

혈장접착제를 이용한 생활목질폐잔재로부터 제조된 흑탄 보드의 성질

서인수¹·이화형^{1*}

Properties of Black Charcoal Board Manufactured from Domestic Wood Waste by Using Serum Protein Adhesive

In-Su Seo¹ · Hwa-hyoung Lee^{1*}

ABSTRACT

This study was carried out to manufacture black charcoal board from domestic wood waste by using serum protein adhesive which is natural, environment-friendly and human-friendly. For the preparation of the serum protein adhesive, pig blood from slaughterhouse was centrifuged and serum was separated from corpuscles and concentrated to 30% by dry weight basis. The particle size of charcoal from domestic wood waste for this study was #6-60. Hot pressing schedule was 170°C and 40kgf/cm² (1 min)-10kgf/cm² (2.5 min)-40kgf/cm² (5 min). The black charcoal board made by the addition of 13% serum protein adhesive on dry weight basis gave 41.76kgf/cm² of bending strength, 8.12kgf/cm² of internal bonding strength, and excellent gas adsorption and workability.

Key words: serum adhesive, black charcoal board, bending strength, Internal bonding strength, gas adsorption

1. 서론

현재 실내공기질 오염방지를 위한 각국의 정책으로 크게 두가지 제도를 운영하고 있다. 첫째는 건축자재 품질인증 제도로써 건축자재로부터의 실내오염물질 방출의 영향이 직접적이므로 건축자재에 대한 품질인증제도를 시행하여 Sick house 대책으로 임하고 있으며 우리나라의 경우는 '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법'(법률, 제6911호, 2003)이 환경부에 의하여 시행되고 있다. 둘째로 자재에 국한하지 않고 총체적인 건물의 환경인증의 방법으로 건물의 총체적 환경인증 성능에 입각해서 지구환경 및 자원의 이용, 주변환경과의 친화도, 실내환경의 질과 같은 환경요소(소음, 구조, 환경, 생활환경 및 화재·소방 등 5개 분야 총 20여개 항목)들을 모두 포함하여 다루고 있으며, 환경성과 건강성을 모두 갖추기 위한 목표달성을 위해 등급점수제(국내 주택성능 등급인정 및 관리기준(국토해양부 고시 제 2009-1191호, 2009)의 총체적인 평가를 시행하여 주택 구매시 소비자가 원하는 성능을 포함하고 있는 주택을 구입할 수 있는 이점이 있다. 2010년 6월부터 시행예정인 새로 마련하는 청정건강주택 건설 기준은 기존의 기준을 더욱 세부적으로 차별화시켜 국민의 건강을 보호하고자

하는 강한 의미가 있다.

세계보건기구(WHO, 2002)는 해마다 240만명이 공기오염으로 죽어가며 이중에서 150만명은 실내공기오염으로 죽는다고 보고하였다. 이러한 통계는 하루 24시간 중 80% 이상을 실내에서 생활하고 있는 현대인에게 건물 외부의 공기질도 중요하지만 실내공기질이 더욱 중요하다는 것을 나타낸다. 따라서 쾌적하고 건강한 실내공기질의 확보는 재질자의 건강과 생산성과 일의 능률을 향상시키고 삶의 질을 높이는 데 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

그 중에서도 건축자재나 가구에서 발생하는 오염물질로서 휘발성유기화합물과 포름알데히드가 문제가 되면서 최근들어 원유값의 상승과 더불어 이들 목질재료(합판, PB, MDF, 집성재 등)의 제조에 필수불가결한 접착제가 합성수지보다는 내수기능과 접착이 우수하고 포름알데히드 문제가 전혀 없는 인체친화적인 천연접착제에 관심을 다시 갖게 되었다.

