

## 초음파침지처리에 의한 목재방부제의 주입성\*1

이명재\*2† · 이동흡\*2 · 이현미\*2 · 손동원\*2

### Penetrating Performance of Wood-preservatives by Ultrasonic Steeping\*1

Myung Jae Lee\*2† · Dong-Heub Lee\*2 · Hyun-Mi Lee\*2 · Dong-Won Son\*2

#### 요 약

본 실험에서는 초음파의 특성을 이용하여 목재를 방부처리하고 그 주입효과에 대해 검토하고자 하였다. 유용성 방부제인 NCU (나프텐산 구리)와 수용성 방부제 AAC (알킬암모늄 화합물)에 소나무 및 잣나무 시편을 침지한 후 40 kHz, 400 W 출력의 초음파를 발진시켰다. 초음파처리 이후 시편의 흡수율 및 침윤도는 시간 경과에 따라 지속적으로 증가하여 120시간 경과 후 AAC처리 잣나무, 소나무 모두에 대해 약 95%의 흡수율을 얻을 수 있었으며, 소나무 및 잣나무 각 시편 두께의 95, 83%에 해당하는 NCU의 침윤도를 얻을 수 있었다. 초음파 처리 후의 시편을 SEM을 이용해 관찰하였으며, 초음파 발생에 의해 생성된 고온, 고압의 충격파가 목재 내 약액의 주입통로가 되는 벽공구를 파괴하고 초음파의 탈포작용과 목재내 추출물의 배출 등에 기인하여 약액의 주입성능이 향상된 것으로 판단된다. 초음파 처리에 의한 방부제의 주입은 가압방부처리의 적용이 어려운 소재, 단판 등에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

#### ABSTRACT

In this study, we attempted to apply ultrasonic treatment for the preservative treatment of two softwood species, Korean pine and Japanese red pines to evaluate its effectiveness. Wood samples were submerged in oilborne preservative, copper naphthenate (NCU) and waterborne preservative, alkyl ammonium compound (AAC) and then treated with ultrasonic wave of 40 kHz, 400 W. After the treatment, the retention and penetration depth of these preservatives in the specimens were measured as a function of treatment time. Both the retention and penetration depth were continuously increased with increasing the treatment time up to 120 hours, where the retention reached about 95% by the

\*1 접수 2005년 3월 7일, 채택 2005년 4월 25일

\*2 국립산림과학원 Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

† 주저자(corresponding author) : 이명재(e-mail: mull-ian@hanmail.net)

application of AAC and the penetrating depth of 95% and 83% by the application of NCU, respectively for both species. The results of electronic microscopic observation showed that the improved retention capacity could be attributed to air deflation, wood extractive deflation working of ultrasonic wavelength, and destruction of wood pits which served as the pathway of preservatives. The results suggested that the use of ultrasonic treatment could be applied to thick wood veneers for the production of laminated wood products.

**Keywords:** ultrasonic, wood preservative, copper naphthenate (NCU), alkyl ammonium compound (AAC), retention rate, penetrating depth.

## 1. 서 론

목재방부제는 생물열화방지를 위해 전 세계적으로 사용되고 있으며 야외환경, 지점부 및 물과 접하는 열악한 환경에서도 목재의 내구연한 증대에 크게 기여하고 있다. 목재의 보존 처리방법에 관한 연구는 그 약제의 성능 뿐 아니라 처리방법에 대해서도 오랜 세월에 걸쳐 연구되어 왔으며 크게 가압식 처리방법과 상압식(비가압식) 처리방법으로 구분할 수 있다. 일반적으로 야외에서 사용되는 목재는 상압식 처리방법에 해당하는 도포 또는 침지에 의한 방부처리로서는 흡수량 및 침윤깊이의 성능기준을 만족할 수 없다. 목재내 방부제의 침투깊이는 균의 가해 가능 부위까지 깊게 주입되어야 하며, 충분한 양의 방부제 흡수가 필요하다. 산림청고시 「목재의 방부·방충처리기준」(2004)에서는 가압식 방부처리목재에 대한 품질성능기준을 지정하고 있으나 상압처리에 대해서는 흡수량에 대한 적합기준이 없다. 이는 도포, 분무 및 침지처리 등의 상압처리를 한 방부목재는 방부제가 목재표면에 국한되는 이유로 기준설정이 어렵기 때문이다.

