場合に、その選擇加熱を行はせるためには特定の周波數を選定する必要もある。

5. 結 言

以上極めて概説的ではあるが、高周波加熱装置に就いて述べたが、之を要するに高周波加熱は内部發熱なるが爲に、均一且つ迅速に加熱し得られること、電氣的なるためその制御の容易なることの利點のある爲にその應用範圍が廣いのであるが、一方その綜合能率は決してよいものではなく（電氣抵抗爐等に比して）、又裝置の價格が高いと云う缺點がある。従つてこの得失をよく辨えて

高周波加熱の特長を生かす様にすべきで、例えば從來の外部加熱と併用することの考慮を拂うべきである。

（昭和 24 年 5 月 12 日受理）（東京大學第 2 工學部）

文 献

- (1) 電氣日本, 1 月號 (昭 23)
- (2) 電波日本, 42, (昭 22)
- (3) 『最近の高周波應用』OQ 社
- (4) 『高周波加熱』コロナ社 (近刊)
- (5) D. Brown, "The Theory and Application of Radio Frequency Heating", Mc. Graw Hill Co.

高周波による木材の乾燥並に接着

On the Application of High-Frequency Heating to Wood Working

山 本 孝

Takashi Yamamoto

高周波を木材加工に利用する試みは、我國に於ては昭和 17 年頃から行はれてゐる。その始めの頃は主として厚さの厚い強化木材や、積層木材を製作するときに、外部から加熱する方法に比べて、高周波では短時間に中心部まで温度を一樣に上昇させることに注目した。それ等の研究は名古屋大學工學部の篠原卯吉教授、電氣試験所の正木知己氏、當時の理化學研究所の岡崎三郎氏、並に筆者の研究室（三好東一教授研究室）等に於て行はれた。現在木材の分野では主として木材の乾燥や接着に要する時間を短かくすること、接着強度を増大させること、並に特殊の成型合板を製作すること、家具、樂器等の製作に利用すること等の方向に進んでゐる。相當廣範圍な原理的に實驗的研究が、この方向に關係ある研究機關は勿論のこと、電氣機器製作會社や木材會社に於て行はれてゐる。そして現在全國に大は 50 kW 近くの高周波裝置を始めとして、大小 100 臺以上も木材工場で使用され、相當の効果を擧げてゐるところが多い。

近着外誌によると、特にアメリカに於ても戰時中にその應用が著しく發達し、合板や家具等の製造に利用され、300kW の裝置も計畫され着々と工業化されつつあるやうである。

1. 高周波誘電加熱 木材加工に高周波を利用するのは主として誘電體損失によるものである。被加熱物體の誘電率を ϵ 、誘電體力率を $\tan \delta$ 、それに加える高周波の周波數を f 、物體の厚さ l cm にかゝる電壓（高周波實

効）を E (volt) とすれば、その物體 1cc 當りの消費電力 W は

$$W = 5.55 \epsilon \tan \delta f E^2 \times 10^{-13} \text{ (watt/cm}^3\text{)}$$

で表される。従つて物體については $\epsilon \tan \delta$ の大きいものが加熱し易い。即ち濕つた木材はこれが大きいから加熱し易いが、よく乾燥した木材はこれが小さいので高い電壓をかけなければならない。又接着劑は普通 ϵ , $\tan \delta$ 共に相當大きいので殆んど導體と同様に考えられる。尙高周波電源については同じ電力を物體に供給するためには、周波數が高い程低電壓でよいわけである。

次に木材加工では寸法が相當大きいものを加熱する場合が多い。従つて加熱電極板上の波長が被加熱木材の長さと同程度になると、一樣に加熱することが出来なくなる⁽²⁾⁽³⁾。周波數が大きい場合でも電氣的に避けることは可能であるが相當煩はしいので、普通は波長を被加熱體の長さより十分長くする。

物體の一部分を集散的に發熱させることは熱の利用上有利である。この選擇加熱作用を利用する 1 例は、木材と接着劑が層狀をなす場合に周波數を適當に選んで接着劑を有効に加熱することが出来る⁽⁴⁾。