지금까지 도축혈액을 사용하는 방법은 세가지로 크게 구분되는데 첫째는 소, 돼지 등 도축혈액을 그대로 접착제로 사용하는 방법(渡辺, 1962)과 분무건조시킨 수용성분말을 제조하여 이용하는 방법(Eichhol, 1907) 그리고 그 중간 방법으로서 침전혈장방법(이화형, 2003)이었다. 도축혈액 그대로는 변질의 위험과 완전내수력이 떨어지는 점이 있어 수용성분말로 제조하여 사용되어 오다가 1931년에 폐놀수지가 1937년이 아미노수지가 발명되면서부터 혈액접착제는 공정상 혈액채취, 분리 및 건조가 까다롭고 특히 건조비가 많이 들어 가격면에서 요소수지의 6배, 폐놀수지의 1.5배가 되어 비싸므로(Detlefsen, 1989) 내구성과 내수성

¹ 충남대학교 환경소재공학과(Department of Biobased materials, Chungnam National Univ, 305-764, Korea)

* Corresponding author: 이화형

Tel.: +82-42-821-5752 Fax: +82-42-824-9952

E-mail: hhlee@cnu.ac.kr

2010년 6월 12일 투고

2010년 7월 18일 심사완료

2010년 9월 17일 게재확정

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	0.1	100%
Industry	8.4	0.7	211.6	16.8	715.1	56.8	322.8	25.7	100%
Building	2.1	0.1	219.2	12.4	1551.1	87.5	0		100%
total	854.2	16	1,680.8	31.5	2,480.5	46.5	323.6	6.0	100%

* Statistical data of the Ministry Environment in 2007.

이 좋고 작업이 간단하며 값이 저렴한 합성수지에 밀려 현재에는 사용하지 않게 되었다. 제3의 방법인 이화형(2003)의 방법은 쉽게 분리되는 침전혈장을 만들어 사용하는 방법(Cho 등, 1999; 이화형, 1998; 이화형 등, 1996; Park 등, 1996, 이화형과 송경빈, 1995)이었으나 준내수접착 기능에 머물렀다.

최근 한국에서 하루에 폐기되는 생활목질 폐기물은 Table 1과 같이 4080톤에 이른다. 이 중에서 생활계 폐목재는 2308톤 중 9%인 214톤만이 재활용되고 843.7톤이 매립되고 1250톤이 소각되고 있다. 하지만 매립은 법적으로 금지되어 있으며, 소각 또한 타 쓰레기와 발열량 차이로 고비용의 소각로를 상하게 할 수 있어 실제로 외면되고 있는 실정이다. 이러한 자원의 폐기는 경제적, 환경적, 그리고 자원적인 측면에서 볼 때 크나큰 낭비이며 더욱이 교토의정서 기후 협약의 대비를 위해서는 산림 사업뿐만 아니라 목재 및 목질 재료의 재활용을 통한 이산화탄소 절감방법이 무엇보다 필요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 이러한 생활목질폐잔재(MDF와 PB가 주류)로부터 제조된 흑탄(Seo와 Lee, 2010)을 인체친화적이고 친환경적인 천연 혈장접착제를 이용하여 흑탄보드를 제조하여 실내공기질 관리를 위한 벽재료를 위시한 주거환경재료로서 활용하기 위하여 그 물리·기계적인 성질 및 가스흡착성을 규명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 재료

가. 생활목질폐잔재 흑탄

가정에서 배출되는 생활목질폐잔재(MDF40%, PB30%, 합판 15%, 원목 15%로 구성)를 파쇄기에 넣고 50mm×50mm 크기를 통과시켜 건류제탄로(경북 S사)에 투입하여 800℃로 20분간 제조된 흑탄을 사용하였다. 예비 실험 결과에 따라 흑탄의 크기를 #6~60로 통일하였다. 대조구로서 백탄은 백탄은 강원도 홍천산 25년생 이상의 굴참나무(*Quercus variabilis* BI.)로 제조된 원료를 #6~60로 파쇄하여 흑탄과 동일하게 이용하였다.

