

간벌재로 제조된 톱밥보드의 물성(I)¹ - 가압압력 및 열압시간의 영향 -

오승원²

Properties of Sawdust Board Made from Thinned Logs(I)¹ - Effect of Pressure and Press Time - Seung-Won Oh²

요 약

소나무, 낙엽송 및 잣나무 간벌재를 재료로 가압압력과 열압시간을 달리하여 톱밥 보드를 제조하고, 이들이 보드의 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 두께 팽창율과 흡수율은 열압시간이 증가함에 따라 감소하였으며, 휨강도와 경도는 열압시간이 증가함에 따라 증가하였다. 톱밥보드의 물성은 가압압력 보다 열압시간에 의해 영향을 받음을 알 수 있었고, 수종간 비교에서는 뚜렷한 경향을 발견 할 수 없었다.

ABSTRACT

In this study, sawdust boards with a density 0.6g/cm³, powder phenol resin containing 10% were made from thinned logs of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis* and *Pinus koraiensis*. Four levels of the pressure and press time were designed to investigate the effect on the properties of sawdust boards.

Thickness swelling and water absorption were increased as press time was decreased. The condition of 3-stage pressure for lower thickness swelling and water absorption of board was 40→30→20kgf/cm². Bending strength and brinell hardness were decreased as press time was decreased. But there have no change with pressing pressure. These results indicated that properties of sawdust board were affected by press time.

Keywords : sawdust board, thinned logs, thickness swelling, water absorption, bending strength

1. 접수 2002년 8월 20일 Received on August 20, 2002

본 연구는 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었음.

2. 전북대학교 농과대학 College of Agriculture, Chonbuk National University,
Chonju 561-756, Korea

서론

국내 목재 수급량의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 실정에서 경제수종으로의 수종갱신, 목재의 고부가가치화 등 해결해야 할 과제가 많이 있으나, 육림 과정에서 발생하는 간벌재의 유효활용이 시급한 문제로 대두되어 왔다. 이러한 방법중의 하나로 생산성이 높고 새로운 용도 개발이 가능한 목질 복합 보드의 개발이 전 세계적으로 활발히 전개되고 있다. 우리나라의 경우도 산림청 통계 자료에 의하면 2000년도 파티클보드의 생산량이 722,426m³으로 매년 꾸준히 증가하고 있다(산림청, 2001). 그러나 톱밥의 경우 제재시 부산물로 대량 생산됨에도 불구하고 보통의 파티클보드의 물성과 유사한 제품을 만들기 위해서는 톱밥의 특성상 다량의 수지가 필요하며 열압시간이 길어지기 때문에 소량의 톱밥만 파티클보드의 평활성과 표면경도를 얻기 위해 이용되어 왔다(이와 윤, 1994). 또한 톱밥만으로 우수한 보드를 만들 수 없기 때문에 톱밥 이외의 다른 소재와 혼합 가공하여 생산하는 새로운 제품개발에 대한 연구가 진행되어 왔다(이 등, 2002; 서, 1987; Spaun, 1981; Bulleit, 1985; Lee & Suh, 1987; Park & Lee, 1986). 따라서 본 연구에서는 톱밥보드를 이용한 신소재 개발의 기초연구로서 간벌재를 재료로 톱밥보드를 제조하고, 보드제조 시 가압압력 및 열압시간이 보드의 물성에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.), 낙엽송(*Larix leptolepis* G), 잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z.) 간벌재를 공시 재료로 사

용하였다.

2.2 톱밥 및 보드제조

등근톱을 이용하여 톱밥을 제조하였으며 시료의 균일함을 위하여 입자의 크기를 체를 이용하여 1mm이하로 선별하고 함수율 5%이하로 조절하였다. 보드제조 시 사용한 접착제는 분말 페놀수지 (코오롱 유화(주) KNB-100PL)로서 용점 80~95℃, 수지 고형분 99%이었다. 선별된 시료를 접착제와 혼합하여 열판 위에 있는 정방형 몰드에 넣고 상부면을 일정하게 조절하고 열압, 성형하여 26cm×26cm×1.4cm의 보드를 수종 및 조건별로 3장씩 제조하였다. 열압 성형기는 30 ton의 기계를 주문 제작하여 사용하였으며, 가압조건은 3단계 가압력 4종류와 3단계 열압시간 4종류를 설정하여 총 16가지 열압 스케줄에 대하여 실험하였다. 보드제조 과정에서 몰드와 보드간의 접촉을 방지하기 위하여 시료의 상하면에 테프론 판을 올려놓아 성형 후 보드의 분리를 쉽게 하였다. 보드의 두께는 thickness bar를 이용하여 조절하였고, thickness bar까지 도달시간은 10초로 하였으며, 보드제조 조건은 Table 1 과 같다.

