

문화재보관상자 소재 개발

서인수, 서영범

충남대학교 임산공학과

1. 서론

우리나라는 옛날부터 전통적으로 숯과 목재를 활용하였다. 목재가 탄화된 것을 숯이라 하며 탄소가 80-90%이고 pH가 8-9로서 알칼리성이며 내부표면적이 약 300cm²/g이나 되는 다공성 목질계 탄소재료이다. 이러한 숯은 출토되는 고분 속에 예외 없이 숯이 발굴되었고 삼국사기에 신라시대 경주사람들은 숯으로 밥을 지었다는 기록이 있다. 이러한 숯의 용도는 최근에 많은 다른 용도로도 사용되고 있는데, 최근에 환경친화형 토양개량제, 가축 및 양어용 가축사료첨가제, 의약용으로 지사제, 해독제, 공업용으로 활성탄제조로 정수용, 정수기 필터, 침전용, 흡착제등으로 사용되고 있을 뿐만 아니라 기타 용도로 화장품첨가물, 냉장고와 자동차의 탈취제, 공기정화제, 설탕의 표백제, 도로표시 등의 야광제, 동해예방의 제설제등으로도 사용되며 음이온과 흡착성, 원적외선 효과와 항균 탈취효과 및 과채류 신선도유지 등 그 용도가 매우 다양하다. 이러한 탄소재료를 활용한 제품 개발은 탄소섬유와 그래파이트, 카본블랙, 활성탄 등은 많은 용도개발이 이루어져 있으나 전통적 탄소재료인 숯의 이용은 최근에 그 특성이 새롭게 밝혀지면서 새로운 용도와 제품개발이 요구되고 있다. 대표적으로 이등(2003)은 목재를 탄화시킨 숯을 과아티클화 시켜서 원적외선방사율과 가스흡착성이 좋은 기능성 숯 보드로 제조하였다. 하지만 위의 연구는 숯의 특성만을 강조하여 숯에 대한 기능성은 제시하였지만, 제품으로서의 가공성은 많이 미약하였고 고가의 참나무 숯과 활용하여 보드로서의 제조가능성만을 제시하였을 뿐 목재요소와의 결합이라는 조건에서는 그 연구 범위가 미약하였다. 또한 숯만을 활용하여 보드를 제작하였기 때문에 제품으로서 활용하기 위한 강도적인 성질과 가공성이 많이 미흡하였다. 이에 본 연구는 숯과 목재요소인 목재 섬유와 표백펄프를 이용하여 숯 보드로서 개발하여 가공성과 강도적인 성질을 검토함과 동시에, 보드자체에서 가지는 숯의 기능적인 성질을 알아보고자 한다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시재료

2.1.1 원료

숯은 강원도 홍천산 25년생 이상의 굴참나무를 원료로 사용하여 1000℃로 탄화한 백탄을 사용하였다. 숯을 분쇄하여 크기별로 25~40메쉬와 40메쉬이하 통과분을 이용하였다. 목재 fiber는 인천소재의 D기업에서 현재 사용되는 섬유관용 fiber를 분양받아 사용하였으며, 목재 펄프는 활엽수 표백 펄프를 활용하였다.

2.1.2 접착제

비포르마린계 접착제로서 수성비닐계접착제(PVA:초산비닐수지에 말존, 원액의 불휘발분 <NVC는 42%>)와 이소시아네이트계(예: MDI, 메칠다이소시아네이트, 불휘발분 100%)수지를 혼합하여 접착제로 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 보드의 제조

보드의 제조에는 숯과 목재 fiber 및 표백펄프를 함께 혼합한 1층 보드와 표면에 fiber 및 표백펄프를 원료 총중량에 대하여 10%씩 표면에 입힌 후 보드내부에 혼합 층을 둔 3층 보드 2가지 형식으로 제작하였다. 숯의 크기는 40mesh 이하 통과분을 이용하였으며, 목재 fiber 및 표백펄프와의 혼합비율은 목재 fiber 및 표백펄프 : 숯 = 7:3, 5:5, 3:7 비율로 제조하였다. 그림 1은 각 요소별로 제작된 보드의 사진이다. 접착제의 첨가량은 폴리비닐초산수지에 멀전(PVA, NVC=42%)과 이소시아네이트계수지(MDI)를 원액의 고형분함량(NVC)대비 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 접착제의 함량은 전체 원료의 전건 중량에 대하여서 14~15%를 이용하였다. 보드 제조의 열압공정은 3단계열압방식으로 온도는 180~190℃으로 하였고, 이때 원료에 대한 전체 수분양(메트함수율)은 18~20% 정도로 하였다. 가압시간은 여러 시험조건에 통하여 압력을 0~40kgf/cm²의 범위에서 가압시간 40초(0kgf/cm²에서 40kgf/cm²으로 가압)이후에 3단계 압력스케줄로 40kgf/cm²으로 40초 유지 후에 10kgf/cm²으로 감압후 2분, 다시 40kgf/cm²까지 가압 후 5분으로 총 8분 20초를 소요하였다.