나. 접착제

논산의 B사로부터 도축폐지의 혈액을 원심분리하여 혈구

로부터 분리한 혈장을 분양받아 농축기로 고형분함량(NVC) 30%로 제조하여 사용하였다. 대조구로서 폴리비닐아세테이트접착제(PVA, NVC 42%) 및 메틸디이소시아네이트접착제(MDI, NVC 100%)를 조성비를 달리하여 사용하여 비교하였다.

2. 실험 방법

가. 보드의 제작

생활폐잔재 흑탄보드를 제작하기 위하여 #6~60크기의 숯에 혈장접착제(고형분함량 NVC 30%) 및 폴리비닐아세테이트접착제(PVA, NVC 42%), 메틸디이소시아네이트접착제(MDI)를 원료의 전건중량에 대하여 아래의 조건과 같이 첨가하였다.

- ① 혈장접착제의 첨가량을 8%, 13%, 15%로 제조
- ② 혈장접착제 8% + MDI 5%로 제조
- ③ 혈장접착제 5% + PVA 5% + MDI 3%로 제조
- ④ PVA 15% + MDI 5%로 비교를 위하여 백탄 보드도 함께 제조하였다.

열압 공정은 이화형 등(2005)이 개발한 열압온도 170℃, 가압공정 3단계 열압 스케줄[40kgf/cm²(1분)–10kgf/cm²(2분30초)–40kgf/cm²(5분)의 압력 및 시간]로 면적 35cm×35cm, 두께1cm의 크기로 제조하였다.

나. 물리·기계적인 성질

제조된 숯보드에 대한 KS규격은 아직 정해져 있지 않으므로 KS F 3104에 의거하여 측정하였다. 열전도율은 Quick Thermal Conductivity Meter(QTM-500, 제조사: KYOTO ELECTRONICS)를 사용하여 측정하였다.

다. 에틸렌(C₂H₂)가스 흡착시험

제조된 숯보드의 에틸렌(C₂H₂)가스 흡착시험을 위한 측정방법은 940ml 진공용기에 5×5cm²의 시편을 넣고 200PPM의 에틸렌(C₂H₂)가스를 주입하여 1PPM씩을 채취한 후에 Gas chromatograph(DC-14B, 제조사: SHIMADZU)를 사용하여 48시간동안 측정하였다.

라. 포름알데히드 방산량 및 TVOC 측정

제조된 숯보드에 대하여 포름알데히드 방산량 측정은KS

F 3104에 의거하여 24hr 테시케이터법으로 측정하였으며, TVOC는 20L 소형챔버법을 이용하여 7일동안 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물리·기계적인 성질

Table 2는 각 조건별로 제조된 숯보드의 물리·기계적인 성질을 나타낸 것이다. 함수율의 경우 백탄 보드가 생활폐 잔재로 만든 흑탄보드보다 함수율이 낮은 경향이었으나, 접착제에 따른 변화는 없었다. 밀도의 경우 0.55~0.6사이로 대부분 비슷하게 나왔다. 휨강도의 경우 이화형등(2005)이 개발한 PVA(15%)와 MDI(5%) 혼용접착제를 사용하여 제조한 백탄보드는 강도가 제일 좋았으나 흑탄의 경우 이와 달리 강도가 크게 감소하였으며, 혈장접착제를 13%정도 사용할 경우 백탄보드만큼의 강도를 나타냈다. 또한 혈장접착제에 MDI와 PVA를 혼용하였을 경우에도 같은 양의 혈장접착제를 사용한 경우보다 낮은 휨강도를 나타냈다. 따라서 박리강도는 흑탄보드 중에서 가장 휨강도가 높게 나온 혈장접착제(13%)와 그동안 우수한 것으로 판명되었던 PVA(15%)와 MDI(5%)를 첨가하여 제조한 백탄보드와 흑탄보드만을 비교한 결과 Table 2처럼 혈장접착제 13%로 만든 흑탄보드의 박리강도도 백탄보드만큼의 박리강도를 나타내어 천연 혈장접착제 단독으로도 충분한 강성을 가짐을 알 수가 있었다.