목재의 약액주입과 관련한 초음파의 효과는 Kitazawa (1949)에 의해 처음으로 조사되었으며, 일본 임업시험장 보고에 의하면 이미 60년대에 CCA, BB, PCP 및 크레오소트의 초음파 처리에 대한 침지처리가 시도되었다(雨宮昭二, 1968). 초음파는 용액 속으로 조사되면 공동화기포(cavitation bubble)가 발생하고 그것이 성장하여 파열할 때 고온·고압의 충격파가 발생하는데 이것이 에너지원으로 작용하여 각종 화학반응과정에서 반응효율을 증대시킴이 확인되었다. 그러므로 화학반응에 초음파를 적용할 경우 과중

한 반응조건을 부여하지 않고 반응속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다. Burdell과 Barnett (1969)는 이러한 초음파의 특성을 목재에 적용시 특히 목재의 막공벽을 진동시킴으로서 약액의 침투와 흡수량이 향상됨을 보고하고 있다. Kitazawa (1949)는 대기압 하에서 20~21 kHz의 초음파를 이용하여 목재에 물을 주입하였을 때 변재에 대한 주입성능이 향상되었으나 심재에 대한 효과는 떨어지는 것으로 보고하고 있다. 또한 McSwain과 Kitazawa (1951)는 압력 변이에 따른 초음파의 주입효과에 대하여 조사하였으며, 110 kPa의 압력하에서 그 주입효과는 오히려 대기압에서 보다 떨어지나 1100 kPa의 압력을 가할 때보다 좋은 결과를 얻을 수 있었다고 보고하고 있다. Burdell과 Barnett (1969)은 16~25 Hz의 약한 초음파로서도 southern pine과 red oak 침묵에 대한 약액주입의 효과가 있으나 red oak의 tyloses와 같은 목재 해부학적 특성은 약액의 침투성능을 저하시킨다고 보고하고 있어 초음파처리에서도 수종에 따른 변이가 있음을 시사하였다. Avramidis (1988)는 50~55 kHz의 초음파를 가문비나무, Douglas-fir, ponderosa pine의 변재에 적용함으로써 CCA 및 pentachlorophenol의 주입성능이 향상되었으며, 난주입수종에 비해 일반적으로 약액의 주입이 용이한 수종에 대한 초음파의 효과를 크게 볼 수 있다고 보고하였다.

본 실험에서는 소나무와 잣나무를 사용하였으며 이들 수종은 난주입 수종으로 분류되는 수종들에 비해 약액의 주입에 유리한 세포벽의 구멍(pore)과 수지구 등을 가지고 있어 약액의 주입이 양호한 수종으로 분류된다(Wheat, 1996). Amemiya와 Siriban (1968)는 사용되는 출력과 주파수의 크기에 비례하여 물, pen-

Table 1. Ingredient compositions of the preservatives\*

Preservatives	Active ingredient	Composition (wt%)	pH
AAC	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	483	~ 4.2
	$\text{CrO}_3$	171	
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	500	
NCU	Cu	60~66	6.0~7.0
	KOH	180~300 (mg)	

\* The information is based on the Korea Forest Administration standards (2004)

tachlorophenol, 붕소화합물의 침투깊이가 증가하며, 초음파 처리가 흡수량의 증가에는 큰 영향을 미치지 못함을 보고하고 있다. 그러나 최근 Wheat 등(1996)은 난주입성 수종인 가문비나무에 47 kHz의 초음파 침지처리로 보다 높은 플루오르화물의 흡수량을 얻었음을 보고하고 있다. 초음파 침지처리를 적용한 목재의 약액처리 효과는 초음파의 출력, 적용되는 수종, 초음파 처리시의 압력 등에 따라 다양한 변이를 나타내지만 목재에 주입되는 화합물의 특성도 주입조건에 관여하는 것으로 판단된다. Borgin과 Corbett (1970)는 비극성의 용액을 목재 칩에 주입시 초음파의 효과가 나타나지 않으며, 친수성기를 가지는 화합물의 주입이 유리함을 시사하였다. 또한 널리 사용되고 있는 CCA의 유효성분인 크롬과 비소는 그 주입성능이 떨어지는 것으로 알려져 있으며, sodium fluoride와 황산구리 등의 조성 화합물은 목재 내 주입에 유리한 것으로 보고되고 있다(Baechler, 1941). Avramidis (1987)의 실험결과에 따르면 약액의 흡수 초기 약 20분간은 수용성 약제인 pentachlorophenol, 유성 방부제인 크레오소트, 수용성 방부제인 CCA의 순으로 목재로의 흡수가 빠르게 나타났다. 그러나 약 60분 이후에는 CCA, pentachlorophenol, 크레오소트의 순으로 많은 흡수량을 얻을 수 있었다고 보고하고 있다.

