高周波乾燥に就いて*

(昭和24年4月5日受理)

 会 員 浅 見 義 弘
 福 岡 醇 一**

I 緒 論

物体に直接電流を通すれば、ジュール熱損によつて物体自身に熱が発生するから、乾燥を行うことが出来る。この場合は、熱源は物体の内部に生ずるから、之を通常行われている空気乾燥の如き外部加熱に比べ、内部加熱法と云ふべきものである。

内部加熱が外部加熱に比べて乾燥原理に於て、非常に有利であることは良く認められている処である。

直接通電によつて内部加熱をなす場合に、若し低周波交流を利用するとすれば、物体が導電性である場合には容易にエネルギーを送り込む事が出来るが、若し導電性がなくなると最早エネルギーの供給が困難となつて来る。この場合加電圧を高めれば、電力を多く送り込む事が出来るが、之にも限度がある。

即ち乾燥が進むにつれて導電性が失われ、次第に絶縁性に進むことが多いのであるから、電氣的な内部加熱により充分なる乾燥を行うには高周波を利用することが望ましくなるのである。

絶縁体内部に電力を送り込むには、一般にその誘電体損失を利用するのであるが、誘電体損失 P は次の式で表わすことが出来る。

$$P=2\pi fCV^2\tan\delta\cdots\cdots\cdots(1)$$

但し f : 交流の周波数

C : 蓄電器の静電容量

V : 印加電圧

$\tan\delta$: 損失角の正切

ここで、 $C(\epsilon)$ と $\tan\delta$ との大きさは絶縁物の種類によつて定まるが、又温度や周波数によつても相当異なる値を示すのである。

そこで誘電体損失を高めるには、二通りの方法が考えられる。即ち一つは加圧 V を高めることである。 P は電圧の自乗に比例して増加するが電圧を高めることは危険を伴ひ且つ装置の絶縁等も難しくなるので、自ら限度がある。

他の一つは周波数を高めること、即ち高周波を用いることである。即ち f を高めると夫に比例して誘電体損失が増加するのである。尚この外に物体によつては $C(\epsilon)$ 並びに $\tan\delta$ が周波数の函数として変化する場合がある。その中 $C(\epsilon)$ の方は周波数の変化に対して一定か又は減少するのであるが、 $\tan\delta$ は周波数に対してもつと複雑な変化をするものである。即ち $\tan\delta$ は周波数の増加につれて増加し、或点で最大値をとり、更に高周波になると却つて減少を來すと云ふ特性のものがある。例えば双極子を含む様な物質では、異常分散点附近で ϵ は著しい減少を始め、又 $\tan\delta$ は急激な上昇を示すことが良くわかつている。そして斯様な点に於ては $C(\epsilon)$, $\tan\delta$, との積も急に増加する。但しこの積は最後は飽和値に落付くのであつて、周波数の変化に対して最大値は存在しない。故に双極子を含む物質に於いては、この異常分散点以上の周波数を選ぶことによつて、その誘電損失を著しく増加することが出来るのである。

即ち絶縁性媒質を電氣的に加熱するには高周波を用いることが有利であることがわかる。

高周波には、この外にも、選択加熱作用と云ふ面白い特徴がある。即ち種々の媒質が不均一に混合している場合に、その中の成分媒質を選択的に加熱することが出来るのである。

例えば絶縁性の油の中に導電性の水粒子が浮遊している場合や、絶縁性繊維の間に水粒子が狭まつている様な場合を考えて見よう。この時には、

* On the High Frequency Drying.

