

마이크로웨이브 건조목재의 방염처리 스케줄

Flame-resistant treatment schedule of Microwave drying wood

박철우* 허재원** 임남기***
 Park, Cheul-Woo Her, Jae-Won Lim, Nam-Gi

Abstract

This research aims to secure fundamental data for the development of fire-retardant wood by soaking dried wood in fire-retardant liquid. To dry wood, optimal drying conditions for softwood usually used as structural material and hardwood usually used as finishing or furniture material were derived by varying the microwave outputs and heating times of microwave wood drying equipment. The research found that each specimen needs 8 to 15 minutes of heating time depending on water content and output. For softwood, fire-retardant liquid equivalent to about 10 percent of the total mass of the specimen infiltrated into the dried wood, of which the water content was reduced to 5~6 percent.

키워드 : 마이크로웨이브, 건조, 활엽수, 침엽수, 방염제
 Keywords : microwave, drying, hard-wood, soft-wood, resistant

1. 서론

마이크로웨이브로 건조된 목재는 내부로 액상 주입이 용이하므로 액상의 방염약제 등을 주입 시 선 방염처리 목재 개발이 가능하다. 현재 목재의 화재 저항성 향상을 위한 방염처리 방법 중 도포에 의한 처리법이 주로 시행되고 있지만 이는 화재에 근본적인 대책으로서는 부족한 실정이며¹⁾ 액상의 규산염을 목재내부로 주입시킨 목재가 제조되고 있지만 강제적 주입으로 인한 결함 및 주입된 액상의 용탈 현상²⁾ 등의 문제가 발생되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 마이크로웨이브 목재 건조 장비를 이용하여 침엽수와 활엽수를 대상으로 마이크로웨이브 출력과 가열시간을 달리하여 최적의 건조스케줄 도출하며 급속 건조된 목재를 액상의 방염약제에 침지시켜 제조과정에서부터 무결함 공기 단축형 방염 목재 제조에 대한 기초자료 확보를 목적으로 한다.

은 마이크로웨이브 출력에 따른 목재 질량변화와 함수율 변화, 건조 전후의 온도를 측정하며, 방염약제 침지 전후의 질량변화 기록한다. 실험개요 및 인자는 표 1과 같다.

표 1. 실험 개요 및 인자

온도	22℃	습도	70%
Microwave	출력(kW)	2~5	
목재	Soft wood	S.P.F(Sprus, Pine, Fir)	
	Hard Wood	Ash, Maple, Oak	
	시편크기(mm)	190×290×38	
함수율 측정	전기저항식 수분계		
방염약제	인산계(액상)		
온도측정	적외선 온도계		

*SPF 목표 함수율 4~5% 시험편 : 상온 평형상태(10~12%)에서 가열 건조

*SPF 목표 함수율 6% 이상 시험편 : 섭음포화점(23~30%) 부근에서 가열 건조

*활엽수 : 생재에서부터 단계별로 가열 건조

*표식 : 수종[종류]건조목표함수율[마이크로웨이브 출력];가열시간

2. 실험개요 및 결과

2.1 실험 개요

마이크로웨이브 목재 건조 장비는 최대 출력 6kW의 가변형이며, 건조 및 방염처리 대상목재는 구조용 침엽수와 마감 및 가구용재로 사용되는 활엽수로 한다. 목재의 건조 및 방염처리 스케줄



(a) Microwave

(b) M/W 가열 후 목재

(c) 방염제(액상)

그림 1. 실험 장비 및 재료

2.2 실험 결과 및 분석

마이크로웨이브 가열 조건은 표 2와 같으며 건조 목재의 가열 시간에 따른 질량 및 가열 직 후 온도와 함수율, 침투량 등 건조 스케줄은 표 3과 같다.