Table 1. Manufacturing conditions of board.

Density (g/cm ³)	Resin content (%)	Pressure (kgf/cm ²)	Press time (min.)	Temp. (°C)
0.6	10	50→40→30	7→6→5	190
		40→30→20	6→5→4	
		40→20→10	5→4→3	
		30→20→10	4→3→2	

2.3 물성조사

각각의 조건에서 제조된 보드는 12cm×12cm×1.4cm의 크기로 제단하여 온도 20±1℃, 습도 65±5%의 항온 항습기에서 조습처리 한

후 밀도가 $0.60 \pm 0.01 \text{g/cm}^3$ 의 시험편을 5개씩 선별하여 KS F 3104에 의거하여 흡수율, 두께 팽창율, 휨강도 등을 측정하고 Brinell 경도기 (B960909, 대경테크(주))를 이용하여 경도를 측정하였다.

결과 및 고찰

3. 1. 두께 팽창율

각 수종 및 조건별로 제조된 보드를 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 물에 24시간 침지한 후 두께 팽창율을 측정된 결과는 Table 2 와 같다.

각 수종별로 제조된 보드의 두께 팽창율은 대체적으로 열압시간이 감소함에 따라 증가하였으며, 열압시간이 7→6→5분의 경우에 두께 팽창율이 적었고, 열압시간이 4→3→2분 일 때 가장 큰 값을 나타내었다.

이는 열압 과정에서 열이 내층으로 충분히 전달되지 못한 상태에서 열압이 종료되어 수분의 흡수가 용이했기 때문으로 여겨진다. 김 (1997)은 제지슬러지와 신문고지를 이용한 MDF의 제조 및 물성관한 연구에서 압착조건 의 상승에 따라 두께 팽창율이 서서히 저하된다고 보고하였으며, 이는 밀도의 증가로 섬유 판의 내수성 증대에 기인된 것으로 판단된다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 같은 밀도의 보드를 사용하였기 때문에 위의 설명이 충분하지 못 하지만 두께 방향의 밀도경사의 차이에 의한 두께 팽창율의 변화로 추정된다(Kollmann *et al.*, 1975). 한편 가압 압력 차이에 의한 두께 팽창율은 소나무와 낙엽송으로 제도된 보드는 가압 압력 40→30→20kgf/cm²일 때 적었으며, 잣나무는 가압압력 40→20→10kgf/cm²일 때 비교적 적게 나타났다. 수종별 비교에서는 소나무로 제조된 보드가 각 가압압력 별로 두께 팽창율이 약간 큰 것으로 나타났다.

Table 2. Coefficients of thickness swelling of specimens in various hot pressing conditions. (Unit : %)

Species	Press time (3-steps,min.)	Conditions of hot-press pressure(3-steps, kgf/cm ²)			
		50→40→30	40→30→20	40→20→10	30→20→10
<i>P. densiflora</i>	7→6→5	11.2 ^a ±2.1	9.5±2.3	11.1±1.8	11.5±1.7
	6→5→4	11.2±2.4	9.5±2.6	12.8±2.3	11.1±1.6
	5→4→3	14.9±3.6	14.8±2.5	13.6±2.2	16.5±2.3
	4→3→2	18.2±3.8	18.5±3.8	19.0±3.8	18.5±2.4
<i>L. leptolepis</i>	7→6→5	12.3±1.7	7.4±1.5	10.8±1.6	9.4±2.1
	6→5→4	12.5±2.3	10.1±2.2	11.0±1.3	12.0±2.3
	5→4→3	13.4±3.2	13.0±1.9	10.2±1.8	12.3±2.5
	4→3→2	16.2±2.4	13.0±3.2	14.9±3.2	15.6±3.6
<i>P. koraiensis</i>	7→6→5	10.2±1.8	9.4±2.5	8.2±2.3	10.0±2.1
	6→5→4	10.1±1.3	8.3±2.3	8.9±2.5	10.2±2.3
	5→4→3	13.6±2.3	10.4±2.1	12.0±3.1	13.9±3.2
	4→3→2	15.6±2.6	14.5±3.5	12.1±2.1	16.4±3.9

a : Mean value from 5 replications

톱밥보드의 두께 팽창율은 열압 시간이 길수록 12% 이하이어서 KS F 3104의 PB 휨강도 18.0형 기준을 만족시켰다. 이와 윤(1994)은 나왕톱밥에 PDMI 수지를 첨가하여 가압압력 30kgf/cm², 열압 시간 20sec./min. 조건으로 보드를 제조한 후 두께 팽창율을 조사한 결과, 비중 0.6, 수지첨가량 5% 일 때 13.4%, 비중 0.8, 수지첨가량 9%일 때 10.1% 이었다고 보고한 바 있다.