2.2.2 가공성 시험

보드의 가공성 시험을 위하여 1ply 보드의 못 뽑기 인장강도와 절삭 후 중량 감소율을 측정하였다. 못 뽑기 인장강도의 경우 1mm 타카못과 4mm나사못 2가지를 측면과 정면을 2cm이상 박은 후에 측정하였으며, 절삭 후 중량 감소율은 4회 절삭 후에 1회 평균 중량 감소율을 측정하였다.

2.2.3 물리·기계적인 성질

제조된 보드의 물리·기계적 성질은 KS F 3200에 의거하여 측정하였다.

2.2.4 에틸렌가스(C₂H₂) 흡착량 측정

에틸렌가스(C₂H₂) 흡착량은 1Ply 보드의 경우 940ml 진공용기에 5×5cm²의 시편을 넣어 100PPM의 에틸렌가스를 주입하여 48시간을 측정하였고, 3Ply 보드는 1100ml 진공용기에 5×5cm²의 시편을 넣어 200PPM의 에틸렌가스를 주입한 후의 24시간 간격으로 변화량을 Gas chromatograph (DC-14B, 제조사:SHIMADZU)를 사용하여 측정하였다.

2.2.5 포름알데히드 방산량 및 TVOC 측정

제조된 보드의 포름알데히드 방산량은 KS F 3200에 의거하여 24시간 데시게이터법을 이용하여 측정하였으며, TVOC 측정은 소형챔버법을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 제조된 숯보드



Fiber+숯40# 1Ply



Fiber+숯40# 3Ply



Pulp+숯40# 1Ply



Pulp+숯40# 3Ply

그림 1. 제조된 숯 보드

3.2 가공성 시험

표 1. 1Ply 보드의 못 뽑기 인장강도 및 절삭 후 중량감소율

	타카 못 뽑기 인장강도(N/mm)		나사 못 뽑기 인장강도(N/mm)		중량감소율(%)
	정면	측면	정면	측면	
오동나무	7.03	8.14	36.1	42.25	1.17
Fiber:숯40#이하=7:3	29.71	14.59	82.63	36.12	1.22
Fiber:숯40#이하=5:5	27.29	13.5	78.04	35.62	1.36
Fiber:숯40#이하=3:7	27.85	14.47	52.49	34.87	1.51
활엽수 Pulp:숯40#이하=7:3	11.58	8.9	46.15	18.47	1.2
활엽수 Pulp:숯40#이하=5:5	10.7	5.03	33.03	10.97	1.16

표 1에서 보는 바와 같이 오동나무와 비교하였을 때 목재 fiber의 경우 50%까지, 활엽수 표백펄프의 경우 30%까지 숯을 첨가하여도 보드로서 가공성에는 문제가 나타나지 않았음을 알 수가 있다.

3.3 물리·기계적인 성질

표 2. 물리적 성질 및 휨강도

	밀도 (g/cm ²)	함수율 (%)	흡수두께팽창율 (%)	휨강도 (N/mm ²)
오동나무	0.28	17.23	2.6	23.83
Fiber:숯40#이하=7:3	0.82	9.19	10.98	21.82
Fiber:숯40#이하=5:5	0.82	8.3	8.76	18.46
Fiber:숯40#이하=3:7	0.8	7.87	8.49	12.3
활엽수 Pulp:숯40#이하=7:3	0.87	8.61	16.01	13.75
활엽수 Pulp:숯40#이하=5:5	0.83	7.25	15.87	8.86

물리적인 성질에서는 KS F 3200의 섬유판의 모든 조건을 만족하였으며, 휨강도의 경우에도 오동나무보다는 숯을 첨가량이 많아질수록 낮아지는 경우가 나타나지만 KS F 3200의 휨강도 규격에는 충분히 만족하였다.