이처럼 많은 연구결과들이 초음파 침지처리의 가능성을 뒷받침하고는 있지만, 여전히 가압주입식 방법에 비해 그 효율이 떨어지고, 초음파 침지처리재의 적절한 활용분야에 대한 탐색부재 등으로 인해 그 효과가 널리 알려지거나 산업화 되고 있지 못하다.

본 실험에서는 사용환경범주 H1의 약제(AAC)와 가압처리용 약제(NCU)의 단순 침지에 따른 침윤깊이 탐색, 용매의 가격이 비싸기 때문에 사실상 가압처

리용으로의 사용이 어려운 NCU의 상압처리 방법 탐색 및 초음파처리에 대한 효과를 조사하고자 하였다. 또한 최근 야외사용의 요구가 증가하고 있지만 가압 방부처리가 불가능한 소재 또는 판상제품 등에 초음파침지 방부처리의 적용 가능성에 대한 기초 자료를 얻고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

끈은결 제재의 소나무(*Pinus densiflora*) 및 잣나무(*Pinus koraiensis*)를 표면이 평활하도록 대패 가공 후 변재부를 선별하여 각 수종별 226개의 결점이 없는 시편(3×3×10 cm(T×R×L))을 준비하였다. 이 시편을 60°C 순환식 건조기에서 24시간 건조 후 약액 침지시 수축방향으로의 주입을 방지하기 위해 목구멍을 실리콘으로 2회 도포하여 완전 차단하였다. 약액의 침지전 함수율 측정 및 흡수율 조사를 위한 전중을 측정하였다. 함수율은 소나무 및 잣나무에 대하여 5개의 시편을 전건법으로 측정하였으며, 두 수종의 함수율은 8~10% 범위에 있었다. 공시 방부제는 물에 용해한 알킬암모늄 화합물(ACC)과 유기용제인 솔벤트로 용해한 나프텐산 구리(NCU)를 2%의 작업 농도로 조절하여 준비하였다. 공시 방부제의 유효성분과 함량은 Table 1과 같다.

### 2.2. 실험방법

초음파 발전(40 kHz)이 가능한 용기(Jinwoo-Alex

초음파침지처리에 의한 목재방부제의 주입성

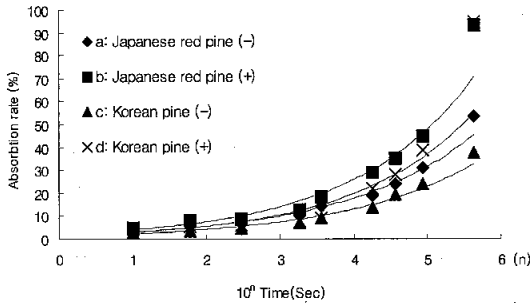


Fig. 1. Absorption rate of AAC-treated specimens with(+) and without(-) the effect of ultrasonic.

(a)  $y = 2.2366e^{0.6131x}$   $R^2 = 0.966$  (b)  $y = 1.8147e^{0.5722x}$   $R^2 = 0.9844$   
 (c)  $y = 1.6009e^{0.629x}$   $R^2 = 0.8651$  (d)  $y = 1.3839e^{0.5617x}$   $R^2 = 0.9675$