3.2 흡수율

제조된 보드를 20±1℃의 물에 24시간 침지한 후 수종 및 제조 조건별로 흡수율을 측정 한 결과는 Table 3 과 같다.

각 수종별로 제조된 보드의 흡수율은 대체 적으로 열압시간이 감소함에 따라 증가하였으며, 열압시간이 4→3→2분의 경우에 흡수율이 가장 높았고, 총 열압시간이 많을수록 흡수율은 적은 것으로 나타났다.

전 수종 모두 열압시간 7→6→5분, 가압압력 40→30→20kgf/cm²의 조건에서 흡수율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 가압압력에 따른 흡수율은 소나무와 잣나무로 제조된 보드의 경우 가압압력이 낮을수록 흡수율은 약간 증가하는 경향이였으며, 낙엽송으로 제조된 보드의 경우 가압압력 40→30→20kgf/cm²의 조건에서 흡수율이 가장 적은 것으로 나타났다. 이와 박(1977)은 페타이어와 목재칩을 이용한 복합 판넬 연구에서 전체 가압압력이 낮은 경우, 열압시간에 관계없이 수분 흡수율이 높았으며, 가압압력을 줄여갈 경우 4→3→2분, 45→20→15kgf/cm²에서 가장 낮은 수분 흡수율을 나타냈다고 보고한 바 있다. 수종별 비교에서는 잣나무로 제조된 보드가 각 가압압력 및 열압시간 별로 흡수율이 약간 큰 것으로 나타났다. 한편 이와 윤(1994)은 나왕톱밥에 PDMI 수지를 첨가하여 가압 압력 30kgf/cm², 열압 시간 20sec./min. 조건으로 보드를 제조한 후 흡수율을 조사한 결과, 비중 0.6, 수지첨가량

Table 3. Coefficients of water absorption of specimens in various hot pressing conditions. (Unit : %)

Species	Press time (3-steps,min.)	Conditions of hot-press pressure(3-steps, kgf/cm ²)			
		50→40→30	40→30→20	40→20→10	30→20→10
<i>P. densiflora</i>	7→6→5	110.7 ^a ±15.2	102.7±15.6	110.1±13.6	103.4±18.3
	6→5→4	104.2±18.6	108.9±15.4	110.2±15.4	123.7±12.5
	5→4→3	109.5±15.5	111.2±18.7	112.2±13.2	123.9±15.4
	4→3→2	116.2±18.6	118.5±13.5	118.7±14.3	126.2±12.5
<i>L. leptolepis</i>	7→6→5	90.3±19.6	43.8±8.6	81.9±9.3	44.0±6.3
	6→5→4	96.3±17.4	68.6±7.3	118.5±14.2	68.8±5.7
	5→4→3	84.0±15.7	72.5±6.2	115.3±10.3	100.3±10.3
	4→3→2	119.8±20.3	96.3±8.4	130.7±16.9	131.7±15.2
<i>P. koraiensis</i>	7→6→5	99.7±16.3	97.5±8.3	122.9±18.2	118.5±15.6
	6→5→4	116.6±19.6	104.7±13.5	122.7±16.5	119.7±14.3
	5→4→3	111.6±16.3	124.7±18.6	125.5±13.2	121.2±15.8
	4→3→2	118.0±16.5	126.9±14.7	130.4±14.5	131.3±16.2

a : Mean value from 5 replications

5% 일 때 물 흡수율은 31.4%, 비중 0.8, 매트 흡수율 5%, 수지침가량 5%일 때 물 흡수율은 33.7%로 보고 한 바 있어 톱밥보드제조 시 PDMI 수지의 가능성을 검토한 바 있다.

3.3 휨강도

수종 및 조건별로 제조된 보드를 하중속도 10mm/min 조건으로 만능강도 시험기를 이용하여 휨강도를 측정된 결과는 Table 4 와 같다.

각 수종별로 제조한 보드의 휨강도는 대체적으로 열압시간이 감소함에 따라 감소하였으며 열압 시간 7→6→5분의 조건에서 휨강도가 가장 컸고, 4→3→2분의 경우가 가장 낮은 값을 나타냈다. 이는 충분한 열압시간이 톱밥과 보드의 결합을 증대시켜 휨강도의 증가요인으로 작용하였기 때문으로 사료된다.