2. 에틸렌(C₂H₂)가스 흡착시험

Fig. 1은 48시간동안의 각 숯보드 종류별 에틸렌가스 흡착율을 나타낸 것으로, 활성탄 보드의 짧은 시간동안의 흡착율이 가장 높았고, 48시간 후에도 가장 높은 흡착율을 나타내었다. 혈액으로 만들어진 흑탄보드는 기존의 백탄보드나 PVA와 MDI로 만들어진 흑탄보드의 흡착율과 거의 동일하였고, 흡착속도역시 백탄보드보다 빠르게 3hr에 에틸렌 가스의 69%를 흡수하였다. 생활목적폐잔재를 활용한 흑탄이 숯으로서의 가스흡착성을 그대로 구현함을 알 수가 있었으며, 혈액접착제를 사용하여도 숯보드로서의 그 기능성을 나타내는데 아무런 장애가 되지 않음을 알 수가 있었다.

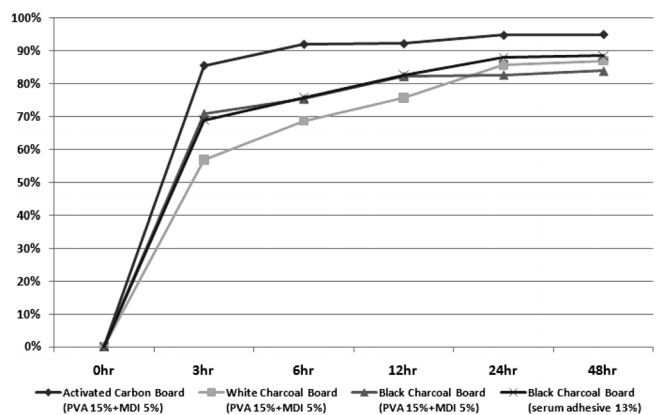


Fig. 1. Ethylene gas adsorption rate of charcoal board.

Table 2. Physical and mechanical properties of charcoal board.

Type	Moisure Content (%) F=135.296***		Density (g/cm ³) F=37.899***		Bending strength (N/mm ²) F=43.821***		Internal Bond (N/mm ²) F=679.279***		
	mean±SD	Duncan	mean±SD	Duncan	mean±SD	Duncan	mean±SD	Duncan	
white charcoal board (PVA 15% + MDI 5%)	2.387±0.060	A	0.59±0.006	E	4.396±0.145	D	0.857±0.015	C	
Black charcoal board	PVA 15% + MDI 5%	4.558±0.011	C	0.543±0.011	C	1.807±0.170	A	0.369±0.013	A
	serum adhesive 8%	4.242±0.160	B	0.544±0.006	C	2.021±0.286	A		
	serum adhesive 13%	5.996±0.254	E	0.530±0.005	B	4.176±0.270	D	0.812±0.024	B
	serum adhesive 15%	4.855±0.237	C	0.517±0.004	A	4.095±0.396	CD		
	serum adhesive 8% + MDI 5%	5.702±0.222	E	0.562±0.006	D	3.638±0.291	C		
	serum adhesive 8% + PVA 15% + MDI 5%	5.186±0.146	D	0.572±0.007	D	2.673±0.332	B		

P-valu : *=0.1, **=0.05, ***0.01

Table 3. HCHO and TVOC of Black charcoal board.

	HCHO (mg/L)	TVOC (mg/m ² ·h)
Black charcoal board (PVA 15% + MDI 5%)	0.02	0.0115
Black charcoal board (혈액접착제)	0.01	

the most excellent glade below 0.3 the most excellent glade below 0.10

3. 포름알데히드 방산량 및 TVOC 측정

Table 3은 포름알데히드 방산량 및 TVOC를 측정한 결과로, PVA와 MDI가 비포름알데히드계 수지이므로 포름알데히드 방산량이 거의 나오지 않음을 알 수가 있었고, 혈액접착제를 이용하였을 경우도 포름알데히드가 나오지 않음을 알 수가 있었다. TVOC의 경우에서도 기준치 이하로 유해성분이 거의 방출되지 않음을 알 수가 있었다. 따라서 이는 천연접착제인 혈액접착제와 생활폐잔재를 이용한 흑탄 보드가 인체친화적이며 친환경적인 재료임을 알 수가 있었다.

