,2,7,8)}, 자재에서 방출되는 포름알데히드를 흡착하는 방법^{3,4,5)} 등을 고려할 수 있다. 한편, 습은 높은 흡착력으로 공기나 물을 정화하고, 전도성이 우수하여 전자파를 차폐하고 음이온을 방출하여 산화를 방지하는 등 기능성이 다양하다고 알려져 있다. 본 연구에서는 폐목재로 재활용숯을 제조하여 포름알데히드계 접착제를 사용했을 때 필연적으로 따르는 포름알데히드의 방출에 관한 문제를 해결하고자 하였다. 폐목재 파티클을 표리층에 그리고 폐목재 재활용숯을 중층에 혼합하여 3층 파티클보드를 제조한 후 제조된 파티클보드의 물성과 포름알데히드 방출 거동을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 탄화물 혼입 파티클보드의 제조

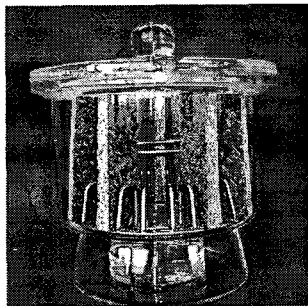
폐목재 파티클은 칩상으로 분쇄한 후 입자크기가 4.0~5.0mm는 중층용으로, 입자크기가 1.4~480 μm 는 표층용으로 사용하였고, 파티클보드 제조 전에 함수율을 1% 이하로 조절하여 사용하였다. 탄화물 제조용 폐목재는 폐목재공장에서 칩상으로 파쇄된 것을 사용하였다. Fig. 1의 무연탄화장치를 이용하여 800℃에서 탄화하였다. 재활용숯을 200mesh로 분쇄한 후 중층용 파티클의 양에 대하여 25, 50, 75 그리고 100%를 대체하여 파티클보드를 제조하였다. 혼합된 파티클은 성형틀을 이용해 보드밀도 0.65g/cm³을 목표로 300mm x 350mm 크기의 매트를 성형하고 열압하여 두께 15mm 파티클보드를 제조하였다. 이 때 열압조건은 온도 210℃에서 열압시간 5분, 열압압력 30kgf/cm²이었다.



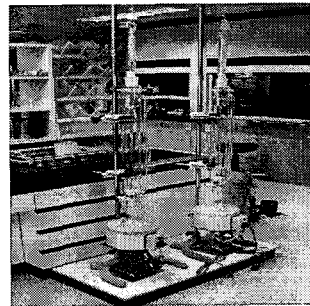
<Fig. 1> Carbonization kiln and waste wood charcoal.

2-2 탄화물 혼입 파티클보드의 물성평가

밀도, 함수율, 흡수두께팽창률, 흡수율, 휨강도, 박리강도 및 포름알데히드 방출량을 측정하였다. 모든 측정은 KS F 3104⁶⁾에 준하여 수행하였다. 파티클보드에서 공기 중으로 방출되는 포름알데히드는 KS규격의 24시간 데시케이터법으로 측정하였다(Fig. 2. a). 파티클보드를 항온항습실(20℃, 65%)에 장시간 방치(7~49일)하면서 포름알데히드 방출량의 변화를 관찰하였다. 파티클보드 내에 잔존하는 총 포름알데히드는 제조 7일이 경과된 시험편에 대하여 유럽 EN규격의 퍼포레이터법으로 측정하였다(Fig. 2. b).



(a) 24h desiccator method



(b) Perforator method

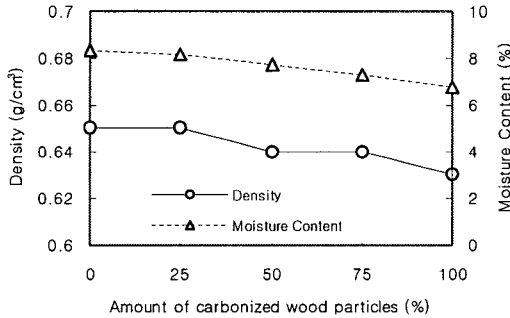
<Fig. 2> Determination of formaldehyde emission from the specimen.

3. 결과 및 고찰

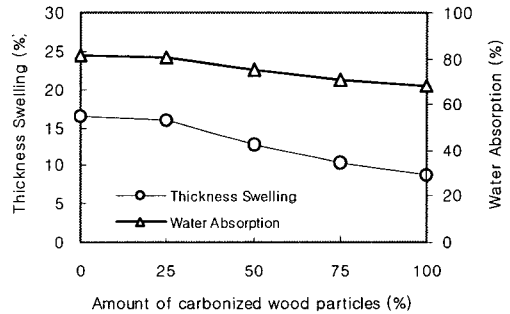
3-1 탄화물 혼입 파티클보드의 물리적 성질

폐목재 탄화물 첨가 파티클보드의 밀도는 0.63~0.65g/cm³(KS 기준 : 0.5 이상 0.80 이하) 범위였고, 수분함량은 6.76~8.36%(KS 기준 : 5 이상 13 이하) 범위로 전부 KS 기준을 만족하였으며, 탄화물의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). 흡수두께팽창률과 흡수율(Fig. 4)의 경우에도 탄화물의 함량이 증가할수록 감소하였는데, 이는 탄화물이 탄화과정을 거치면서 수소, 산소 등과 같은 친수성을 가지는 그룹들이 소수성을 가지는 그룹으로 변화되어⁹⁾ 수분과 2차 결합을 형성할 수 있는 화력이 감소하는데 기인하는 것으로 판단된다.