* 동명대학교 건축공학과 박사과정
 ** 동명대학교 건축공학과 겸임교수, 공학박사
 *** 동명대학교 건축공학과 교수, 교신저자(ing@tu.ac.kr)
 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2011-0004841)

표 2. 마이크로웨이브 가열 조건

수종	목표 함수율 (%)	출력 (kW)	가열시간 (min)	함수율 (%)	표식	번호
Soft wood						
SPF	4~5	3	15	10.2	S[SPF]4~5[3]:15	1
		4	13	10.8	S[SPF]4~5[4]:13	2
		5	7	10.4	S[SPF]4~5[5]:7	3
	6~8	3	10	18.6	S[SPF]6~8[3]:10	4
		4	8	19.4	S[SPF]6~8[4]:8	5
		5	6	18.5	S[SPF]6~8[5]:6	6
	10~12	3	8	21.1	S[SPF]10~12[3]:8	7
			10	22.0	S[SPF]10~12[3]:10	8
			12	20.3	S[SPF]10~12[3]:12	9
		4	8	21.2	S[SPF]10~12[4]:8	10
			10	21.6	S[SPF]10~12[4]:10	11
			12	21.9	S[SPF]10~12[4]:12	12
		5	8	22.6	S[SPF]10~12[5]:8	13
			10	21.5	S[SPF]10~12[5]:10	14
			12	22.0	S[SPF]10~12[5]:12	15
Hard Wood						
Ash	~30	2	13	54.1	H[Ah]~30[2]:13	1
	30~20		10	33.2	H[Ah]30~20[2]:10	2
	20~10		12	22.2	H[Ah]20~10[2]:12	3
	20~6		15	23.1	H[Ah]20~6[2]:15	4
Maple	~30	2	9	33.5	H[Mp]~30[2]:9	5
	30~20		10	32.3	H[Mp]30~20[2]:10	6
	20~10		12	28	H[Mp]20~10[2]:12	7
	20~6		15	18.8	H[Mp]20~6[2]:15	8
Oak	~30	2	6	32.7	H[Ok]~30[2]:6	9
	30~20		10	31.7	H[Ok]30~20[2]:10	10
	20~10		18	26.3	H[Ok]20~10[2]:18	11
	20~6		18	18.8	H[Ok]20~6[2]:18	12

표 3. 목재의 마이크로웨이브 가열·건조 스케줄

번호	질량 및 온도변화				함수율 변화 및 방염약제 침투량				
	가열 전 질량	가열 후 질량	질량 감소	온도	가열전	가열후	감소	침지후	침투량
Soft wood									
1	829.4	749.9	79.5	87	10.2	5.7	4.5	11.8	84.3
2	837.0	751.8	85.2	90	10.8	5.3	5.5	10.7	98.1
3	826.9	738.3	88.6	94	10.4	4.1	6.3	11.0	95.1
4	930.3	868.9	61.4	78	18.6	8.0	10.6	12.3	70.0
5	943.0	878.1	64.9	83	19.4	7.5	11.9	11.9	77.7
6	960.5	905.2	55.3	88	18.5	7.1	11.4	12.0	60.6
7	1507.4	1456.1	51.3	62	21.1	10.6	10.5	11.3	64.5
8	1332.7	1280.4	52.3	81	22.0	11.3	10.7	11.5	66.8
9	1453.5	1273.6	179.9	84	20.3	8.6	11.7	15.4	120.8
10	1460.9	1402.1	58.8	76	21.2	7.9	13.3	12.2	67.8
11	1497.0	1416.3	80.7	84	21.6	9.0	12.6	11.5	105.6
12	1443.1	1334.6	108.5	90	21.9	7.6	14.3	13.4	112.2
13	1398.7	1337.5	61.2	78	22.6	8.8	13.8	12.1	70.1
14	1414.5	1345.6	68.9	85	21.5	7.7	13.8	11.5	80.9
15	1478.7	1366.7	112.0	95	22.0	7.1	14.9	12.2	120.2
Hard Wood									
1	1370.7	1229.1	140.6	110	54.1	31.4	22.7	-	-
2	1211.4	1142.3	69.1	98	31.0	17.8	13.2	-	-
3	1165.9	1074.0	91.9	96	17.5	9.4	8.1	-	-
4	1188.0	1090.5	97.5	91	17.4	6.6	10.8	9.8	65.0
5	1420.8	1325.7	95.1	107	45.7	28.5	17.2	-	-
6	1317.3	1227.2	90.1	100	28.0	16.3	11.7	-	-
7	1256.9	1167.8	89.1	95	16.2	10.0	6.1	-	-
8	1205.6	1122.5	89.1	93	16.2	7.1	9.1	10.5	68.4
9	1557.4	1470.4	87.0	114	47.9	29.6	18.3	-	-
10	1371.4	1293.4	78.0	103	29.8	18.1	11.7	-	-
11	1407.1	1319.1	88.0	98	18.0	10.6	7.4	-	-
12	1386.2	1294.2	92.0	94	18.2	7.1	11.1	9.7	55.4

