

木材防腐処理法に関する研究 (11)

浸漬処理における超音波の効果について

雨 宮 昭 二⁽¹⁾

Felino R. SIRIBAN⁽²⁾

1. ま え が き

超音波の応用による各種の効果は、今日まで数多く認められている。たとえば通信の応用としては魚探、測深、探傷、厚さや流量の測定などの工業計測や、医学的診断などがある。動力的応用としては金属などの疲労試験、医療、細菌破壊、精密加工、振動切削、ハンダ付けなどや、乳化、熟成、分子の解重合、電気メッキ、脱気、脱泡、洗浄、集じん、粉体や繊維の乾燥などがある²⁾。

以上のように超音波の応用分野は非常に多方面にわたっており、その発生装置の急速な進歩により各種の工業化への技術が開発されつつある。ただ、超音波による効果の原理は複雑で、各種の効果が同じ原理によるものとは限らないので、効果は明らかにあっても、なぜそのような効果があらわれるのか不明なものが多い。

木材の浸漬処理における浸透促進ということは、一種の超音波の動力的応用であり、ソ連の報告⁴⁾⁵⁾や、著者による第6報の結果¹⁾においても浸透促進の効果は明らかに認められたが、著者の場合超音波の周波数が10kc、出力100Wのみという限られた条件であり、影響する範囲も木材の非常に浅い部分に対してのみであるから、その効果も大きなものではなかった。しかも、この実験に用いられた超音波の周波数と出力が最適条件であるか、どうかも明らかにされていないので、この結果のみで超音波の効果を判断することはできない。

そこで、本実験では超音波の周波数と出力をかなり広い範囲に変化させて、浸透促進のための最適条件があるのか、どうかを明らかにするとともに、もしあるとするならば、その条件で効果の限界を求め、それによって現状の超音波発生装置による浸透促進ということに実用化の可能性があるかどうかの判断の資料をうることを目的とした。

そのため、実験装置は周波数や出力をかなり広い範囲に変化させることのできるものを用いた。試験材は第6報の結果¹⁾ならびに超音波の性質上、木材のような多孔質のものでは、その影響する厚さはどのような最適条件で処理したとしても、それほど深くまで達しないであろうという推定のもとに、超音波処理とそうでないものとの差を大きくさせるためには、うすい材料がよいのではないかと判断してロータリー単板を用いた。さらに実用的な意味では、もしこの処理の効果が十分認められて、短時間でかなりの薬液を浸透させることができるならば、合板製造における連続作業のなかに薬液処理工程が取り入れられる可能性もあろうという、ひとつの期待もあった。

(1) 木材部材質改良科木材防腐研究室長・農学博士

(2) Chief of the Wood Treatment Section, Wood Preservation Division, Forest Product Research Institute, Univ. of the Philippines.

実験結果によれば、浸透促進の効果は明らかに認められたが、それが超音波の直接的効果なのか、木材および液が超音波をうけて、そこに発生した熱エネルギーによるものか区別することはむずかしく、この程度の浸透促進は、液を別な方法で加熱するだけでもえられる可能性がある。それゆえに超音波を用いて浸透を促進させることが、経済性を考えれば、果たして実用的価値があるかどうか、現状では疑問であるという結論をえた。

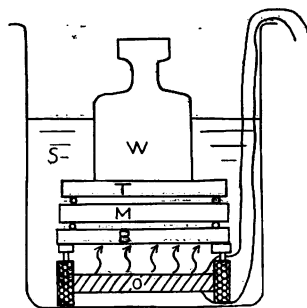
しかし、このような電気的な装置の改良は日進月歩であるから、現在では大した効果がえられなかったとしても、もし本質的に超音波の効果があるものとすれば、将来は何とも予測することはできないので、えられた結果は不満足なものではあるが、ひとつの参考資料として報告する。

なお、本研究報告は共著者の一人 Felino R. SIRIBAN が昭和41年度コロポ計画による海外研修生として来場し、その間に協同して実験を行なった結果をまとめたものである。

2. 実験装置および実験方法

装置は超音波工業株式会社製 500W 型広帯域超音波発生装置を用い、振動子はチタン酸バリウムよりなるものを用いた。周波数は 50 kc, 200kc, 400kc, 1000 kc のそれぞれ固有の周波数をもった振動子を交換することによって変化させ、出力は 500W まで連続的に変化させることのできる装置である。振動子の形は 50 kc では 25×20 cm の矩形のもの、200 kc 以上はすべて直径約 10 cm の円盤状のもので、周波数が大きくなると薄くなっている。

これらの振動子は超音波を発生させるとかなり発熱するため、水中に直接浸漬して冷却しながら使用する。



T.M.B: 上, 中, 下の位置の
試験片 Test pieces of
each position.