** Yoshihiro Asami, Junichi Fukuoka. 北海道大学應用電氣研究所

媒質全体としては大体絶縁性であるから、低周波電流は通じ難いのである。然し之に高周波を加えると、單に誘電体損として絶縁性媒質に電力が供給し易いのみならず、その間に狭まれる導電性成分にも、亦容易に電力を送り込む事が出来るのである。

即ち2個以上の成分から成る複合層又は混合系に於いては、夫等各成分に於ける電界の分布は、一般に周波数の函数として変化する。即ち低周波の場合は、各成分に於ける電界の分布は主として其等の導電率によつて決まるから、従つて其等成分の電力損失も亦主として導電率によつて決まるのである。所が周波数が高くなるにつれて、導電率の外に誘電率の影響が次第に加わつて来る。そして極めて高い周波数に於ては、各成分の電界分布は、主としてそれ等の誘電率によつて決まるのである。

従つて電界の分布は低周波の場合と全く變つてしまう。即ち油の中と浮遊する導電性の水分粒子は、低周波に於いては其の電界強度が小さい爲にその損失も小さいが、高周波になると、低周波の場合に比して電界強度が大きくなり、多量の電氣エネルギーを吸収する様になる。油の方は之と反対に、高周波になると電界強度が減少し、従つて損失も減少するのである。斯様に複合系媒質に於ける各成分媒質の電力損失は、周波数の函数として変化することになる。之の性質を利用すれば、周波数を適当に選ぶことによつて、複雑な媒質の各成分に特に選択的に多量の電力を與えて、之を加熱することも出来る。之を選択作用と呼ぶが、高周波の應用に當つての著しい特徴である。

要するに、高周波の特徴は、低周波電氣や熱の通じ難い様な誘電性媒質をも容易に内部的に加熱し得ること、均一媒質に於ては一樣加熱が容易であること、又不均一媒質に於ては、選択加熱を行い得る等の特質を有していると云ふ点である。尤も不均一媒質の場合にも、周波数を適当に選べば大体均一加熱を行ふ事も出来るのである。

II 内部加熱と乾燥

物体の内部が熱流を生ずる場所であると同時に熱發生の場所でもある様な場合は、熱源が内部にも考えられるが、斯様な加熱法が所謂内部加熱法である。斯かる問題に關して、歴史的には、例え

ば J.H. Awbery⁽¹⁾ によりなされた球体に就いての一般的解折があるが、茲では平板の場合に就いて特に内部加熱法が如何なる点で普通一般の外部的加熱法と相異なるかを検討しよう。

いま物体の溫度、熱傳導度を夫々 θ, K とすれば、毎時單位体積當り熱傳導に依り $\text{div}(K \cdot \text{grad} \theta)$ なる蓄積熱があるが、その他に何等かの方法に依て q なる發生熱があるとすれば、

$$C\rho(\partial\theta/\partial t) = \text{div}(K \cdot \text{grad} \theta) + q \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。茲に C, ρ は夫々比熱、密度で t は時間を示す。今初期溫度が θ_1 で、厚さが $2D$ (中心部 $x=0$) の板の表面で、溫度 θ_0 なる外氣との間にニュートンの法則に従う熱の授受が行われれば、 $(dK/d\theta) = 0$ を假定して、溫度 $\theta(x, t)$ は

$$\begin{aligned} \theta(x, t) = & \theta_0 + q \left[\{(D^2 - x^2)/2K\} + D/E \right] \\ & + \sum_{m=1}^{\infty} \exp(-\kappa \phi^2 m t / D^2) \cdot A_m \cdot \cos \phi m x / D \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3)$$

で與えられる。茲に E は表面の熱放散率で、

$$\begin{aligned} \kappa &= K/C\rho, \quad \phi m \cdot \tan \phi m = ED/K, \\ A_m &= -2 \{ (qD^2/K) + (\theta_0 - \theta_1) \cdot \phi^2 m \} / \phi^2 m \cdot \\ & \quad (\cos \phi m + \phi m / \sin \phi m) \end{aligned}$$

である。又時刻 t までの吸収熱量は、表面單位面積當り、

$$Q(t) = 2C\rho D \sum_{m=1}^{\infty} A_m \cdot \{ \exp(-\kappa \phi^2 m t / D^2) - 1 \} \cdot \sin \phi m / \phi m \quad \dots\dots\dots (4)$$