4020)에 소나무, 잣나무 각 54개(6반복×9단위)의 시편을 플라스틱 그물망 네트를 이용하여 겹치지 않도록 넣고 떠오르지 않도록 추로 눌러 고정하였다. 초음파 침지처리의 효과를 비교하기 위하여 단순 침지를 위한 실험을 병행하였다. 준비된 처리용기에 방부제를 공급하여 시료를 침지하는 시점으로부터 10초, 1분, 5분, 1시간, 5시간, 10시간, 24시간 및 120시간 마다 6개의 시편(1처리구 6반복)을 임의로 꺼내어 여분의 약액을 제거 후 흡수량 측정을 위한 후중을 측정하였다. 측정된 시편은 실온에서 약 2주간 건조 후 침윤도 측정을 위한 시료로 사용하였다. 지속적인 초음파 발진시 처리용액은 50°C까지 상승하므로 1시간 이상의 초음파 처리에 대해서는 30분 간격으로 초음파 발진을 하여 온도를 30°C 이하로 유지하였다. 침윤깊이는 건조된 시료의 중앙을 절단하여 미국방부협회표준규격 AWP A3-00 (AWPA, 2001)이 제시하고 있는 구리 지시약인 Chrome Azurol-S를 사용하여 정색 후 측정하였다. 정색된 시편의 네 재면에서 각각 최대와 최소 침투 깊이를 측정하고 이들의 평균값을 침투깊이로 하였다. 초음파에 의한 목재의 세포 변화를 관찰하기 위하여 각 처리 시험편의 중심부에서 크기 약 5(T)×5(R)×5(L) mm의 방사단면 시료를 채취하였다. 이 시료에 카본을 증착하여 가속전압 15 kV, Working distance 14 mm, 시료 경사각 0°, Take off angle 25°의 조건 하에서 주사전자현미경(model: Hitachi 3200)을 이용하여 처리 전, 후 세포

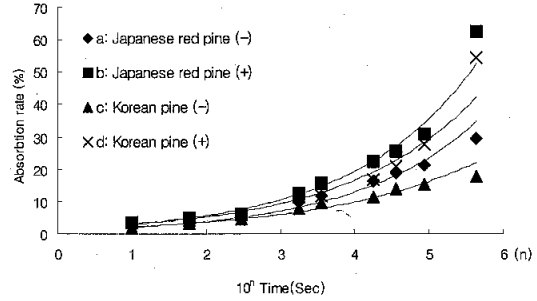


Fig. 2. Absorption rate of NCU-treated specimens with(+) and without(-) the effect of ultrasonic.

(a)  $y = 1.681e^{0.6105x}$   $R^2 = 0.9823$  (b)  $y = 1.1489e^{0.6046x}$   $R^2 = 0.9831$   
 (c)  $y = 1.6732e^{0.5729x}$   $R^2 = 0.9742$  (d)  $y = 1.3386e^{0.4983x}$   $R^2 = 0.9694$

의 변화를 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

두 수종의 단순 침지 및 초음파 처리 조건에서 침지 처리 후 시간에 따른 평균 흡수율을 Fig. 1~2에 나타내었다. 흡수율은 약제 및 목재 수종에 관계없이 시간에 따라 증가하며 전 구간에서 초음파 침지처리구의 흡수율이 높게 나타났다. AAC의 단순침지 처리에 의해서는 120시간 이후에도 소나무 및 잣나무에 대하여 각각 55%, 38%를 초과하지 못하였다. 그러나 초음파 처리를 병행한 처리구에서는 이 흡수율에 도달하는 데까지 24시간이 소요되었으며, 120시간의 처리시에는 두 수종 모두 약 95%의 흡수율에 도달하였다. NCU의 초음파 처리구에서도 단순침지시에 비해 두 수종 모두 높은 흡수율을 나타내었다. 소나무를 층세포법[전배기(600 mmHg, 30분)→가압(15 kg/cm<sup>2</sup>, 6시간)→후배기(600 mm Hg, 30분)]으로 가압처리시 평균 흡수량이 평균 120% 정도임을 감안할 때(이 등, 2000) 가압처리 효과에는 미치지 못하지만 AAC 처리제의 경우 단순침지에 비해 40~57%, NCU 처리제의 경우 33~37%의 초음파처리에 의한 흡수율(%) 증가가 나타났다. 단순침지(대조구)의 경우 흡수율의 증가는 주로 목내 내부와의 농도차에 의한 확산에 의해 일어나지만, 초음파 침지구에서는 초음파에 의해 발생한 기포가 파열함으로써 생성되는 압력차가 목재의