O: 振動子 Oscillator
S: 水 Water or liquid
medium,
W: 重し Weight

Fig.1 浸漬法
Set-up of the dipping experiment.

実験方法は試験片を水に浸漬する場合には Fig. 1 に示すように試験片を振動子の上に直接のせて、超音波を下から上へ通過させる。防腐剤溶液に浸漬の場合は、防腐剤溶液が振動子を腐食させるおそれがあるため、水中にある振動子の上にガラス容器を置き、そのなかに防腐剤溶液と試験片を入れて間接的に超音波をあてた。吸収量の変化は時間の経過とともに同一試験片を取り出して重量を測定し、またもとにもどすようにして、浸漬前の重量との差から吸収量を求めた。

また、試験片の位置による吸収量の差異を求めるため、同一単板からとった3枚の試験片を Fig. 1 のように重ねて、その位置を上・中・下とした。それゆえ、下の位置が最も振動子に近いことになる。このように超音波を用いて浸漬する場合と超音波を用いない無処理の浸漬の場合とは振動子がないだけで、試験片の重ね方も、吸収量の測定時間、測定方法もすべて同じようにして比較を行なった。

3. 超音波処理による浸漬と常温浸漬による吸収量の比較

試験片としては含水率約15%に調湿された厚さ 4mm のラワン単板を、10×10 cm の正方形に切断し、

同一の単板からとった試験片を3枚1組として2組つくり、一方は超音波をあてながら水に浸漬し、他のものは室温（約22°C）において水に浸漬した。

超音波の条件は周波数が 50, 200, 400, 1,000 kc の4種類と、出力はすべて 400W のみで処理した。無処理の浸漬、すなわち常温浸漬は超音波を用いないで、その他は超音波処理と全く同じようにしたが、液温のみは超音波処理の場合、時間の経過とともに変化するままにし、無処理の場合は最後まで室温のままであった。

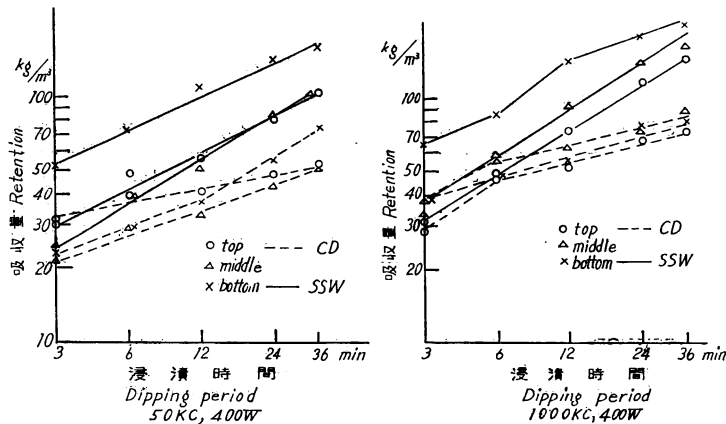


Fig. 2 超音波による浸漬 (SSW) と常温浸漬 (CD) における吸収量
Retentions on dipping with supersonic waves (SSW) and dipping without supersonic waves (CD).

超音波処理と常温浸漬の吸収量の時間的変化と上・中・下の位置による比較の一例を Fig. 2 に示す。これらの結果、ならびにその他の周波数のいずれの場合でも、吸収量の増加は短時間の浸漬では下の位置の単板のみが常温浸漬のものよりいちじるしく大きく、他の位置のものはほとんど影響がない。時間の経過とともに下の位置のものはますます両者の差が大きくなり、他の位置のものも多少常温浸漬のものよりは大きくなっている。

これらの両者の短時間（6分間）と長時間（36分間）の吸収量の位置別における比率を示すと Table 1 のとおりである。この結果では、6分間の浸漬では下の位置で常温浸漬に対し、超音波浸漬の吸収量は1.4~2.3倍であるが、36分間浸漬すると下の位置では2.5~3.2倍となり、他の位置でも1.6~2.1倍に達する。しかも、周波数が変わっても大きな差はないようである。

このように常温浸漬と超音波浸漬との吸収量の間にはかなりの差が認められるようであるが、全周波数における位置別の平均吸収量をそれぞれ求めて、両者の平均吸収量との間に有意差があるかをt検定法によりしらべてみた。その結果によると、6分間ではいずれの位置においても有意差が認められない。36分間では下と中の位置のものにおいて両者の間に有意差が認められた。

