

목타르 혼합 페놀수지접착제의 접착성능¹

박상범² · 김수원² · 박병대² · 한태형² · 강은창² · 박종영² · 문성필³

Adhesive Properties of Phenol Resin Adhesive Mixed with Wood Tar¹

Sang-Bum Park², Su-Won Kim², Byung-Dae Park², Tae-Hyung Han²,
Eun-Chang Kang², Jong-Young Park², and Sung-Phil Mun³

요 약

목탄의 제조 과정 중 얻어지는 목타르의 활용방안을 모색코자 페놀수지에 목타르를 혼합하여 합판을 제조하여, 물리적, 기계적 및 포름알데히드 방출성능을 조사하였다. 목타르를 혼합하여 제조된 합판의 경우, 목타르를 혼합하지 않은 합판에 비해 물리적, 기계적인 면에서 별다른 감소를 보이지 않았으며, 인장전단 접착력은 비내수, 내수 모두 목타르의 혼합으로 인하여 오히려 향상되는 것으로 나타났다. 또한 포름알데히드 방출량에서도 목타르의 첨가는 방출량을 감소시키는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was performed to find a new use of wood tar from the manufacturing process of wood charcoal. Plywoods made of phenol adhesives mixed with wood tar were manufactured, and physical, mechanical properties and formaldehyde emission were investigated. Plywoods made of phenol adhesives mixed with wood tar were almost same as an original phenol adhesive in physical and mechanical properties and tensile-shear adhesive strength of the plywood was higher than the original one in both non-waterproof and waterproof tests. Formaldehyde emission was lower as the amount of wood tar increased in phenol adhesive.

¹

keywords : wood tars, phenol adhesives, plywood, physical & mechanical properties, formaldehyde emission.

1. 접수 2005년 8월 8일 Received on August 8, 2005.

2. 국립산림과학원 임산공학부 목재가공과 Division of Wood Processing, Dept. of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea.

3. 전북대학교 농과대학 산림과학부, Division of Forest Science, College of Agriculture, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk, 561-756, Korea.

서 론

목재는 숯을 제조하는 과정에서 열분해 산물로써 연기를 배출하면서 최종적으로 고체상의 숯(Wood charcoal)이라는 산물을 남긴다. 연기에는 기체상의 목가스(Wood gas)와 액체상의 목초액(Wood vinegar)이 포함되어 있으며, 이 연기를 공냉 혹은 수냉에 의해 액화시키면 액상의 조목초액(Crude wood vinegar) 얻어진다. 조목초액을 장기간 정치하면 3층으로 나누어지는데, 최상층에는 경질유의 얇은 피막, 중층에는 수용성 담갈색의 목초액, 하층에는 비중이 크고 검은 유용성의 목타르가 생성된다^(1,2,3). 목초액, 목타르(Wood tar) 성분 가운데 유기산 및 중성성분은 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스에서 생성되고, 페놀성 화합물은 주로 리그닌이 분해되어 생성되는 것으로 알려져 있다^(4,5,6). 대략 1톤의 원목에서 목탄과 조목초액이 각각 100~200kg가 얻어지며, 조목초액으로부터 다시 70~140kg의 정제목초액과 30~60kg의 목타르가 얻어진다. 나머지는 목가스로 날아간다^(4,6,7).

숯은 원적외선을 방출하고 악취를 흡착하며 전자파의 차폐효과, 항균효과, 조습효과 등이 과학적으로 구명되면서 현대인의 웰빙 붐 속에 그 활용도가 점점 확대되고 있다⁽²⁾. 또한 목초액 역시 토양개량제, 산업용 탈취제, 농약첨가제, 식물생장촉진제, 육질개선 등 농업분야 뿐만 아니라 축산, 수산업에 이르기까지 그 이용이 점점 확대되어지고 있다^(1,2,3).

그러나 목초액을 정제과정에서 발생하는 목타르와 숙성과정에서 하층부에 다량으로 침전하는 목타르는 여전히 이용이 어려워 대부분은 연소되거나 그대로 방치되고 있는 것이 현실이다. 그러나, 연소에 의한 이산화탄소의 배출은 지구온난화의 억제라는 관점에서, 금후 엄격한 규제가 예상되고 있으며 또한 장기 방치 및 투기에 따른 목타르의 토양유출은 심각한 환경피해를 초래할 수 있다. 따라서, 목타르의 새로운 용도개발은 목탄산업에 있어서 시급히 해결해

야할 과제라 할 수 있다.