Table 2. Absorption rate (%) obtained from the uptakes between treated specimens and controls\*

Dipping time	Ultrasonic steeping								Only immersed control							
	Japanese red pine				Korean pine				Japanese red pine				Korean pine			
	AAC		NCU		AAC		NCU		AAC		NCU		AAC		NCU	
10 sec	4.74	ab	3.58	c	5.03	a	3.66	bc	3.59	c	2.01	d	3.18	c	1.86	d
1 min	8.17	a	5.02	bc	5.68	b	4.37	bcd	5.53	b	3.07	d	3.76	cd	3.17	d
5 min	8.71	a	6.07	b	6.13	b	6.17	b	6.51	ab	4.68	b	4.53	b	4.64	b
30 min	12.59	a	12.45	ab	7.53	cd	11.28	ab	10.13	abc	9.82	bc	7.06	d	7.89	cd
1 hr	18.34	a	15.81	ab	8.96	c	11.62	bc	14.20	abc	11.70	bc	9.43	c	9.56	bc
5 hr	29.00	a	22.30	bc	21.92	b	16.80	bc	19.01	bc	16.30	cd	14.01	cd	11.53	d
10 hr	35.00	a	25.42	ab	28.14	bc	20.87	cde	23.83	bcd	18.68	de	19.17	cd	14.37	e
24 hr	44.84	a	30.77	c	38.95	b	27.79	cd	30.87	c	21.48	df	23.93	de	15.25	f
120 hr	93.59	a	62.56	b	95.03	a	54.43	b	53.67	b	29.44	c	37.72	c	17.73	d

\* Means within the same dipping time were compared statistically and means with the same letters are not statistically different (p-value = 0.05 Fisher's LSD method).

Table 3. The average penetrating depth (mm) of preservative treated specimens with and without ultrasonic effect with time

Dipping time	Ultrasonic steeping								Only immersed control							
	Japanese red pine				Korean pine				Japanese red pine				Korean pine			
	AAC		NCU		AAC		NCU		AAC		NCU		AAC		NCU	
10 sec	14	ab	0.3	b	0.9	ab	0.7	ab	0.3	b	1.7	ab	1.7	ab	2.3	a
1 min	2.0	a	1.6	ab	1.4	ab	0.3	ab	0.4	ab	0.5	ab	1.3	ab	0	b
5 min	2.9	a	1.7	ab	1.8	ab	0.2	b	1.7	ab	0.8	ab	1.8	ab	1.0	ab
30 min	3.4	a	1.4	bc	1.8	ab	0.6	bc	1.8	ab	1.3	bc	1.8	ab	0	c
1 hr	3.2	a	3.0	a	2.0	abc	1.0	bcd	2.8	ab	0.7	cd	1.5	abcd	0	d
5 hr	3.5	ab	4.7	a	2.3	bc	1.8	bc	2.6	abc	0.8	c	2.3	bc	1.5	bc
10 hr	3.8	abc	5.0	a	2.9	bcd	4.4	ab	2.4	cd	1.5	d	1.7	d	1.2	d
24 hr	4.0	bc	7.8	a	3.3	bc	7.2	a	4.1	b	1.3	cd	3.0	bcd	0.5	d
120 hr	6.2	b	14.2	a	5.2	b	12.5	a	5.4	b	1.9	cd	4.9	bc	1.2	d

\* Means within the same dipping time were compared statistically and means with the same letters are not statistically different (p-value = 0.05 Fisher's LSD method).

주입을 촉진하게 된다(Avramidis, 1987). 또한 120시간 처리 이후까지도 흡수량이 지속적으로 증가하고 있어 처리시간을 증가시킨다면 더욱 높은 흡수율에 도달할 수 있을 것으로 추정된다.