で與えられる。

いま (3) 及び (4) 式に依つて定常的狀態に対する考察を行へば、先づ内部溫度は外氣溫度より

$$q \left[\{(D^2 - x^2)/2K\} + D/E \right]$$

だけ高く、其の溫度勾配は

$$d\theta/dx = -qx/K$$

表面單位面積に就ての移動熱量は

$$-2K \left| d\theta/dx \right|_{x=D} = 2qD, \quad t = \infty$$

又吸収全熱量は單位面積當り

$$\begin{aligned} Q(\infty) &= 2C\rho D \sum_{m=1}^{\infty} (-A_m) \sin \phi m / \phi m = 2C\rho D \\ & \quad \{ \theta_0 - \theta_1 + q(D^2/3K + D/F) \} \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

となる。

以上の諸式で $q=0, \theta_0 > \theta_1$ とすれば、これは所謂外部的加熱であり、又 $q > 0, \theta_0 = \theta_1$ とすれば、これは内部的加熱の場合になる。

又内部的加熱の場合に板の最高溫度を θ_c に抑

えるための必要熱量

$$q = (\theta_c - \theta_1) / (D^2/2K + D/E) \quad (\theta \text{ は定常温度}) \dots\dots\dots (6)$$

を與へれば、其時の表面温度 θ_s 、平均温度勾配 $\Delta\theta/D$ は各々

$$\theta_s = \theta_0 + qD/E = \theta_0 + (\theta_c - \theta_0) / (1 + ED/2K) \dots\dots\dots (7)$$

$$\Delta\theta/D = (\theta_c - \theta_0) / (D + 2K/E) \dots\dots (8)$$

となる。今木材を例にとり、

$$C = 0.33, \rho = 550, K = 0.3, l = 0.04(0.02), E = 15, \theta_i = 20$$

(a) 内部加熱: $q = 0.15 \times 10^5, \theta_0 = \theta_i = 20$

(b) 外部加熱: $q = 0, \theta_0 = 100$ (單位は凡て、

第 1 図 温度 分布

第 2 図 温度 差
(表面温度) - (中心温度)

m, kg, hr, kcal, °C)

とし、温度 $\theta(x, t)$ 及び表面、中心温度差 $\Delta\theta = \theta_s - \theta_c$ を画けば、第 1 図並に第 2 図の如くなる。

即ち外部加熱の時は、表面附近は中心部より高温で、且その温度差は初めは時間の経過と共に増し、後或る極大値を経て漸次減少する。それに対し内部加熱の時は、表面程低温差は時間と共に増し、其後次第に一定の飽和値に達する。而て何れの場合にも厚さが大きい程、温度差は大である。

又外部的加熱の場合には加熱温度を、内部的加熱の場合には供給熱量を大にすれば、温度は高くその上昇速度は大となるが、同時に温度差も大となることは注意を要する事実である。更に又外部加熱では薄いもの程熱吸収が早く、内部加熱では薄いもの程冷却に依る熱放散が効いて吸収熱量は低下する。

以上は内部的加熱法と外部的加熱法の相違の概略であるが、尙固体中に水分を含む時には、水分移動に伴う熱の移動があるので、厳密に考えれば問題は甚だ複雑となる。

次に内部的加熱法と乾燥の關係に就て考察しよう。一般に固体乾燥に於て、含有水分を單位体積当り w とし、又水分移動量を單位時間、單位面積当り g で表はせば、明かに

$$(\partial w / \partial t) + \text{div} g = 0 \dots\dots\dots (9)$$

なる關係が與えられるが、この際水分移動量が如何なる形をとるかと言うことは、先ず吟味を要する処である。

若し今水分として液相の水分 ϕ のみを考え、且つその移動量が ϕ の負勾配に比例するものとするならば、上式は

$$(\partial \phi / \partial t) + \text{div}(-k \text{grad} \phi) = 0 \dots\dots\dots (10)$$