박상범 등- 폐목재 탄화물로 제조한 파티클보드의 물성과 포름알데히드 방출량



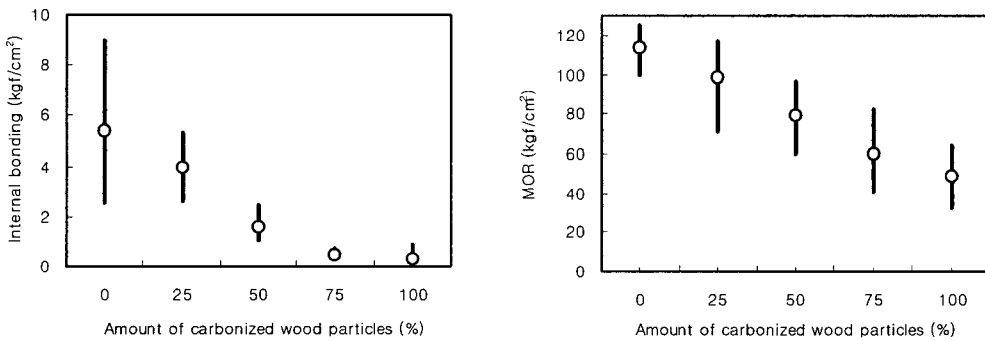
<Fig. 3> Density and moisture content of particleboards.



<Fig. 4> Thickness swelling and water absorption values of particleboards.

3-2 탄화물 혼입 파티클보드의 역학적 성질

Fig. 5에 보인 것처럼 박리강도와 휨강도는 탄화물의 첨가량이 증가할수록 감소하였는데 이는 탄화물 자체의 강도가 파티클의 강도보다 약하기 때문에 내부결합력에 직접적인 영향을 미치기 때문이다. 휨강도의 경우, 탄화물 50% 이하 혼합 수준에서는 KS 바탕 파티클보드 8.0형(MOR 82kgf/cm² 이상)의 기준에 도달하였으나, 그 이상 혼합에서는 기준에 미치지 못하였다. 박리강도의 경우, 25% 첨가 수준에서만 KS 기준을 통과하였다.



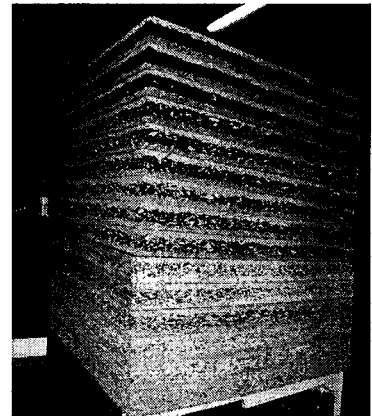
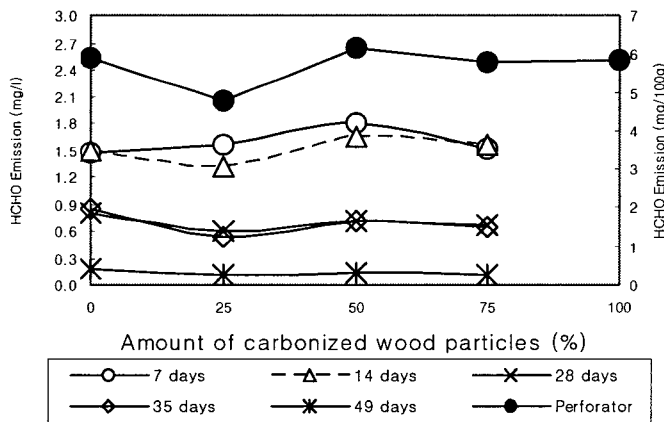
<Fig. 5> Internal bonding strength and MOR values of particleboards.

3-3 탄화물 혼입 파티클보드의 포름알데히드 방출량

Fig. 6은 데시케이터법에 의해 방치일수(7일~49일)에 따른 포름알데히드 방출량의 변화와 제조 7일째의 퍼포레이터법에 의해 측정된 포름알데히드 방출량을 나타낸 것이다. 제조 7일후의 포름알데히드 방출량은 재활용숫 25% 혼합 PB는 1.547mg/l, 50% 혼합 PB는 1.798mg/l, 75% 혼합 PB는 1.546mg/l를 나타내어 콘트롤(1.494mg/l)에 비해 약간 높았다. 즉, 제조 직후의 숫