가압압력에 따른 휨강도는 전 수종 모두 가압압력 30→20→10kgf/cm²일 때 가장 적은 값을 나타냈다. 또한 소나무 보드의 경우 가압압력이 40→30→20kgf/cm²일 때, 낙엽송 보드는 40→20→10kgf/cm²일 때, 잣나무 보드는 50→40→30kgf/cm²일 때 등 다양한 경우의 가압압력 조건에서 높은 휨강도 값을 나타내어, 휨강도는 가압압력의 영향보다 열압시간에 의해 변화가 있음을 알 수 있었다. 이와 강(1998)은 요소수지 연질왕겨 보드를 제조한 후 휨강도를 측정된 결과 열압시간이 증가함에 따라 휨강도가 증가하였다고 보고한 바 있다. 또한 김(1997) 폐지슬러지와 신문고지를 이용하여 MDF를 제조하고 물성을 조사한 바 압력, 온도 및 압착시간이 증가함에 따라 인장강도와 휨강도가 증가하는 경향이었다고 보고하였다. 한편 이와 윤(1994)은 나왕톱밥에 PDMI 수지를 첨가하여 톱밥보드를 제조한

Table 4. Modulus of rupture (MOR) in various hot pressing conditions by bending test.

(Unit : kgf/cm²)

Species	Press time (3-steps,min.)	Conditions of hot-press pressure(3-steps, kgf/cm ²)			
		50→40→30	40→30→20	40→20→10	30→20→10
<i>P. densiflora</i>	7→6→5	78.4 ^a ±8.3	88.2±8.3	82.3±6.8	83.2±9.6
	6→5→4	76.0±8.2	87.6±5.6	81.7±10.3	79.1±8.7
	5→4→3	75.8±6.5	80.8±10.3	77.5±9.6	48.2±6.8
	4→3→2	55.7±3.8	58.6±6.7	48.4±5.3	41.9±6.2
<i>L. leptolepis</i>	7→6→5	87.9±10.2	85.7±5.4	106.9±12.3	80.7±6.8
	6→5→4	78.8±11.3	71.9±6.5	87.2±5.8	53.4±4.5
	5→4→3	68.8±6.5	59.8±4.5	69.4±6.7	53.7±6.2
	4→3→2	44.6±4.8	40.4±5.8	48.6±5.2	41.6±5.4
<i>P. koraiensis</i>	7→6→5	115.9±12.3	85.8±6.7	99.1±8.8	90.3±10.6
	6→5→4	112.3±10.5	83.2±7.9	82.7±9.6	87.2±8.7
	5→4→3	91.4±10.2	77.4±9.1	85.7±6.4	62.2±5.6
	4→3→2	78.2±8.6	69.3±6.7	71.2±6.5	62.7±4.8

a : Mean value from 5 replications

후 휨강도를 조사한 결과, 비중 0.6, 수지침가량 5% 일 때 휨강도는 36.4kgf/cm², 비중 0.8, 수지침가량 9%일 때 휨강도는 152.9kgf/cm²라고 밝힌 바 있어 본 연구에서 제조한 톱밥보드와 제조조건이 다르기 때문에 정확한 비교는 할 수 없으나 거의 비슷한 휨강도 값을 나타냈다. 수종간 비교에서는 잣나무의 경우 가압압력 50→40→30kgf/cm²의 조건에서 제조된 보드의 휨강도가 약간 컸으며, 낙엽송으로 제조된 보드의 경우 열압시간이 4→3→2분의 경우가 다른 수종에 비해서 가장 작았다. 이러한 휨강도 값은 KS F 3104 PB 품질기준을 만족시키지 못했다. 본 실험의 경우 수지침가량 10%, 목표 밀도 0.6g/cm³, 첨가제의 무첨가에서 제조한 잣나무 톱밥보드의 휨강도는 톱밥 자체의 재료적 한계성을 고려할 때 비교적 우수한 휨강도로 판단되며 이를 부가가치가 높은 상품의 개발로 용도를 찾아야 할 것으로 생각된다.

3.4 경도

수종, 가압 압력 및 열압 시간별로 제조된 보드의 브리넬경도를 측정한 결과는 Table 5와 같다.

각 수종별로 제조된 보드의 경도는 대체적으로 열압시간이 감소함에 따라 완만히 감소하였으며 모두 열압시간 7→6→5분의 조건에 있어서 경도가 가장 큰 경향을 보이고 있으며, 총 열압시간이 작을수록 경도는 감소하는 것으로 나타났다. 열압시간 7→6→5분의 경우 소나무와 잣나무로 제조된 보드는 가압압력 40→30→20kgf/cm², 낙엽송은 30→20→10kgf/cm²일 때 가장 큰 경도 값을 나타냈다. 가압압력에 따른 경도의 차이는 뚜렷한 경향을 발견할 수 없었으며, 수종간 비교에서는 낙엽송의 경도가 약간 작은 것으로 나타났다.