2. 木材の乾燥⁽⁵⁾⁽⁶⁾ 木材乾燥は水分を取除くと同時に割裂、反曲、表面硬化等の缺點を起さない様にしなければならない。これ等の缺點は乾燥中に木材の内部と外面に於ける含水率の傾斜が急となることに基因する。従つて木材各部の含水率を均等に低下させることが望まし

い。高周波加熱によれば、一様に加熱されるため従来の方法に比べて非常に短時間に缺點なく乾燥し得る。然し過大な高周波電力を木材に供給すると、内部の蒸気圧が大となつて木材を破壊する。又大形材では表面での蒸發が盛んなために、表面近くが内部より著しく含水率が低下して缺點を生ずる。このような場合には周囲の空氣の蒸気壓を高めて防止する。全體として木材の利用率は蒸氣其他の乾燥法に比べて相當よい。

次に、木材の乾燥前の温度及含水率を夫々 t_1 , x_1 とし乾燥後の含水率を x_2 , 木材の絶乾比重を d_0 とすれば、 V 石の木材を乾燥するための高周波電力は大體次の式で計算し得る⁽⁶⁾。

$$0.325 d_0 V \{ (0.327 + x_1) (100 - t_1) + 539 (x_1 - x_2) + 80 (0.30 - x_2) \} \text{ kW. hr (但し } x_2 \text{ は } 15\% \text{ 附近とする)}$$

木材乾燥の 1 例を挙げる。ナラ吋板 (厚さ 23mm), 長さ 100cm, 幅 10~30cm, 23枚, 合計 0.42 石, 含水率平均 46.8% のものを乾燥室内で高周波乾燥を行つた。周波數約 4.5MC, 陽極入力 4.5kW (高周波出力約 2.7 kW) を 8 時間印加し, 乾燥後の含水率平均 13.9% まで乾燥した。乾燥中の状況を第 1 表に示す。乾燥材は割裂等の缺點は全然認められない。

第 1 表 ナラ吋板高周波乾燥經過表

經過時間 (時)	木材温度 (°C)	室内空氣温度 (°C)	室内空氣濕度 (%)	試験片含水率 (%)	備 考
0	19	27	92	26.7	送電開始
1	52	46	84	—	
2	74	52	78	—	
3	82	57	65	—	
4	95	62	59	20.8	
5	99	65	55	17.5	
6	94	61	46	15.5	
7	95	60	47	14.0	
8	96	62	43	12.5	
9	80	51	34	12.0	送電停止
14	42	29	89	11.3	

尚現在出力 20 kW の高周波電源により, 約 10 石を收容する乾燥室を用いて家具, 織機の原料用材等の乾燥に使用されてゐる。これ等は大型材を缺點なく迅速に乾燥出来るため好成绩を擧げてゐる。

3. 木材の接着⁽⁵⁾⁽⁷⁾ 木材の間に挟まれた接着剤を加熱するために, ホットプレス等を用いる方法は, 合板のように比較的薄いものを製作するときは割合に効果があるが, 厚さが厚くなると木材は熱の不良導體であるために

外面の温度のみ上昇して, 内部は中々加熱されない。そのため非常に能率が悪く, 然も強化木材や積層木材等の製作に際しては不均質なものしか得られない。高周波加熱によれば材自身が發熱するために能率が相當によい。更に前述のように撰擇加熱作用によつて接着剤を有効に加熱するため, 尙更能率がよくなる。接着剤は従来から冷壓に使用したものを用いて壓縮時間は非常に短縮され, 又接着強度を相當に増大することが出来る。然し尿素樹脂等は急激に高温にすると接着層に氣泡を生じて, 接着強度が著しく低下し, 又大豆蛋白の接着剤等は冷壓用配合では結果が悪く, 配合を變える必要がある。尙急激な加熱, 廣面積の接着, 接着剤の偏在等の原因で局部的に加熱されることがあるため, 適當な加熱速度を選ぶことが必要である。

4. 成型合板の製作 成型合板の製作には普通木製の治具を用いる。冷壓法で量産を望むときは治具を相當數用意しなければならないし, 又従来する方法で加熱することは困難である。高周波加熱によつて成型接着の時間を短縮すれば, 少數の治具で能率を上げることが出来る。更にこの方法では「蒸し曲げ」と「加熱接着」とが同時に行はれるために, 製品は治具の曲率通りに成型され, 彎曲の戻りが非常に少ない⁽⁷⁾。