본 연구에서는 페놀성분이 비교적 많이 함유된 것으로 밝혀진 목타르^(4,5,6)를 기존의 합판용 페놀접착제에 혼합하여 합판을 제조할 경우, 물리, 기계적 성질의 변화를 조사하였다. 목타르를 첨가하지 않은 합판과의 비교분석을 통하여 목타르의 재활용 및 사용용도를 넓히고자 하였다.

재료 및 방법

1. 목타르를 혼합한 페놀수지 제조

페놀수지 350g에 소맥분 40g, Fly ash 40g을 넣고 교반한 접착제에 목타르를 첨가하여 목타르를 혼합한 페놀수지를 제조한다. 제조에 사용한 페놀수지는 이견산업으로부터 분양받은 것을 사용하였다. 페놀수지에 혼합한 타르는 국내 굴지의 목초액 및 죽초액 생산 공장 3곳으로부터 참나무타르(강원목초), 소나무타르(거여목초), 대나무타르(지리산벚부하이테크)를 공시하여 실험에 사용하였다. 혼합하는 타르의 양은 첨가하는 페놀수지의 양에 대하여 0%, 2%, 4%, 6% 및 8%를 첨가 제조하였다.

2. 합판의 제조

합판 제조용 단판의 수종은 라디에타 파인이며, 단판의 크기는 300×300×20(mm)로 (주)이견산업으로부터 표층과 중층을 구분하여 분양을 받아 합판의 제조에 사용하였다. 합판은 5ply로 제조하였으며, 수지 도포량은 각 ply당 100g/cm²씩 양면에 모두 도포하였다. 합판제조 조건은 각층에 목타르 혼합 페놀수지 접착제를 도포하여 5Ply로 교차 접착 후 10kg/cm²의 냉압에서 5분 방치하고 140℃의 열압에서 mm당 1분의 열압을 가하여 합판을 제조하였다.

2.1 합판의 휨강도 및 접착력측정

제조된 합판은 KSF-3101에 의거 휨강도, 인

장 전단 접착력, 내수 인장 전단 접착력을 측정하였다. 휨강도 시험편은 250×50(mm)로 제작하였으며, 접착력 시험편은 75×25(mm)의 크기로 제작하였다. 내수 인장 전단 접착력은 제작된 시험편을 끓은 물에서 4시간 삶은 다음 60±3℃의 온도에서 20시간 건조시켜 다시 끓은 물에서 4시간을 삶은 다음 상온의 물속에 담가 식힌 후 젖은 채로 접착력 시험을 실시하였다.

2.2 포름알데히드 방출량 조사

목타르 첨가 페놀수지 접착제로 제조된 합판은 150×50(mm)의 크기로 10개의 시험편을 제작, 온도 20℃, 습도 60%의 항온항습실에서 일주일간 방치 후 데시케이터법에 의해 포름알데히드 방출량을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 휨강도와 탄성계수

목타르 첨가 페놀수지로 제작한 합판의 휨강도를 측정하였다. Control의 경우 774kg/cm²의 휨강도를 나타냈으며, 목타르 첨가한 수지로 제조한 합판의 경우 첨가량에 따른 휨강도는 별다른 경향을 나타내지는 않았으며, 목타르 첨가 합판의 휨강도는 Control에 비해 큰 차이를 보이지는 않았다. 참나무 타르의 경우 6%에서 697kg/cm²로 Control에 비해 다소 떨어지지만 참나무 타르 전체의 평균의 경우 786kg/cm²로 Control과 유사한 휨강도를 보이고 있다. 소나무 타르의 경우 720~870kg/cm²의 휨강도를 나타내며 평균 789kg/cm²로 Control과 비슷한 휨강도를 나타내고 있다. 대나무 타르 첨가의 경우 4%에서 644kg/cm²로 다소 낮은 수치를 보이지만 나머지 2%, 6%, 8%는 Control과 거의 비슷한 휨강도를 보이며 평균 744kg/cm²로 Control에 비해 크게 감소하지는 않는 것으로 측정되었다.