となり、この場合は熱傳導の場合の解折法がそのまま適用される。即ちいま、固体の冷却現象より類推すれば、一定乾燥條件の下で、乾燥速度は時間の経過と共に次第に減少しなければならない。例えば T.K. Sherwood 氏はかかる乾燥期間のことを、Falling-Rate Drying と名付けたのである。そして尙、固体の初期含水率が高くその表面が濕潤である間は、給熱速度と平衡する略々一定の揮発速度をもつた Constant-Rate Drying なる期間が前の期間に先行するものとした。(尙かかる問題に就て亀井三郎氏の詳細なる実験研究がある。)

次に木材乾燥に於ける実験例を示さう。試料として北海道産の「やちだも」の 6cm 立方のものを使用し、之を繊維に直角に厚さ 1cm に 6 等分し、木口を除く面を凹型断面の木枠で強く締め付けた。そして高周波電界を繊維に直角に加えた。第3図は平均水分と、平均温度とが時間の経過につれて如何に変化するかを示した。尙比較のために、低周波直接通電による加熱、並に恒温槽による外部的加熱法をも示している。

高周波加熱は波長 30m, 電界強度150~300V/cm で加熱したものである。低周波の場合、周波数50サイクル, 電圧 1,000~1,500V; 又電極としては金網を用ひ強く木材面に締め付けた。外部加熱は電氣恒温槽によるもので、加熱温度 110°C である。

これを見ると、高周波加熱の時には脱水又は乾燥速度は非常に大で、且つ高水分から低水分迄略々一様になつて居る。又温度上昇速度も極めて大で、短時間で水の沸騰迄達上昇して居る。但しこの場合の吸収電力は約 0.63watt/cm³ であつた。

第 4 図 温度分布

又低周波加熱の時は初期の脱水速度は著しく大であるが、水分の廣範圍に亘る乾燥は極めて困難である。即ち脱水に伴ひ電氣抵抗が急激に増大し熱供給は殆ど零となり、一度上昇した温度は冷却の爲降下して居る。此等の電氣的加熱に対し、外部的な加熱の場合は水分温度共にその変化は極めて緩慢であることがわかる。

第4図はその時の温度分布を示して居る。即ち電氣的加熱の時は内部温度は常に表面温度より高い。但し水分の存在する限り温度は水分の沸騰点で抑へられるため、温度勾配は始め中心部が100°C になつた時に最大で其の後は寧ろ減する。この場合更に時間が経過すれば吸収電力が低下して冷却の影響が利いて来る。低周波加熱にあつては特にこの冷却の影響が明瞭に現われて来る。

外部的熱加の場合には表面に近い相当は部分長時間水分蒸発熱の影響を受け、その爲に温度の勾配は割合平坦であるが、或る時間後に表面部分の温度が急に高くなつて居る。之は明に表面のみが極めて低水分にまで乾燥された事を示している。

第5図は水分分布である。電氣的加熱では乾燥

— 第 5 図 水分分布

の全期間を通じて、水分勾配は非常に小さく、或期間には内部より表面に近い部分が高水分になることすら起り得る。低周波加熱の時には之が明瞭に現われている。即ち内部が高温で、表面への水分移動が活潑に行われて居る時でも、表面が相当低温になれば、此部分で水分が或程度凝縮することが考えられるし、同時に又表面蒸発が低下するから、斯様な結果をもたらすのである。之に比べれば、外部加熱の場合の水分差は極めて大きい。

又此等の場合に乾燥後の試料に現われた歪の状態をみれば、電氣的加熱による場合は不平等な歪は殆ど出ないが、外部的加熱の時は強度の表面硬化の爲内部の乾裂が生じている。

要するに、電氣的加熱の時には、木材表面に於ける熱放散の爲、内部温度が表面のそれより高い。従て内部水分の移動特に液相水分の圧出、及水蒸氣拡散が有効に促進せられる爲に、温度を高く且つ温度上昇速度を大にして、脱水又は乾燥の速度を極めて大にとつても、尚且つ内部と表面に近い部分との水分差を僅少にすることが出来る。

低周波加熱は高水分の試料の迅速な一部脱水には極めて効果的であるが、かゝる導電的加熱には或る限度がある。之に対し高周波加熱は極めて低水分迄の乾燥に非常に効果的である。