實際に工場に於てラジオ・キャビネット, 椅子の背板, 樂器 (ギター, ヴァイオリン等), テニスのラケット, 計算尺等の製作に使用されてゐる。尙普通合板のような平板では, 冷壓法と比較して能率等の點で問題があり, 研究は行はれてゐるが實用化されているところは少ない様である。

5. 電極の配置⁽¹⁾⁽⁷⁾ 木材乾燥に對しては, 平行平板電極間に被乾燥木材を挿入する方法が多く用いられてゐる。木材接着に對しては平行板電極も用いられるが, 濕氣を早く逃がすために金屬板に數多くの孔を開けたものや, 金網も用いられる。其他格子電極を用いる場合があり, 多種多様の構造が考えられている。その 2, 3 の例を第 1~4 圖に示す。尙格子電極については基礎的な研究がある⁽⁸⁾。第 5 圖は 1 種の鏝のように作つたものであつて, 製品の手直しや家屋の内装用に用いられる⁽⁷⁾。

第 1 圖 木材乾燥例

第 2 圖 成型合板例
平行板電極 (又は金網)

第3圖 成型合板例

第4圖 角の接着例

第5圖 高周波電気鍍

結 言 以上高周波による木材加工の概要を述べたが高周波誘電加熱の應用は發達過程にあるため、今後に多くの研究問題が残されている。アメリカでは edge gluing machine (板の剝合せ機械) や, veneer splicer (單板をテープなしに継ぎ合わせる機械) 等の高周波應用裝置が商品化されているということであるが、我國に於ても此等の應用裝置の研究から電極構造、各種の接着劑に對する高周波の效能等の基礎的研究まで廣範圍に進め

られている。これらの研究が1日も早く完成し木材加工の進歩に役立つことを祈る次第である。(昭和 24 年 5 月 12 日受理) (林業試験場)

文 献

- (1) E. S. Winlund, Electronic Heating in the Furniture Industry., *Electronics*, **19**, 108 (1946)
- (2) 篠原卯吉, 學研第 7 部第 9 研究班 中間報告
- (3) G. W. Scott, The Role of Frequency in Industrial Dielectric Heating., *E. E.*, **64**, 558 (1945)
- (4) 小澤・松浦・羽鳥, 不均一系に於ける誘電體損失, 北大應用電氣研究所記事 (1947)
- (5) 篠原卯吉・大島重威・藤岡清, 高周波電界に依る木材乾燥並に合板製造に就て, *木材工業*, **3**, 9 (1948)
- (6) 山本孝, 高周波による木林の乾燥に就て, 日本林學會大會講演 (1948)
- (7) 山本孝, 高周波による木林の接着並に成型, 日本林學會誌 **27**, **28**, 2 (1948)
- (8) 齋藤成文, 高周波に於けるグリッド電極の等價インピーダンスに就て, 電氣 3 學會東京支部聯合講演會 (1947)

高周波による繭の乾燥

Drying of Silk Cocoon with High Frequency Wave.

石川平七・奥田建郎

Heishichi Ishikawa and Tatsuo Okuda

1. 緒 言

生繭の集荷期間が短期間である事と、繭の機械的構造が特異のものである事のため、従来の熱氣乾燥法に於ては高温と長時間とを要する結果となり、乾燥器の熱効率を低下せしむるは勿論繭層を過熱して糸の解舒を不良にし、又その機械的性能を低下せしめる傾向を來すのである。然るに今高周波電界に於ける誘電加熱を利用して此乾燥を行へば、繭層内にある蛹體に對する選擇的發熱によつて其温度を上昇し、先づ蛹を死滅せしめ、更に最大の水分を含む所の蛹體中の水分の分離擴散を促進し、乾燥速度を著しく増進すると共に、誘電率の小さい繭層には加熱的影響比較的小である條件に於て乾燥を行う事が可能である理である。然し乍ら高周波發生裝置從つて高周波熱源の高價なる事より見て、高周波のみを以て乾燥を行う事は其工業的實施に於て極めて困難であると考

第1圖 發振器回路

U-251 (ハートレー回路)