Table 5. Brinell hardness in various hot pressing conditions.

(Unit : kg/cm²)

Species	Press time (3-steps,min.)	Conditions of hot-press pressure(3-steps, kgf/cm ²)			
		50→40→30	40→30→20	40→20→10	30→20→10
<i>P. densiflora</i>	7→6→5	238.4 ^a ±20.3	243.5±25.8	242.6±22.6	234.2±22.5
	6→5→4	229.9±25.6	234.2±24.6	238.5±25.1	209.5±23.1
	5→4→3	201.4±24.9	226.9±21.3	239.2±28.7	181.1±20.5
	4→3→2	193.4±18.9	208.1±15.6	232.8±18.6	193.4±18.4
<i>L. leptolepis</i>	7→6→5	176.9±20.3	225.8±21.3	216.5±20.4	227.2±16.5
	6→5→4	168.3±18.7	213.5±15.6	215.7±21.6	225.8±23.5
	5→4→3	181.1±18.5	189.3±17.5	217.6±18.6	220.3±20.6
	4→3→2	167.4±17.6	181.1±18.6	204.4±24.1	215.6±18.4
<i>P. koraiensis</i>	7→6→5	229.9±22.6	260.1±22.5	220.5±16.8	242.6±19.6
	6→5→4	192.7±18.5	221.7±24.3	217.6±15.7	234.2±18.7
	5→4→3	219.5±15.7	256.4±25.8	205.5±20.3	235.7±20.3
	4→3→2	187.7±18.6	217.6±16.5	201.9±16.9	217.6±19.8

a : Mean value from 5 replications

결 론

간벌재를 이용하여 톱밥보드를 제조하고 가압압력 및 열압시간이 보드의 물성에 미치는 영향을 검토하였다. 두께 팽창율과 흡수율은 열압시간이 감소함에 따라 증가하였으며 가압압력 40→30→20kgf/cm²일 때 비교적 적은 값을 나타냈다. 휨강도 및 경도는 열압시간이 감소함에 따라 감소하였으며 가압압력에 따른 차이는 뚜렷한 경향을 발견할 수 없었다. 수종간 비교에서는 두께 팽창율은 소나무로 제조된 보드, 휨강도는 잣나무로 제조된 보드, 경도는 낙엽송으로 제조된 보드가 비교적 높은 값을 나타냈다.

이러한 결과로 톱밥보드의 물성은 가압압력보다 열압시간에 의해 영향을 받음을 알수 있었다.

인용문헌

1. Bulleit, W. M. 1985. Reinforcement of wood materials : A review. *Wood and Fiber Science* 16(3): 391-397.
2. Kollmann, F. P., E. W. Kuenzi and A, J. Stamm. 1975. *Principle of wood science and technology* : 613-622.
3. Lee, P. W. and J, S. Suh. 1987. A study on the mechanical and physical properties of sawdust board combined with plastic chip. *Mokchae Konghak* 15(3):44-55.
4. Park, H. and P, W. Lee. 1986. Effect of wood particle and steel wire composition on physical and mechanical properties of the board. *Mokchae Konghak* 14(1):3-44.
5. Spaun, F. D. 1981. Reinforcement of wood with fiberglass. *Forest Products Journal* 31(4): 26-33.
6. 김봉용. 1997. 제지 슬러지와 신문고지를 이용한 MDF의 제조 및 물성. *목재공학* 25(1): 50-55.
7. 산림청. 2001. 임업통계연보 제31호.
8. 서진석. 1987. 폴리 프로필렌사 칩과 배향사를 결합한 톱밥보드의 물리적 및 기계적 성질에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
9. 이원희, 박상진. 1997. 페타이어를 이용한 목질계 복합 패널의 연구 -열압조건에 의한 재질 특성-. *목재공학* 25(4): 29-38.
10. 이필우, 윤형운. 1994. MDI(methylene diphenyl diisocyanate)수지를 이용한 톱밥보드의 물성(I) - 보드비중, 수지첨가량, 매트 함수율에 관하여-. *한국 가구학회지* 5(2): 51-61.
11. 이필우, 이영규, 김현중. 2002. 제지 슬러지 - 합성섬유 - 목섬유 복합재의 개발. *목재공학* 30(1): 1-10.
12. 이화형, 강춘원. 1998. 요소수지 연질 왕겨보드의 개발. *목재공학* 26(4): 50-55.