しかし、電氣的直接内部加熱によつて短時間に乾燥する爲に強い電力を木材に送り込むと、木材の内部圧力が高くなつて乾燥時に破壊を起したり又樹種によつては、乾裂や表面硬化乃至は円部乾裂等をも起すものがあり、思つた程簡単ではないようである。

最近高周波乾燥機構を研究する目的で、京大加藤信義、竹屋芳夫両氏は粘土を用いて種々の実験を行つた。(7)此の報告に於ては、高周波乾燥の経過を、乾燥速度の測定に現われた顯著な4段階(準備、恒率、減率第1段及び第2段)に区分し、それらの各段階を、普通一般の対流乾燥法による場合と比較検討している。

即ち試料として、美濃蛙目粘土の直径 72mm 長さ 70mm の円柱を使用した結果によれば、水分口布に就て、第6回に示すような、興味ある変化が報告せられている。

即ち準備乾燥期間中は、表面の水分が急速に減少して表面に近い部分の乾燥が著しく、次に恒率乾燥期間に入ると、中心部の温度上昇に伴ふ水分

第 6 図

の氣化によつて先ず分布曲線は略々均一となり、ついで中心部が低く中心から或る距離の点に最大の含水率を持つ山形の分布曲線が得られる。しかも含水率の最大の点は、次第に表面の方に移動する。これは、中心の温度が 100°C になり、中心から水分が盛に蒸発して、周囲の水分を周辺部に押し出す結果と考えられる。この現象は引續いて減率乾燥第一段にも起り、この期間の末期に、最大含水率の点が遂に表面に達する。ある含水率以下となると、表面に乾所を生じて、減率乾燥第一段に入るが、内部より押し出される水分の多い爲に、蒸発表面の後退を許されない。従つて、恒率乾燥期間に比べて大して乾燥速度の低下しない減率乾燥第一段が、長期間にわたつて存在する様になる。

内部から押し出される水分が無くなると、乾燥表面は急激に後退して減率乾燥第二段に入り、入りと外氣條件の平衡する含水率で蒸発が終了することになる。

即ち高周波乾燥の特徴として、対流乾燥に比べて極めて大なる乾燥速度の恒率乾燥期間と、乾燥速度のこれより僅かに低い減率乾燥第一段が可成

り長期に亘り存在し、乾燥速度の急激に低い減率乾燥第二段が之に続いて、乾燥期間が著しく短縮されることが、他の乾燥法の追隨を許さぬ特徴であると考へられるのである。

■ 高周波乾燥に必要な電力

物体の乾燥に必要な熱量は、一般に比熱、蒸発熱及び分離熱、並に放散熱等に依るものであるが高周波乾燥の様に直接物体に電力を加えて、内部乾燥を行う場合には、外部加熱の場合に常に相当のパーセンテージを占める処の空気、乾燥器及びその附属物等の加熱に要する熱量は必要でない。又乾燥期間の短縮によつて、放散熱を著しく節約出来ることになるから、一般に熱使用能率は大いに高まるのである。

例へば木材を乾燥する場合、普通一般の炉乾燥等では、木材の温度は最高 70°C 位が限度とせられているが、高周波では 100°C 迄温度をあげて速かに乾燥することが出来るからである。

そこで、高周波乾燥の場合に必要な熱量としては、水分をも含めた、物体の比熱、水分の蒸発、及び分離熱並に放散熱に相当するだけの電力を供給すれば良いことになる。

木材乾燥の場合、以上の方法で計算した電力と、乾燥実験に要した電力とを比較して見ると、含水率によつて大差あるが、15%程度迄の乾燥に対しては、放散熱及び分離熱を無視した計算値より20~30%位多くの電力を必要とすると云ふ事が、山本氏⁽⁸⁾によつて報告せられている。尤もこれ以上の含水率まで下げるには、計算値より遙かに多量の電力が必要とせられている。