ただ、この実験において、超音波を発振させると浸漬液である水の温度ならびに下の位置の単板の温度が時間の経過とともに上昇することが明らかとなった。

ふつう、浸漬処理の処理条件において、吸収量に最も大きな影響をあたえるものは、浸漬液の温度である。それゆえ、温度条件のみの異なる2つの浸漬処理法を比較すれば、液温の高い方が吸収量は大きくなるのがふつうである。この実験において、超音波処理による浸漬が常温浸漬より吸収量が増大したこと

Table 1. 超音波浸漬 (SSW) と常温浸漬 (CD) との吸収量の比較
Comparison of retentions between dipping in water with supersonic waves (SSW)
and cold-dipping in water without supersonic waves (CD)

周波数 Frequency	位置 浸漬法 Dipping method	6 minutes			36 minutes		
		Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom
50 kc	SSW kg/m ³	49.9	38.4	74.3	102.6	107.0	163.0
	CD kg/m ³	39.4	29.1	28.5	52.9	52.5	74.0
	SSW/CD	(1.56)	(1.20)	(2.32)	(1.71)	(1.79)	(2.73)
200	SSW kg/m ³	38.8	32.7	42.7	76.4	98.5	153.0
	CD kg/m ³	30.2	29.4	30.2	48.6	50.5	45.8
	SSW/CD	(1.30)	(1.09)	(1.43)	(1.58)	(2.04)	(3.17)
400	SSW kg/m ³	33.9	32.7	57.4	142.0	144.0	218.0
	CD kg/m ³	45.4	44.4	35.7	78.7	71.7	54.9
	SSW/CD	(0.81)	(0.78)	(1.37)	(2.08)	(2.11)	(3.19)
1,000	SSW kg/m ³	47.0	59.1	85.0	146.0	166.0	200.0
	CD kg/m ³	46.5	55.3	46.0	72.6	89.4	76.5
	SSW/CD	(0.95)	(1.20)	(1.73)	(1.84)	(2.09)	(2.52)

Note 試験片 Test piece: 10×10×0.4 cm, ラワン単板 Lauan veneer, 含水率 moisture content 13~15%.
超音波の出力 Power of supersonic waves: 400 W.
浸漬液 Dipping medium: 水 water.

は、前者が後者に比べて時間の経過とともに液温が上昇したことが大きな原因になっていることは明らかであり、この温度上昇効果も超音波処理の効果として評価すれば、たしかに常温浸漬より浸透はいちじるしく促進されたことになる。しかし、もし超音波処理の効果が液温上昇のみだとするなら、あえて超音波を使わなくとも、他の手段で液を加熱すればよいので、超音波による浸透促進の意味は少なくなる。真に超音波による浸透促進の効果を知らするためには、無処理の浸漬の場合も超音波処理の液温の変化と同じように変化させて、吸収量を比較しなければ温度効果以外の促進効果を求めることはできない。

そこで、浸漬液の温度変化の影響を除去する方法として、つぎの実験を行なった。

4. 超音波処理による浸漬と加熱浸漬による吸収量の比較

超音波処理による液温の変化は Table 2 に示すように、周波数が小さい方が大きい方より、また出力は大きい方が小さい方より液温の上昇ははげしい。たとえば、周波数 50 kc, 出力 500W では、初めの水温が 23°C だったものが、30分後には 47°C となったのに対し、同じ周波数でも出力が 400W になれば、40°C となり、300W では 34°C となる。周波数が 200 kc, 400 kc, 1,000 kc と大きくなると同じ出力でもしだいに温度上昇は少なくなり、1,000 kc, 500W では30分後で 30°C までしか上昇しなくなる。

そこで、各周波数、出力に対応する無処理の浸漬の場合も、超音波処理の際に、時間とともにしだいに液温が上昇してゆくのとないように、浸漬する水を加熱して温度を変化させ、ラワン単板の吸収量を比較してみた。このような無処理の浸漬法を3の常温浸漬と区別するため、ここでは加熱浸漬という。

この装置の最高出力である 500W で、各周波数ごとに処理したラワン単板 (含水率約15%) の位置別の吸収量と、そのときの水温変化と同じようにした加熱浸漬の結果とを比較してみると、Table 3, Fig. 3

Table 2. 超音波処理による水の温度変化
Change of water temperature at different dipping periods and
supersonic waves with varying power

周波数 Frequency	出力 Power	浸漬時間 Dipping period (min.)				
		0	6	12	18	30
50 kc	300W	23°C	24°C	27°C	29°C	34°C
	400	23	27	31	34	40
	500	23	35	38	42	47
200	300	21	23	25	27	31
	400	21	24	26	29	34
	500	21	24	28	32	39
400	300	21	23	24	26	30
	400	21	24	26	30	36
	500	21	24	27	30	37
1,000	300	21	21	23	24	26
	400	21	22	24	26	29
	500	21	22	24	27	30