3.4 에틸렌가스(C₂H₂) 흡착량 측정

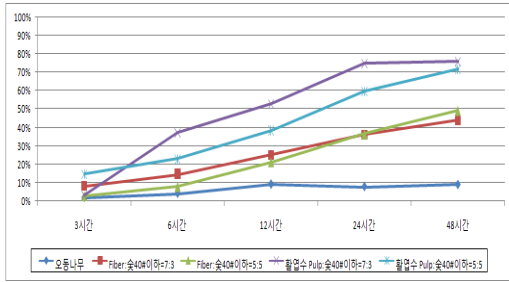


그림 2. 1Ply 보드의 에틸렌가스(C₂H₂) 시간 별 흡착율

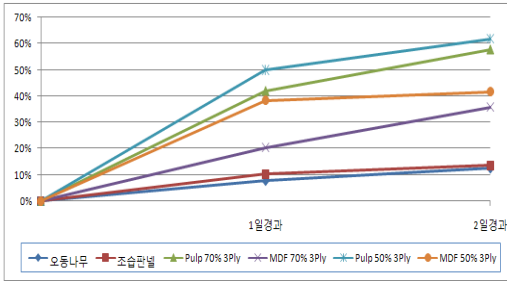


그림 3. 3Ply 보드의 에틸렌가스(C₂H₂) 시간 별 흡착율

그림 2와 3에서 보는 바와 같이 처음에는 숯의 첨가량이 많을수록 가스 흡착속도가 빠르지만, 시간이 흐를수록 그 흡착량은 거의 같게 된다. 또한 3Ply로 오버레이한 보드 역시 표면이 덮여있어도 1Ply의 보드와 비슷한 가스 흡착량을 보인다.

3.5 포름알데히드 방산량 및 TVOC 측정

표 3. 보드의 포름알데히드 방산량 및 TVOC

		TVOC (mg/m ² ·h)		5VOC (mg/m ² ·h)		HCHO (mg/L)	
			최우수 등급		최우수 등급		최우수 등급
오동나무	7일 후	0.014	0.10 미만	0.007	0.03 미만	0.1	0.3 미만
	21일 후	0.003		0.000			
Fiber:숯40#이하=7:3	7일 후	0.015		0.008			
	21일 후	0.004		0.002			
활엽수 Pulp:숯40#이하=7:3	7일 후	0.012		0.008			
	21일 후	0.019		0.007			

표 3에서 보는 바와 같이 제조된 보드에서는 친환경건축자재 국내기준의 최우수 등급 보다 보다 더 낮은 휘발성 유기물질을 방출하는 것을 알 수가 있다.

4. 결 론

1. 목재 fiber 및 활엽수 표백펄프를 숯과 혼용하여 보드를 제작 시에 숯의 크기는 40 메쉬 이하의 크기가 가장 적정하며, 첨가량을 30%로 했을 때가 가공성 및 강도적인 성질에서 보드로서 이용에 가장 적정함유량임을 알 수가 있다.
2. 숯의 함유량이 많을수록 가스흡착속도가 빨라지지만, 30%까지만 이용하여도 최종의 가스흡착량은 같음을 알 수가 있다.
3. 표면을 목재 fiber 및 활엽수 표백펄프로 오버레이하여도 숯의 가스흡착성은 변하지 않으며, 시간이 지날수록 지속적인 가스 흡착이 예상된다.
4. 목재 fiber 및 활엽수 표백펄프를 숯과 혼용하여 보드로 제작하였을 때, 보드에서 방출하는 휘발성유기물질의 방출이 거의 나타나지 않는 충분한 친환경소재로서 이용이 가능하다고 여겨진다.

사 사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소의 지원을 받아 2008년도 문화재보존기술개발연구(R&D)사업의 일환으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이화형외. 2005. 숯을 활용한 신소재 포장재, 농업용 자재, 건축용 복합체 제품 개발. 농림기술관리센터 최종연구보고서
2. 이화형외. 2005. 생활목질폐기물로부터의 작업성이 뛰어난 기능성 숯보드의 제조. 특허출원 1020050087187

3. 박상범외. 1997. 대나무 신용도 개발(I)-대나무 숯 제조 기술개발-. 산림과학논문집
56호 : 70~81

4. 이화형. 1998. 왕겨-목질혼합보드의 적정혼합비율에 관한 연구. 韓國家具學會 9(1):
59-64