AAC 및 NCU의 초음파 발진 여부와 수중에 따른 흡수율 및 처리구간의 다중비교 결과를 Table 2에 나타내었다. 흡수율의 다중비교 결과 Fig. 1~2에서

와 달리 모든 처리시간대의 흡수율에 대하여 초음파 유무에 따른 유의차가 나타나지는 않았다. 즉, 소나무의 AAC 처리시 1분까지 초음파 처리제의 흡수율이 높게 나타나기는 하지만, 5분~1시간 사이에는 초음파의 효과가 나타나지 않으며, 5시간 처리구부터 초음파 유무에 따른 흡수율에 큰 차이가 나기 시작하였다. 소나무의 NCU 처리시에는 10시간, 잣나무의

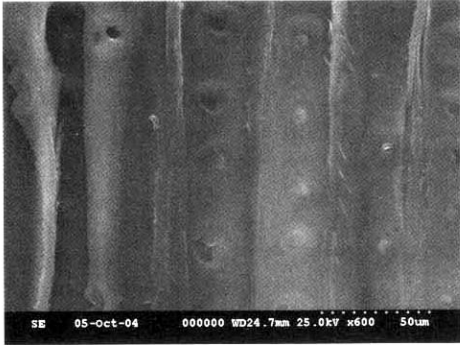


Fig. 3. SEM micrograph at radial section of Japanese red pine control dipped in AAC solution ( $\times 600$ ).

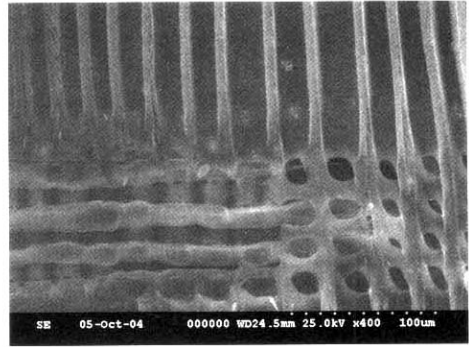


Fig. 5. SEM micrograph at radial section of Japanese red pine control dipped in AAC solution ( $\times 400$ ).

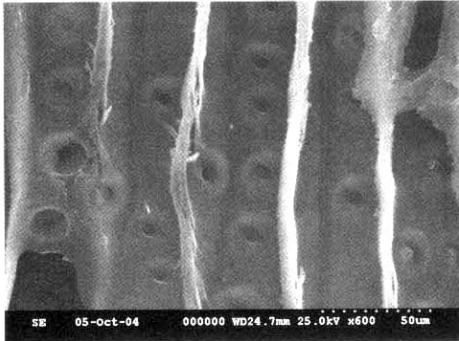


Fig. 4. SEM micrograph at radial section of Japanese red pine dipped in AAC solution in the presence of ultrasonic ( $\times 600$ ).

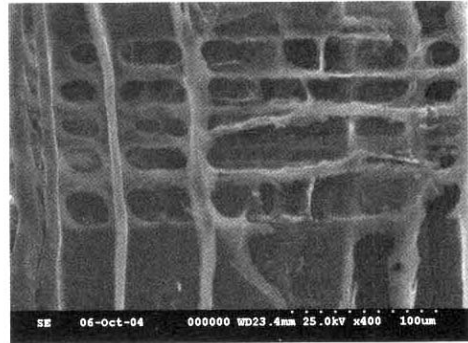


Fig. 6. SEM micrograph at radial section of Japanese red pine dipped in AAC solution in the presence of ultrasonic ( $\times 400$ ).

AAC처리제 및 NCU처리제에 대해서는 24시간 이후 그 차이가 나타나기 시작하였다. 본 실험결과는 침지 처리 초기에 초음파 유무간의 큰 차이가 없었던 Wheat 등(1996)의 실험 결과와 유사하다. 이들은 가문비나무에 대해 217시간 47 kHz의 초음파 처리를 함으로써 대조구에 비해 약 2배의 흡수량(mg)을 얻었다.

Table 2를 통하여 초음파 처리의 효과를 소·잣나무의 수종간 비교(동일 약제에 대하여)를 해 볼 때, NCU 처리는 거의 모든 시간대에 걸쳐 수종간 흡수량 차이는 나타나지 않았다. AAC 처리 역시 120시간의 장시간 처리 후에는 수종에 따른 흡수율의 차이가 없었다. 수용성 약제인 AAC의 흡수율은 동일 수종에

대하여 유용성 약제인 NCU와 동일하거나 보다 높은 수준의 흡수율을 나타내었다.