탄성계수 역시 목타르를 첨가한 페놀수지로 제조한 합판이나 첨가하지 않은 페놀수지로 제조한 합판이나 거의 비슷한 탄성계수를 가지는 것으로 측정되었다. 특히 대나무타르의 첨가 수치의 경우 휨강도에서 Control에 비해 낮은 수치로 측정되었지만, 탄성계수는 오히려 Control에 비해 높게 측정되었다.

1.1 인장 전단 접착력

합판의 접착력에 대한 KS의 기준을 보면 비내수, 내수 모두 7kg/cm² 이상으로 정하고 있다. 목타르 첨가 페놀수지 접착력을 살펴보면 Figure 1에서 나타내듯이 비내수의 경우 Control은 15.2kg/cm²로 KS규격 보다 높을 뿐 아니라 참나무타르, 소나무타르, 대나무타르 혼합 접착제 모두 7kg/cm² 이상의 비내수 접착력을 나타내었다. 오히려 목타르의 혼합량이 증가할수록 비내수 접착력이 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 소나무 8%의 경우 접착력이 31.9kg/cm²으로 Control에 비해 거의 두 배 정도로 접착력이 향상되고 있는 것을 알 수가 있다.

내수 인장 전단 접착력을 보면 Control의 경우 4.8kg/cm²로 KS규격인 7kg/cm²에 못 미치는 수치로 측정되었다. 그러나 목타르를 혼합한 합판의 경우 내수 인장 전단 접착력도 KS기준을 만족시킬 정도로 향상시키는 것으로 관찰되었다. 내수 인장 전단 접착력의 증가는 혼합 목타르의 양과 비례하는 것을 Figure 3을 통하여 알 수 있다.

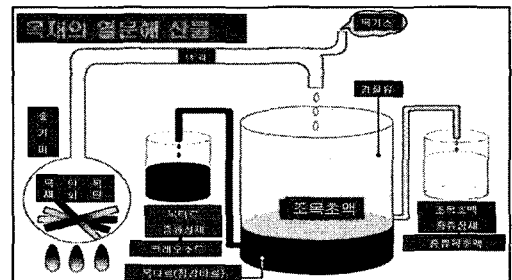


Figure 1. Recovery of wood tar.

페놀수지에 목타르의 첨가는 합판의 비내수, 내수 인장 전단 접착력 모두 향상 시키는 효과를 나타내고 있지만, 첨가하는 목타르의 점도가 높기 때문에 수지에 혼합 시 제조수지 또한 점도가 높아지게 되어, 단판에 도포가 어려워지는 단점을 보였다. 그래서 참나무타르 8% 혼합 페놀수지의 경우 단판의 도포가 어려워 합판을 제조할 수가 없었다. 목타르의 첨가량이 많을 경우에는 희석제를 사용하여 목타르의 점도를 다소 낮추는 것이 요망되었다. 결론적으로 접착력의 향상과 단판에 수지의 도포를 양측을 모두 고려하면 4~6%내의 목타르의 혼합이 적당한 것으로 판단되었다.

1.2 포름알데히드 방출량

일반적으로 페놀수지의 경우는 포름알데히드 방출량이 다른 수지에 비해 적은 것으로 알려져 있다. 합판의 KS규격에서는 0.5mg/l 이하를 완전 무취, 5mg/l 를 무취, 10mg/l 를 준무취로 규정하고 있다. 이번 실험에서 제조한 합판 역시 Figure 4에서 보듯이 낮은 완전 무취급의 낮은 포름알데히드 방출량을 보이는 것으로 관찰되었다. Control의 경우 0.265mg/l 의 포름알데히드 방출량을 보인 반면, 목타르를 혼합한 페놀수지를 사용하여 만든 합판의 경우 Control에 비해 첨가 목타르의 양에 따라 포름알데히드 방출량은 비슷하거나 감소되어 나타나는 것으로 측정되었다. 포름알데히드 방출량의 감소는 혼합 목타르의 양이 많으면 많을수록 많이 감소하는 것으로 관찰되었다. Figure 4에서 나타나듯이 목타르의 첨가량이 많은 소나무타르 8%는 0.174mg/l, 대나무타르 8%는 0.16mg/l 로 Control에 비해 포름알데히드 방출량을 낮게 측정되는 것을 알 수가 있다. 그러나 참나무 8%의 경우 반응이 빨라, 합판을 제조가 불가능하여 포름알데히드 방출량의 조사 또한 할 수 없었다.