Table 3. 超音波浸漬 (SSW) と加熱浸漬 (HD) との吸収量の比較
Comparison of retentions obtained between dipping with supersonic waves (SSW)
and hot-dipping without supersonic waves (HD)

周波数 Frequency	位置 Position		6 minutes			30 minutes		
	浸漬法 Dipping method		Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom
50 kc	SSW	kg/m³	50.0	91.8	142.3	138.8	150.0	184.0
	HD	kg/m³	90.6	105.0	113.2	125.8	133.6	138.7
	SSW/HD		(0.55)	(0.87)	(1.26)	(1.10)	(1.12)	(1.33)
200	SSW	kg/m³	52.3	44.5	69.3	90.5	84.5	134.2
	HD	kg/m³	47.4	39.7	51.6	86.3	80.7	103.5
	SSW/HD		(1.10)	(1.12)	(1.34)	(1.05)	(1.05)	(1.30)
400	SSW	kg/m³	43.8	44.1	73.1	66.8	86.9	115.8
	HD	kg/m³	35.0	38.0	37.3	64.2	72.3	71.8
	SSW/HD		(1.25)	(1.16)	(1.96)	(1.04)	(1.20)	(1.61)
1,000	SSW	kg/m³	52.0	59.1	89.7	108.3	122.7	172.8
	HD	kg/m³	60.1	61.4	53.6	108.3	106.7	117.5
	SSW/HD		(0.86)	(0.96)	(1.67)	(1.00)	(1.15)	(1.47)

Note 試験片 Test piece: 10×10×0.4 cm, ラワン単板 Lauan veneer, 含水率 m.c. 13~15%.

超音波の出力 Power of supersonic waves: 500 W.

浸漬液 Dipping medium: 水 water.

のようになる。

これらの結果によれば、どの周波数でも大した差はなく、しかも短時間・長時間のいずれの浸漬でも、試験片の位置が下のもののみが多少加熱浸漬よりは吸収量が大きくなっており、他の位置のものはほとん

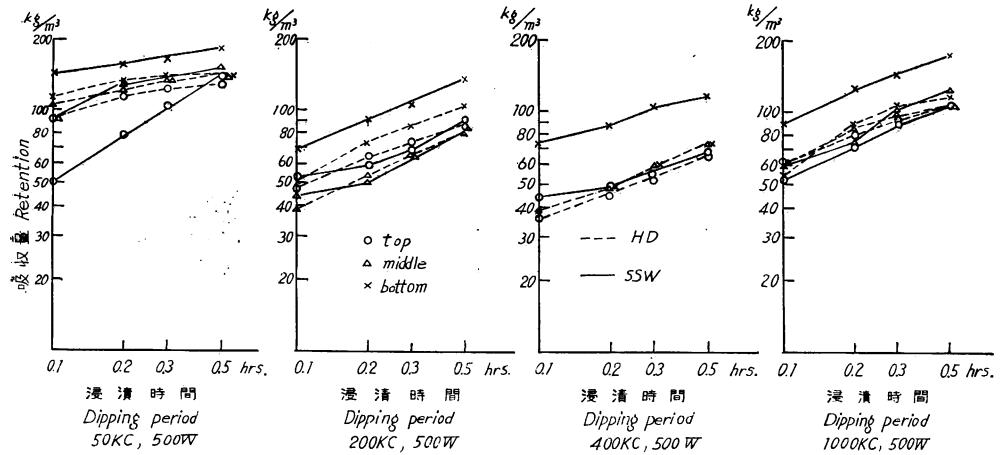


Fig. 3 超音波による浸漬 (SSW) と加熱浸漬 (HD) における吸収量

Retentions on dipping with supersonic waves (SSW) and on hot-dipping (HD).

ど超音波の効果が認められない。

最高の出力 500W でも超音波処理の効果が認められるのは、このように下の位置の試験片すなわち振動子から発振される超音波が最初にあたる試験片のみであるということは、この部分で超音波はその大部分が吸収されて、その上の試験片には非常に減衰した超音波しか透過しないため、超音波の影響を受けて浸透を促進される部分は、表面からかなり薄い層のみであるということが推定される。また、Table 1 に示したように超音波処理と常温浸漬の吸収量を比較した場合は、36分後の比率では最高 3.2 を示しており、しかも試験片の位置が下のもののみでなく、他の位置のものでも 1.6~2.1 の値を示していたのは、やはりかなり液温上昇の影響があったため、超音波の直接的効果ではなかったということが Table 3 の結果と対照してみれば明らかである。