수종 및 약제에 대한 초음파 유무의 시간에 따른 침윤깊이와 0.05 유의수준에서의 다중비교 결과를 Fig. 3에 나타내었다. AAC처리는 두 수종 모두에 대하여 초음파 처리 유무에 따른 침윤깊이에 차이가 없었으나, NCU 처리제는 소나무에 대하여 1시간, 잣나무에 대하여 10시간 처리 이후 초음파의 효과로 인한 침윤깊이가 향상되었다. 이러한 약액에 따른 침윤깊이의 차이는 동일 수종간 약액 처리구에서도 나타났으며, NCU의 침윤깊이 향상 효과가 높게 나타났다. NCU의 120시간 초음파처리 침지 결과 소나무 및 잣나무 두께에 대해 95%, 84%에 해당하는 깊이인 14.2 mm,

12.5 mm까지의 침투가 가능하였다. 이러한 약제간의 침윤도 차이에는 각 약제의 유효성분과 용매의 침투성과도 관련이 있을 수 있으나, 앞서 AAC의 흡수율이 NCU보다 높았던 점을 감안할 때 유용성 약제의 용매인 솔벤트(비중: 0.77~0.81)와 수용성 약제의 용매로 사용된 물의 비중차이가 크게 반영된 것으로 판단된다. 동일 약제를 사용 시 수중간의 침윤깊이에는 차이가 없었다.

초음파처리의 효과에 대한 원인을 목재세포의 미세변화에서 찾아보고자 하였으며, 전자현미경(SEM) 관찰을 통해서 벽공구의 활렬 및 토러스의 탈락 등 초음파 처리 유무에 따른 미세변화가 관찰되었다. 또한 초음파 처리제의 방사유세포 내 세포벽은 무처리제에 비해 많이 손상되었음이 관찰되었다(Fig. 3~6). 시편의 양 목구멍을 도포하여 수축방향의 약액주입을 차단하였으므로 약액의 주입은 관찰된 방사방향을 통해 주로 이루어졌을 것으로 판단된다. 초음파발생에 의해 생성된 충격파가 목재 내 약액의 주입통로가 되는 벽공구를 진동하고 파괴함으로써 약액의 주입성능이 향상(Barnett, 1969)되었다고 판단이 가능하지만 이러한 벽공구의 활렬은 일반적인 목재의 건조시에도 발생할 수 있으므로 주입성능 향상의 원인을 단순히 이것으로 단정짓기는 힘들 것으로 생각된다. 雨宮는 초음파의 탈포작용에 의해 목재내 공기의 배출 축진이 가능하다고 보고한 바 있다(雨宮昭二, 1964). 즉 세포내강에 발생된 기포가 제거됨으로써 약액 주입의 공간이 보다 확보되었을 것이라는 생각이다. 이러한 초음파의 역할과 더불어 본 실험에서 NCU는 약제의 색이 진하여 구분이 되지 않았지만 무색의 AAC 초음파 침지처리 시 약액의 색이 다소 오염되는 현상은 목재 내 추출물이 초음파 처리에 의해 일부 목재 밖으로 배출되었음을 시사하며, 이로써 약액의 흡수율이 향상되었음을 배제할 수 없다.

본 실험에 사용한 초음파 출력장치는 40 kHz의 주파수를 가지며, 400 W의 출력을 가지고 있는 장치에 의한 실험 결과이다. 雨宮는 100 W의 출력을 가지는 장치를 이용한 실험에서 큰 효과를 나타내지 못했다(雨宮昭二, 1964). 초음파의 출력은 목재 내 약제의 침투효과에 큰 영향을 미치며, 처리 시편의 두께에 따라서도 초음파의 효과는 큰 영향을 받을 것으로 보고

되고 있다(雨宮昭二, 1968; Amemiya and Siriban, 1968). 이러한 내용과 비교해 볼 때 400 W의 초음파 출력을 사용시 두께 3 cm의 소나무 및 잣나무에 대한 AAC, NCU 처리효과를 증대시킬 수 있음을 나타낸다. 그러나 소요되는 시간을 단축시키기 위해서는 보다 높은 출력이 필요할 것으로 판단된다. 또한 초음파 처리의 경우 초음파의 충격파를 에너지원으로 하는 발열반응에 의해 처리용액의 온도가 상승하는 경향이 나타나는데 이러한 온도 상승은 NCU와 같은 착화점이 낮은 유용성 약제사용에 제약이 있고, 지나친 온도 상승은 목재의 강도저하를 초래하므로 처리용액의 온도 상승을 고려한 처리 스케줄이 반드시 고려되어야 할 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