尙最近各所に行れた高周波乾燥の実験例を二三示すと次の様である。これも概めて大ざつばなデータではあるが、大体の観念を得るに役立つと考へられるので、報告する次第である。

木材乾燥の場合

出力 (KW)	材 種	月産 (石)	備 考
20	檜	410	含水率30%~10
20	檜 (時長き1m)	360	(1石35KWHとして)
20	たも(同上)	480	30%~12%(山本氏)
40	杉 (三寸角)	1080	同 上
16	単枚(重ねて)	270	生 より
20	単板 (一枚づつ)	780	100%~9.5%
			陽極損を活用

繊維類の乾燥に就いても、之に要する電力は大

体以上木材の場合と同じ様に考へる事が出来る。

例へば50%の水分を含む1000ボンドの絹糸を 75°F から、絶乾状態迄乾燥するに要する電力量を前述の様に計算すると(放散熱を無視して)約200KW.h.の電力を必要とすることになる。

某会社で行つた実験によれば、100%の水分を含む人絹ケーキ 300gr に平均 1.5KW の高周波出力を加えて、約13分で乾燥出来たと云つてゐるが、この割合で進むと仮定すれば、100%の水分を含む人絹ケーキ 1t を乾燥するには、約 1000KW.h の電力を必要とする計算になる。又北大に於ても人絹ケーキの乾燥に就いて同様な実験を行つたが、一般に弱い電力で長い時間を要する場合には、以上の結果よりも更に多くの電力を必要としたが、強い電力によつて、短時間で熱能率良く乾燥した場合には、大体以上の実験と同程度の電力で充分であつた。

即ちこれは、40KW の高周波乾燥装置を1日24hr 継続して運轉すると、100%の水分を含む人絹ケーキを約1t 乾燥する事が出来るといふ結果になつたのである。この問題に関しては、もう少し詳細な実験を進める必要があるが、大体の見当をつける意味で、例を報告したのである。

一般に高周波乾燥に於ては、木材にしても繊維類にしても、温度上昇は容易であるが、乾燥が進むにつれて、単位体積当りの発生熱量は減少するので、その物体の加熱度合は自動的に調節せられるといふ特徴をも有しているのである。

V 複合媒質の選擇加熱

複合媒質に高周波電界を加えると前にも述べた様に、其の中の成分媒質の電力損失は、一般に周波数の函数として変化するから、周波数を適当に

第 7 図

選べば、或る成分に選択的に多量の電力を供給する事が出来る。即ち選択的加熱を行う事が出来るのである。

一例として、木材と接着剤との二重層について考えて見よう。

今第7図に示す様に木材とミルクカゼインの二重層に高周波電界を加えた場合、時間の経過につ

第 8 図

れてその温度上昇を測定すると、第8図に示すような結果が得られる。但し T_1 は糊の部分、 T_2 は木材の部分の温度である。又実線は周波数、10 MC、点線は 100MC の場合である。

即ち周波数 10MC の場合には糊の部分 T_1 と木材の部分 T_2 との温度は著しく異り、糊の部分の方が遙かに高温に加熱されているに反し、周波数 100MC の場合には両者は殆ど差がなく、大体均一に加熱せられていることがわかる。斯様に複合層にあつては、適当な周波数を選ぶ事によつて全体を均一にも、又各成分を選択的にも加熱する事が出来る。

以上の様な複合層又は複合系の選択加熱に関する研究が、最近我が國に於て著しく進んで來た。就中北大應用電氣研究所に於ては、詳細な研究が進められた。⁽⁹⁾ 上述木材と接着剤との二重層に於ける、各成分損失の周波数特性は、両成分の電気定数即ち導電率と誘電率とがわかれば、理論によつて求める事が出来る。即ち第9図が理論によつて求めた結果であつて、両成分の電力損失比は、周波数の函数として同図に示す様に複雑に変化す

第 9 図

る。即ち低周波の場合には、木材の方に多くの電力が與えられるが、次第に周波数を高めると両成分が等しく加熱せられるに至り、夫以上の高周波では接着剤の方が著しく多く加熱せられる様になる。且或周波数で接着剤の電力吸収には最大値が存在する。この最大周波数を越すと、接着剤の電力吸収は又減少し遂には木材よりも、却つて吸収が少なくなる。