さらにこれらの関係を明らかにするために、同一単板 (含水率約 15%) の 30×30 cm の寸法のものから、10×10 cm の寸法の単板を 9 枚とり、繊維がつながっていた 3 枚をそれぞれ超音波浸漬、加熱浸漬、常温浸漬に割りあてて処理し、おのおのの処理の 3 枚の平均値をそれぞれ示すと、Table 4 のとおりである。その結果では、超音波浸漬による吸収量はやはり他の浸漬法より多くなり、加熱浸漬による吸収量と

Table 4. 超音波浸漬 (SSW)、加熱浸漬 (HD) と常温浸漬 (CD) の 30 分後の吸収量の比較

Retentions obtained in dipping with supersonic waves (SSW)
hot-dipping (HD) and cold-dipping (CD) after 30 minutes

試験片 Test piece	浸漬法 Dipping method			SSW/HD	SSW/CD
	SSW	HD	CD		
4 mm veneer	175 kg/m^3	127 kg/m^3	81 kg/m^3	1.38	2.16
	151	104	79	1.45	1.91
3 mm veneer	220	157	151	1.40	1.45
	236	161	148	1.47	1.60

Note 超音波の条件 Condition of supersonic waves: 200 kc, 500 W.

試験片 Test piece: 10×10 cm, ラワン単板 Lauan veneer, 含水率 m.c. 13~15%.

浸漬液 Dipping medium: 水 water.

の比率は厚さ4 mm単板でも、3 mm単板でも、大体1.4~1.5の値となっており、常温浸漬による吸収量との比率はさらに大きくなっている。これらのことから超音波処理による場合、液温上昇による効果のみでなく、浸透促進の効果があることは確かである。

Table 5. 超音波浸漬 (SSW) による30分後の吸収量と等しい
吸収量をうるための加熱浸漬 (HD) の時間

Time required on hot-dipping (HD) to get the same absorption
on dipping with supersonic waves (SSW) for 30 minutes

試験片 Test piece	処理法 Dipping method	浸漬時間 Dipping period hrs.				
		0.5	1	1.5	2	2.5
4 mm veneer	HD	130kg/m ³	157	178	188	201
	SSW	175				
3 mm veneer	HD	150	178	206	212	236
	SSW	220				

Note 超音波の条件 Condition of supersonic waves: 200 kc, 500 W.

試験片 Test piece: 10×10 cm, ラワン単板 Lauan veneer, 含水率 m.c. 13~15%.

浸漬液 Dipping medium: 水 water.

その促進効果を浸漬時間で比べてみると、Table 5 のとおりである。すなわち、超音波処理により30分後にえられた吸収量に相当する加熱浸漬における処理時間は4 mm単板で約1.5時間、3 mm単板では2~2.5時間である。けっきょく加熱浸漬によって長時間を要した吸収量でも超音波で処理すると、同一吸収量に達する時間は加熱浸漬で要する浸漬時間の1/5~1/3の時間でよいことになる。ただ、加熱浸漬との比較においてこのように浸漬時間の短縮という効果をもっと短時間の処理、できれば数分間で期待したのであるが、そのような短時間では大した差がなく、30分経過したときにはじめて効果が出てきたということが、実用的な利用価値から判断すると非常にものたりないということになる。

5. 超音波による浸漬処理における超音波の条件の要因分析

超音波の影響がほとんど下の位置の試験片のみにしかあらわれないということから、超音波の処理条件、すなわち周波数(A)と出力(B)を変えて要因分析を行なう場合には、他の位置の結果を考えずに、下の位置の試験片における超音波浸漬と加熱浸漬との吸収量の比率を用いて、乱塊法により分散分析を行なってみた。

周波数は50 kc, 200 kc, 400 kc, 1,000 kcの4条件、出力は300W, 400W, 500Wの3条件とし、ラワン単板は含水率約15%厚さ4 mm, 大きさ10×10 cmのものを用いて、おのおのの条件においてえられた吸収量とそれと対応する加熱浸漬による吸収量との比率のうち、浸漬時間6分と30分における結果を示すとTable 6 のとおりである。この結果を用いて超音波の周波数と出力の分散分析を行なうとTable 7 に示すとおりの結果をえた。この分散分析の結果では浸漬時間6分という短時間では周波数、出力とも1%の有意水準において各水準間の差が有意であり、浸漬時間30分という長時間になると、両者とも5%の有意水準において有意となった。

これらの結果から考えると、周波数は400 kc または1,000kcという高い方が多少効果が大きく出ており、出力でも大きい方が明らかに浸透促進の効果は大きくなっている。ただ、同じような実験をもう一度

Table 6. 周波数と出力を変えた場合の超音波浸漬と加熱浸漬との吸収量の比率
Ratio of absorption on dipping with supersonic waves (SSW) at different frequencies
and power to the retention on hot-dipping (HD)

浸 漬 時 間		6 minutes			30 minutes		
周波数 Frequency kc	出 力 Power W	300	400	500	300	400	500
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
50	A ₁	0.83	0.94	1.26	1.16	1.11	1.32
200	A ₂	1.40	1.23	1.33	1.21	1.34	1.29
400	A ₃	1.17	1.29	1.97	1.35	1.64	1.61
1000	A ₄	1.12	0.74	1.67	1.11	1.64	1.47

Table 7. Table 6 の値を用いて超音波の周波数と出力の分散分析
Analysis of variance for the frequencies (A) and the powers (B)
of supersonic waves obtained in Table 6.