초음파를 이용한 AAC 및 NCU 방부제의 주입처리 가능성을 검토한 결과 초음파는 적용된 수종 및 두 약제에 대하여 흡수율의 개선 효과를 나타내었다. 그러나 초음파 침지처리 효과는 수종 및 약제에 따라 각기 다른 시간대에 나타나기 시작했으며 적용된 초음파의 강도 및 시편의 크기에 대해 최소 5시간이 소요되는 것으로 나타났다. 수용성 방부제 AAC의 120시간 초음파 처리에 의해 소나무, 잣나무 각 약 95%, 83%의 흡수율을 얻을 수 있었으나, 침윤도 개선의 효과는 뚜렷하지 않았다. 유용성 방부제 NCU의 경우 각각 62%, 54%의 흡수율을 얻을 수 있었다. 특히 NCU의 침윤도 개선 효과는 매우 큰 것으로 나타나 잣나무의 경우 120시간 처리 이후 거의 전층에 흡수되는 결과가 나타났다. 그러나 침지처리 및 AAC의 초음파 침지처리에 의해서는 산림청고시 제 2004-62호(2004)에서 규정하는 침윤도를 만족할 수 없었으며, NCU에 대해서도 120시간의 처리 이후 기준에 만족하는 침윤도를 얻을 수 없었다. 보다 효과적인 처리를 위해서는 처리 시간의 단축과 보다 높은 흡수량을 얻기 위한 초음파의 출력에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 가압처리 목재의 흡수량과 침윤도에는 미치지 못하지만 초음파 침지처리는 가압처리의 압력에 의해 파손될 수 있는 목재제품이나 얇은 단판 또는

소재의 처리에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. Ameniya, A. and F. R. Siriban. 1968. Effect of dipping with supersonic waves on the treatment of wood. Ringy-O Shikenj-O Kenky-U H-Okoku 212: 167~178.
2. American Wood-Preservers' Association. 2001. Book of Standards. AWWPA. Granbury, Texas, USA.
3. Borgin, K. and K. Corbett. 1970. Improvement of capillary penetration of liquids in wood by the use of supersonic waves. Wood Science and Technology 4: 189~194.
4. Baechler, R. H. 1941. Resistance of leaching and decay protection of various precipitates formed in wood by double-diffusion. Proc. of the Am. Wood-Preservers' Assoc. 37: 23~31. AWWPA, Woodstock, Md.
5. Burdell, C. A. and J. H. Barnett. 1969. Pilot plant evaluation of shock-wave pressure treatments. Proceedings of the American Wood Preservers' Association. pp. 174~189.
6. Kitazawa, G. 1949. Some influences of ultrasonic vibrations on wood. Report by Timber Engineering Company for the Office of Naval Research. B-33. p. 42.
7. McSwain, G. and G. Kitazawa. 1951. Application of ultrasonic and sonic vibrations for improvement and testing of wood. Teco project #B-33. Final Progress Rept. by Timber Engineering Co. to the Office of Naval Res., Washington, D. C.
8. Stavros, A. 1988. Experiments on the effect of ultrasonic energy on the absorption of preservatives by wood. Wood and Fiber Science 20(3): 397~404.
9. Wheat, P. E., K. C. Curtis, and R. S. Chartathi. 1996. Ultrasonic energy in conjunction with the double-diffusion treating technique. Forest Products Journal. 46(1): 43~48.
10. 雨宮昭二. 1964. 木材防腐處理法に關する研究(6); 浸漬處理における超音波の効果について. 목재공업 19(6): 14~18.
11. 雨宮昭二. 1968. 木材防腐處理法に關する研究(11); 浸漬處理における超音波の効果について. 일본농림성 임업시험장 연구보고 212: 167~176.
12. 산림청고시 제 2004-62호 목재의 방부·방충처리기준.
13. 이동흡, 강창호, 이명재, 공영토. 2000. CCA 방부처리제의 용탈안정성 평가. 2000년 한국목재공학회 학술발표논문집. pp. 143~146.