1~3번 시험편의 경우 평균 가열 전 질량 831g 대비 84g, 약 질량의 10%가 감소하였으며 가열 직후 평균 온도는 90℃로 나타났다. 4~6번 시험편은 평균 가열 전 질량 944g 대비 약 6.3%의 질량이 감소하였다. 7~15번 경우 4~6번 시험편과 유사한 감소량을 나타내었다. 활엽수의 경우 생재에서부터 단계적으

로 가열건조 시 수중에 따라 가열시간의 차이가 발생하는 것으로 나타났으며 Oak의 경우 가장 많은 가열시간이 필요한 것으로 나타났다. 침엽수 대비 높은 섬유 밀도를 가진 활엽수의 특성³⁾에 기인한 것으로 판단된다.

함수율 변화는 1~3번 시험편의 경우 가열 전 평균함수율보다 침지 후가 11.1%로 높게 나타났으며 방염약제의 침투량은 질량 감소량 보다 많은 92g으로 나타났다. 4~6번의 경우 1~3번 시험 조건보다 함수율 및 침투량의 증가율은 높지 않은 것으로 나타났다. 섬유포화점 이상에서부터 가열된 활엽수의 경우 가열 초기 함수율은 수중에 따라 Ash 17.9%, Maple 14.4%, Oak 15.0%로 평균 15.7%가 감소되는 것으로 나타났으며, 이는 대부분 세포내강의 자유수가 확산증발 된 것으로 사료된다. 섬유포화점 이하에서의 함수율 감소는 활엽수 평균 8.7%로 나타났으며 이는 침엽수 평균 감소율 12.4%보다 3.7% 적은 것으로서 침엽수 대비 건조효율이 높지 않은 것으로 나타났다. 섬유포화점 이하에서의 목재의 수분은 세포벽에 존재하는 결합수가 대부분인데 세포의 수가 많으며 밀도가 높은 활엽수 중 결합수의 많은 증발을 위해서는 표 2에 따른 가열 스케줄의 조정이 필요할 것으로 사료된다. 또한 연속 가열에 따른 온도상승과 내부 증기압 상승 등에 따른 문제발생 제어를 위해 보다 세밀한 건조 스케줄이 필요할 것으로 사료된다. 한편 활엽수의 방염약제 침투비율은 침엽수 대비 약 70%로서 이에 대한 침투성 개선도 필요할 것으로 판단된다.

3. 결 론

목재의 마이크로웨이브 가열건조 및 방염약제 침투 스케줄 도출 결과 출력과 가열 시간의 조정으로 목재의 빠른 건조가 가능하였으며, 침엽수에서의 방염약제의 침투가 수월한 것으로 나타났다. 또한 섬유포화점 이상에서 목재를 가열건조 할 경우 수분 감소는 높게 나타났지만, 그 이하에서의 수분 감소는 수중에 따라 차이가 있는 것으로 나타나 이를 개선하기 위한 가열건조 조건의 조정이 필요할 것으로 판단된다. 동일 수종이라도 충분한 예비 시험이 없을 경우 급속 가열된 목재 내부에서부터의 결합이 예상되므로 사전 예비 시험을 통한 건조스케줄이 도출되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 건축텍스트북(재료), pp.216~219, 2010.3
2. 박정규외, 방염제의 환경위해성 평가 및 대응방안 연구, 한국환경정책평가연구원, pp.19~25, 2001.12
3. 임남기외, 국내의 건축용 목재연구 및 산업현황과 첨단 목재로 개발 동향, 한국건축시공학회지, pp.6~20, 2010.12