浸漬時間 Dipping period 6 minutes

	Factor	SS	f	M.S.	F	
周波数 Frequency	A	3575	3	1191	10.5	**
出 力 Power	B	5956	2	2978	26.3	**
	e	679	6	113		
	Total	10210	11			

浸漬時間 Dipping period 30 minutes.

	Factor	SS	f	M.S.	F	
周波数 Frequency	A	1955	3	652	6.3	*
出 力 Power	B	1293	2	647	6.2	*
	e	619	6	103		
	Total	3867	11			

* 5%, ** 1% level of significance.

他の試験片でくり返してみたならば、その比率の値は500W以外はほとんど1に等しくなり、周波数では1,000kcが最も大きくなっている。しかし、周波数間の吸収量の絶対値の差異はTable 3に示すようにそれほど大きくないので、第1回の実験結果では周波数が高い方が促進効果が大きいと出たとしても、2回目の実験と吸収量の絶対値などを総合的に判断してみると、周波数の間にはそれほど大きな傾向がみられないという方がよいかもしれない。ただ、どちらかといえば400kcまたは1,000kcの方が効果が大きい。また出力については第1回、第2回の実験結果ともそれが大きい方が大きな効果があらわれるのは明らかである。

6. 防腐剤溶液を用いて超音波による浸漬と加熱浸漬 を行なった場合の吸収量の比較

超音波の各種の効果は使用される溶液の性質によって非常に異なる³⁾といわれているので、防腐剤の水

Table 8. 各種防腐剤溶液を用いた超音波浸漬 (SSW) と加熱浸漬 (HD) との吸収量の比較
Comparison of retentions obtained between dipping with supersonic waves in various preservative solutions and hot-dipping in the same solutions without supersonic waves

防腐剤溶液 Preservative solution	浸漬法 Dipping method	4 mm veneer		5 mm plywood	
		5 min.	30 min.	5 min.	30 min.
Wolman salt 2% water solution	SSW	97kg/m ³	164kg/m ³	27kg/m ³	47kg/m ³
	HD	109	127	29	45
	SSW/HD	(0.89)	(1.29)	(0.93)	(1.04)
Boron compound 25% water solution	SSW	54	94	21	42
	HD	45	81	20	33
	SSW/HD	(1.20)	(1.16)	(1.05)	(1.27)
PCP 2% fuel solution	SSW	57	82	30	42
	HD	55	62	26	34
	SSW/HD	(1.03)	(1.32)	(1.15)	(1.24)
Creosote oil	SSW	52	72	22	29
	HD	61	67	20	24
	SSW/HD	(0.85)	(1.08)	(1.10)	(1.21)

Note 試験片 Test piece: diameter 10 cm, ラワン lauan, 含水率 m.c. 13~15%.

超音波の条件 Condition of supersonic waves: 200 kc, 500 W.

溶液や油性の液をガラス容器に入れ、間接的に超音波をあてて浸漬を行ってみたが、間接的な処理のせいか、溶液の性質のためか Table 8 に示すように促進効果は水のみで行なった場合に比べて、いずれも小さくなっている。この程度の吸収量増加では実用的にはほとんど意味がない。

7. む す び

超音波による浸漬処理と常温または加熱浸漬との間の吸収量を比較した結果、浸透促進の効果が温度上昇効果以外にも確実に存在することが明らかとなり、浸透促進のための超音波の処理条件については、最適条件というものを明確にすることはできなかったけれども、第6報の結果と同じように、出力が大きいほど効果が大きくあらわれることが明らかとなった。また、各周波数による効果を比べてみた結果では加熱浸漬との比較値においては高い方が効果があるようであったが、吸収量の絶対値については各周波数とも大した差が認められないので、実質的效果においては出力ほど大きな影響をあたえないようである。

振動子から発振される超音波が木材にあたって、液の浸透を促進させる範囲は、実験における浸漬方法ならびに試験片に多少問題はあるかもしれないが、やはり単板1枚の厚さの程度で、2枚以上重ねた場合、2枚目からは超音波の影響が非常にわずかしき及ばない。