에 의한 포름알데히드 저감효과는 미미하였다. 제조 14일후의 각 PB의 포름알데히드 방출량은 재활용숯 25% 혼합 PB는 1.313mg/l, 50% 혼합 PB는 1.636mg/l, 75% 혼합 PB는 1.504mg/l 를 나타내어 콘트롤(1.494mg/l)에 비해 낮거나 약간 높았다. 제조 28일, 35일 경과 후 콘트롤의 포름알데히드 방출량은 0.854mg/l 이었으나, 재활용숯 25% 혼합 PB는 각각 0.594mg/l 와 0.526mg/l, 50%와 75% 혼합 PB는 각각 0.716mg/l 과 0.640mg/l 으로 콘트롤에 비해 전 시료에서 낮아졌다. 제조 49일후의 각 PB의 포름알데히드 방출량은 재활용숯 25% 혼합 PB는 1.101mg/l, 50% 혼합 PB는 1.124mg/l, 75% 혼합 PB는 1.117mg/l 를 나타내어 콘트롤(0.170mg/l)에 비해 모두 낮았다. 결론적으로 파티클보드의 방치 시간이 경과함에 따라 숯에 의한 포름알데히드 저감 효과가 서서히 나타나는 것으로 판단된다.

한편, 퍼포레이터법에 의해 측정된 제조 7일 경과 후 PB의 포름알데히드 방출량의 결과(Fig. 6)를 살펴보면, 재활용숯 25% 혼합 PB는 4.76mg/100g, 50% 혼합 PB는 6.18mg/100g, 75% 혼합 PB는 5.81mg/100g, 100% 혼합 PB는 5.88mg/100g를 나타내었다. 50% 혼합 PB를 제외하고는 콘트롤(5.93mg/100g)에 비해 낮은 함유량을 나타내었다. 특히, 25% 혼합 PB는 콘트롤에 비해 1.17mg/100g이나 저감하였다. 즉, 파티클보드 제조시 숯의 혼합은 열압 과정에서 발생하는 포름알데히드를 흡착하지 않으며 포름알데히드 저감에 효과적임을 알 수 있었다. 이는 박 등(2006)³⁾이 대나무숯을 이용한 파티클보드의 포름알데히드 방출량 측정 결과와 일치하였다.



<Fig. 6> Formaldehyde emission amounts and prepared samples of particleboards.

4. 결론

본 연구에서는 폐목재로 재활용숯을 제조하여 포름알데히드계 접착제를 사용했을 때 필연적으로 따르는 파티클보드의 포름알데히드 방출에 관한 문제를 해결하고자 하였다. 폐목재 파티클을 표리층에 그리고 폐목재로 제조한 재활용숯을 중층에 혼합하여 3층 파티클보드를 제조한 후 제조된 파티클보드의 물리, 기계적 성질과 포름알데히드 방출 거동을 조사하였다.

재활용숯 혼합 파티클보드의 경우, 폐목재 탄화물의 첨가량이 25% 이하일 때에만 KS F 3104

의 물성 규격을 만족시키는 결과를 나타내었으며, 파티클보드의 방치 시간이 일정 시간 경과함에 따라 숯에 의한 포름알데히드 저감 효과가 서서히 나타났다. 파티클보드 제조시 숯의 혼합은 열압 과정에서 발생하는 포름알데히드를 흡착하지 않으며 포름알데히드 저감에 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 재활용숯을 혼합한 파티클보드를 제조할 경우, 파티클보드의 역학적 성질과 탄화물이 지닌 포름알데히드 방출량 저감 등의 기능성을 복합적으로 고려하여야 친환경 파티클보드로서의 응용이 가능할 것으로 판단되었다.

4. 참고문헌

1. 강은창, 박병대, 박종영 2004. 포름알데히드/요소 물비에 따른 요소수지의 경화거동 및 포름알데히드 방출량. 2004 한국목재공학회 춘계학술발표논문집. pp.70-73.
2. 노정관 등. 2004. 목질보드제품의 표면마감재 종류에 따른 포름알데히드 분석. 2004년도 연구사업보고서. 국립산림과학원. pp.204-205.
3. 박상범 등. 2006. 대나무숯 혼합 파티클보드의 물리·기계적 성질과 포름알데히드 방출량. 산림과학논문집 69호. pp.50-59.
4. 박상범 등. 2006. 편백 잎을 혼합한 파티클보드의 제조 및 특성. 산림과학논문집 69호. pp.50-59.
5. 박상범 등. 2006. 은행나무 잎을 혼합하여 제조한 파티클보드의 물리·기계적 성질과 포름알데히드 저감효과. 임산에너지 25(2). pp.27-32.
6. 한국표준협회. 2006. 파티클보드 KS F 3104. 서울.
7. Meyer, G.E. 1986. Mechanism of formaldehyde release from bonded wood products. *In: Formaldehyde release from wood products*, Ed. B. Meyer. B. A. K. Andrews, R. M. Reinhart. American Chemical Society. pp.8-14.
8. Meyer, G.E. 1989. Advanced in methods to reduce formaldehyde emission. *In: Composite board products for furniture and cabinets*. Proceedings 47357. Forest Products Research Society.
9. 里中聖 . 1988. 木材熱科學. 北海道大學演習林研究部. p.31.