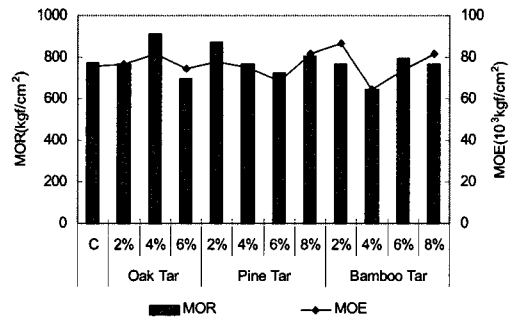


Figure 2. Bending test of plywoods by phenol adhesives mixed with wood tars.

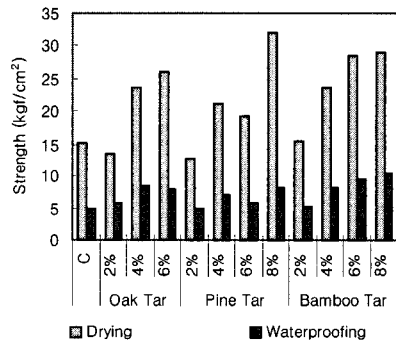


Figure 3. Tensile-shear test of plywoods by phenol adhesives mixed with wood tars.

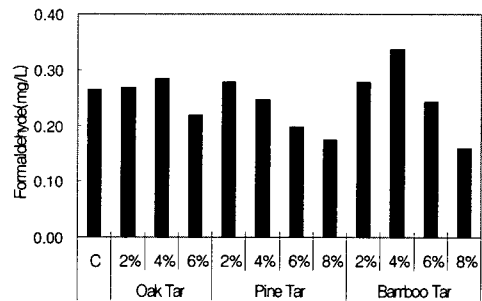


Figure 4. Formaldehyde emission of plywoods by phenol adhesives mixed with wood tars.

결 론

목탄 제조 시에 부산물로 발생하는 목타르는 목초액과는 달리 현재 뚜렷한 용도를 찾지 못해 연소 또는 방치되는 것이 대부분이며, 이로 인한 환경오염이 문제화 되고 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 이러한 목타르의 활용 방안을 모색코자 페놀수지에 목타르를 첨가하여 합판을 제조하였다.

목타르를 첨가하여 제조된 합판의 경우 목타르를 첨가하지 않은 합판에 비해 강도적인 면에서 별다른 감소를 보이지 않았을 뿐 아니라, 인장 전단 접착력은 비내수, 내수 모두 목타르의 첨가로인 하여 오히려 향상되는 것으로 나타났다. 또한 포름알데히드 방출량에서도 목타르의 첨가는 방출량을 감소시키는 것으로 나타났다. 결국 목타르의 혼합은 합판의 접착력 향상과 포름알데히드 방출량의 감소 등의 많은 이점을 가지고 있어 그 활용 가치는 충분하나, 도포시의 문제점에 의해 첨가량은 일정수준 이상은 어려울 것으로 생각되어진다.

인 용 문 헌

1. Fred Shafizadeh. 1983. The chemistry of pyrolysis and combustion. Roger M. Rowell Ed. The chemistry of solid wood. ACS symposium series No. 207. Washington, D.C., pp.489-529.
2. 이계시마 요우겐, 박상범 역. 1999. 대나무 숲·죽초액의 제조법과 이용법. 한림저널사 (1쇄). 205pp.
3. 池島庸元. 2000. 木炭・竹炭大百貨. チャコール・コミュニティ. 151pp.
4. 里中聖一. 1988. 木材熱科學, 北海道大學演習林研究部. 143pp.
5. 鈴木 勉, 野崎裕史, 山田哲夫, 本間恒行. 1992. 木タールを原料とするフェノール樹脂接着劑の製造. 木材學會誌 38(3) : 321-324.
6. 谷田具光克. 1989. 木炭と木酢液の新用途開發研究成果集-木酢液の精製と利用技術及び木炭による消臭化技術- : 297-314.
7. 谷田具光克. 2002. よい煙わるい煙を科學する. (株)中央出版. 174pp.