超音波が浸透を促進する原理は、いままでなら明らかにされておらず、またこの実験においても明らかにすることはできなかったが、木材における各種の浸透の実験や機構などから考えると、超音波の疎密波という性質に由来する空洞現象 (キャビテーション) の影響か²⁾、超音波の脱泡作用による木材中からの空気の排出促進ということが考えられる。いずれにしても、木材中への溶液の浸透機構の解明という意味からは興味ある問題である。

以上のような結論をえたが、実用的な意味から検討してみると、現状では利用価値があるか、どうか疑

問の点が多い。たとえば、浸漬時間は数分間以下の非常に短時間でかなり促進されることを期待したにもかかわらず、このような短時間ではもちろんのこと、30分間浸漬しても、吸収量の絶対値において、その促進効果が期待したほどの値がえられなかった。このときの吸収量を加熱浸漬で満足させるにはこの数倍の浸漬時間を必要とするという時間の短縮効果は十分あるけれども、それでも30分近い処理時間を必要とすることは、連続作業の工程のなかに薬剤処理を取り入れていく場合に、非常に無理があるということになる。

また、単に浸漬法の改良という意味で超音波処理を行なうことも、この程度の促進効果では、別な手段によって加熱浸漬するか、他の処理法、たとえば温冷浴法や減圧法などを採用した方が経済的かもしれない。

ただ、今後において超音波の発振装置が改良されて、出力を高め、促進効果を大きくして、しかも短時間で浸漬液と木材を部分的に急激に加熱できるようになるならば、連続作業において連続的な温冷浴法となって、吸収量の増加も大きくなる可能性をもっている。

それゆえに、現在は本方法が実用的に利用価値はないとしても、将来は十分に検討に値する処理方法になるかもしれない。

文 献

- 1) 雨宮昭二：木材防腐処理法に関する研究（6）木材の浸漬処理における超音波による浸透促進の可能性について、木材工業，19，6，pp.14～18，(1964)
- 2) 能本乙彦・菊池喜充・実吉純一監修：超音波技術便覧，日刊工業新聞，pp.1～7，(1960)
- 3) 能本乙彦：超音波一音速度と音の吸収，河出書房，pp.91～140，(1948)
- 4) STABNIKOV, V.N.: Novye sposoby zashchity drevesiny, Derevoobrabatyvayushchaia Promyshlennost, 8, 8, pp.7～8, (1959)
- 5) スタブニコフ，V.N. (高橋清訳)：ソ連における木材防腐の新方法，木材工業，18，12，pp.26～28，(1963)

Research on Wood Preserving Treatment (11)

Effect of dipping with supersonic waves on the treatment of wood

Shoji AMEMIYA and Felino R. SIRIBAN*

(Résumé)

Recognizing the problems attendant to the preservative treatment of most refractory wood species and wood products, this basic research on the mechanism of the penetration of liquids into wood was conducted. This experiment was designed to determine the possibility of accelerating the penetration of liquids into wood by supersonic waves ranging from 50 to 1000 kilocycles per second. Accordingly, this system of treatment, although in the experimental stage, has been successfully used in Russia in the treatment of leather and found similar application to wood. If perfected, this

* Colombo Plan Fellow of the Overseas Technical Cooperation Agency and Chief of the Wood Treatment Section, Wood Preservation Division, Forest Products Research Institute, College, Laguna, Philippines.

process could be considered as a significant breakthrough in the field of wood preservation which can be integrated profitably in plywood plants for the treatment of veneers and plywood made from refractory species and also for preserving delicate woodworks.

The sonic amplifier used in this study has a frequency range adoptable for oscillators with rated capacities from 28 kilocycles to 1000 kilocycles that can be operated to a maximum power input of 500 watts. Four oscillators made of barium titanate individually rated at 50 kc, 200 kc, 400 kc, and 1000 kc were used. Except for the 50 kc oscillator which has an effective area of 15×20 cm sq., the other oscillators have a diameter of 10 cm.

The specimens (3 mm and 4 mm thick veneer) used were obtained from rotary cut veneer of Almon (*Shorea almon* Foxw.) sold in Japan as lauan. Also included were 4 mm and 5 mm plywood made from the same bolt and same position. All specimens were conditioned in a controlled humidity room prior to testing at 75% RH, 20°C, and 13~15% M.C.

Investigation consisted of the following series of runs: dipping with supersonic waves and cold-dipping without supersonic waves; dipping with supersonic waves and hot-dipping without supersonic waves; and dipping with supersonic waves and hot-dipping without supersonic waves, using water and preservative solutions (water, creosote, Wolman salt, and boron compound) as the sonar media. The test pieces in all test runs were arranged as shown in Fig. 1.