IV. 결론

따라서 본 연구는 생활목질폐잔재로부터 제조된 흑탄을 인체친화적이고 친환경적인 천연 혈장농축접착제를 이용하여 흑탄보드를 제조하여 실내공기질 관리를 위한 주거환경재료로서 활용하기위하여 그 물리·기계적인 성질 및 가스흡착성을 규명한 결과, 기존의 MDI와 PVA의 혼용접착제로 제조한 생활목재폐기물 재활용 흑탄보드의 낮은 휘강도문제를 해결하였으며, HCHO나 TVOC가 나오지 않는 친환경제품으로서 뛰어난 가스흡착력을 나타내며, 기존의 백탄숯보드와 동일한 기능성을 나타냄을 알 수가 있었다. 이는 주거환경에 사용 시 벽재, 천정재 등 건축내장재로 활용되어 우수한 인체친화적 재료로 사용될 수 있으며, 지구환경보호와 목질자원재활용 및 주거환경 공기질 관리 및 도축혈액의 재활용에 의한 고부가가치화등 1석4조의 효과를 지닌 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국토해양부국고시 제 2009-1191호. 2009. 내 주택성능 등급인정및 관리기준 (2009.12.22).
2. 대한민국 법률 제6911호. 2003. 다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법 (2003.05.30).

3. 이화형. 1998. HCl로 침전처리한 혈액으로부터의 혈분수지 제조 배합비에 따른 점도변이와 합판 접착력에 미치는 영향. 한국가구학회. 9(2): 33-39.
4. 이화형. 2003. Eo 등급 목질재료제조를 위한 도축혈분의 산처리 침전혈장과 페놀합성수지와외의 공결합접착제에 관한 방법. 특허 제100391829호 (2003.07.04).
5. 이화형, 송경빈. 1995. TCA 침전 혈액접착제의 합판제조에 관한 연구. 한국가구학회지. Vol. 6(1): 53-58.
6. 이화형, 이종신, 장상식. 1996. 합판용 페놀수지 접착제에 대한 TCA침전 혈액분말의 첨가 효과. 목재공학. 24(2): 15-19.
7. 이화형, 조윤민, 박한상. 2005. 백탄과티끌 크기와 최종매트함수율에 따른 백탄보드의 제조와 성능. 목재공학. 33(3): 22-29.
8. Cho, Y.S., H.H. Lee and K.B Song. 1999. Preparation of Blood Glue from Procine Plasma Protein and Cross-linking Reaction of Protein with Formaldehyde. Agric. Chem. Biotechnol. 42(2): 81-84.
9. Detlefsen, W.D. 1989. Blood and casein adhesives for bonding wood. In the chapter 31 of Adhesives from Renewable Resources. Edited by R.W. Hemingway et al. American Chemical Society. 451pp.
10. Eichholz, W. 1907. German Patent 199,903 (Aug.16, 1907).
11. FAO. 2002. Estimated deaths & DALYs attributable to selected environmental risk factors. Department of Public Health & Environment.
12. Park, E.H., H.H. Lee, K.B. Song. 1996 Characterization of plasma proteins from bloods of slaughtered cow and pig and utilization of the proteins as adhesives. 한국농화학회지. 39(2): 123-126.
13. Seo, I.S. and H.H. Lee. 2010. Properties of charcoal board manufactured from domestic wood waste. Korea Furniture Society Journal 21(3): 566-574.
14. 渡辺治夫, 森北出版, 1962. 合板の製造. pp. 152-180.