Results of the preceeding tests indicated the following:

1. Dipping with supersonic waves and cold-dipping without supersonic waves:

In this series of test each run consisted of 3 specimens. The specimens were obtained from six pieces of $30 \times 30 \times 0.4$ cm Lauan veneers. Each sheet were further cut into 9 pieces of 10×10 cm sq. The resulting test pieces were divided into two groups. One group was used for dipping with supersonic waves and the other for cold-dipping. The frequency of supersonic waves applied were 50 kc, 200 kc, 400 kc, and 1000 kc energized at a constant power of 400 watts. Shown in Fig. 2 are the rate of change of the retention of the pieces located on the top, middle, and bottom positions. The comparative ratios between the retention on dipping with supersonic waves and cold-dipping at 6 and 36 minutes in each specimen position are shown in Table 1.

From the results obtained, no substantial difference was noted in retention between the pieces treated for six minutes by dipping with supersonic waves in all frequencies and that on cold-dipping for the same period. However, the effect of dipping with supersonic waves for 36 minutes was more evident in the retentions of the test pieces situated in the bottom and middle position compared to those specimens used in cold-dipping treatment.

It was noted, that the temperature of the dipping medium and the temperature of the specimens in the bottom position gradually increased as the dipping periods with supersonic waves was increased. The corresponding change in temperature are shown in Table 2. Because of the increasing temperature it can be regarded that the increase in retention on dipping with supersonic waves directly depended on supersonic waves but indirectly due to the increase in the temperature of the water.

2. Dipping with supersonic waves and hot-dipping without supersonic waves.

In order to segregate the effect of temperature from the effect of supersonic waves on absorption the following experiment was carried out.

Specimens used consisted of ten veneers $0.4 \times 30 \times 30$ cm in size which were cut into 9 pieces of 10×10 cm sq. Three pieces cut from the same fiber direction were used for each dipping process.

To simulate the change of temperature due to the effect of supersonic waves, the temperature of the water on hot-dipping was gradually increased as the dipping period progresses. Adjustment of the temperature was made according to the change in temperature for each frequency and power as shown in Table 2.

Results obtained are shown in Table 3 and graphically compared in Figure 3. From these results, the retention of the pieces located at the bottom position that were subjected to supersonic waves of different frequencies were slightly greater than those pieces hot-dipped both in the short (6 minutes) and long (30 minutes) periods of dipping. No appreciable difference in retentions was noted on the effect of supersonic waves for the specimens located on the top and middle positions.

This result indicates that only the pieces nearest the vibrator which is immediately traversed by supersonic waves accelerated the penetration of the specimen with water.

3. Dipping with supersonic waves, hot-dipping and cold-dipping for 30 minutes at 200 kc and 500 watts.

Test specimens consisted of $0.4 \times 30 \times 30$ cm veneer cut into 9 pieces of 10×10 cm sq. The three pieces cut on the same fiber direction were used for dipping with supersonic waves, cold-dipping and hot-dipping without supersonic waves. Retentions obtained in each dipping process are shown in Table 4. Presented in Table 5 is the time required on hot-dipping to get the same absorption on dipping with supersonic waves for 30 minutes.

Except for the effect of temperature the results in Table 3, 4, and 5 clearly recognized the effect of supersonic waves in accelerating the penetration of a solution into wood.

4. Analysis of the treating conditions of supersonic waves that affected the retention of the test pieces.

Frequency levels (50, 200, 400, and 1000 kc) and intensity of power (300, 400, and 500 watts) were the two supersonic wave factors considered. Shown in Table 6 are the ratios of retention between dipping with supersonic waves and hot-dipping at the various frequencies and powers. Table 7 shows the analysis of variance for the computed values in Table 6. Results of analysis show that the effect of power and frequency on retention is highly significant in the 6 minutes dipping although the effect of power on retention is more evident than on the frequencies applied.

Retentions obtained in dipping with supersonic waves is conducted with the various powers for 30 minutes was significant at 5% level. Hence, no substantial advantage is gained by increasing the dipping period to 30 minutes.

Results of tests are shown in Table 8. For the same conditions of tests, the gain in retention was less on dipping with supersonic waves in the preservative solutions than on in water dipping with supersonic waves. This is due to the difference in sonic conductivity or specific heat among the sonar medium used.

In conclusion, it was recognized that the supersonic waves applied, accelerated the penetration of solutions into wood, but the increase in retention was rather small. So it is suggested that this method is not available practically yet.

Dipping with supersonic waves in water is more effective than any of the preservative solutions used. Likewise, the influence of supersonic waves was more effective on the test piece nearest the vibrator. Hence, further study be conducted to determine the optimum distance between the specimens and the vibrator to avail the effective range of the supersonic waves.