斯様に二重層に於いて、その成分損失が或周波数で最大値をとると云ふ事は興味ある事実である。これは、その成分の一つなる木材の導電率並に、誘電率が、周波数の函数として変化する爲に生ずる特性であつて、若し各成分の導電率及び誘電率が周波数に關係なく一定であると假定すれば接着剤の損失比は單に飽和特性を示すのみで最大値は示さない。

上述の実験例に於いて、周波数 10MC の場合は接着剤の方が、木材に比して多く加熱せられているが、100MC では両者の温度には殆ど差がないと云ふ事実は、以上の理論結果と一致した特性である。

名大の篠原教授は、適当な圧縮力を加へて高周波加熱により木材の接着を行うと、その接着強度が自然硬化の場合に比べて著しく増加した事、及び斯様な場合に、之を顯微鏡写真で檢すると、接着剤が木材纖維中によく浸入している事等を報告している。⁽⁴⁰⁾ 即ち、外部加熱の場合には、一般に木質部の方が高温になるので、接着剤の木質部への浸入が妨げられる。又木質部が不良導體なるため、接着剤の加熱に相当の時間を要し、従つて糊の硬化が早期に生じ、接着剤の伸びが悪くなる。

然るに高周波加熱では、接着剤を直接に加熱し且つ適当な条件では選択的に之を加熱して木材より早く温度を上昇させる事が出来るので、接着剤の延びや滲透が宜しいとも想像し得る。即ち、高周波加熱に於て、適当な周波数を選び、且つ強力な電力を供給すれば、優秀な接着を行ふ事が出来るよう。

以上の様な層状系に限らず、油の中に水分が混入してゐる様な複合系に於ても、選択作用の理論は一般に当てはまるものである。木材や繊維類等が水分を含む場合にも、之を微視的に観察すると以上の選択加熱作用の原理によつて、その各成分は周波数の函数として其の電力分担が決する。

即ち適当な周波数に於いては水分の方に選択的に多量のエネルギーを加える事が出来る。

しかし、たとえ水分の方に多量のエネルギーが供給せられても、そのエネルギーは熱エネルギーとなり、伝導によつて速かに木質又は繊維に傳はる筈である。故に若し水分の寸法が概めて小さいとすれば、水分に與えられた熱は伝導によつて周囲の木質に速かに傳つてしまふから、斯様な場合には、両者間に相当な温度差を與える事は実際上なかなか困難である。

Ⅶ 繊維方面に於ける高周波乾燥の應用

アメリカに於ては、数年前から高周波加熱がレイヨン、ナイロン、及び羊毛等の繊維原新に対する種々の應用に向つて研究が進められている。レイヨン・ケークの乾燥、レイヨン・タイヤコードや小デニールのレイヨンの撚りセツトに使用せられ、又綿絲各種の処理、或は新しい應用として樹脂処理せられた綿布の乾燥に利用せられていることが文献に見えている。例えば、木綿の熱処理に対しては織綿絲を高周波で乾燥すると、時間⁽¹¹⁾が非常に短縮せられることや品質が優れている。ロール巻の高周波乾燥や、又60デニールの細い糸の場合も、タイヤコードの様な太い糸の場合にも成功したと報ぜられている。

レイヨンケーク中の場合も、高周波に於いては一樣に乾燥出来ること、時間が短くなること、又糸品質の向上せられる事等の特徴があげられて

いる。

ナイロン方面の應用としては、管にまかれたナイロンの乾燥と撚りのセツトで、相当良好な結果が得られている。又羊毛えの應用も撚りセツトに集中せられ、満足な結果が得られている。

尙樹脂処理せられた織物の分野に多くの應用がある。特に樹脂に浸透させた布を巻いたロールを加熱して樹脂の固定をする時に有効であるとせられている。

要するに、アメリカの状況から判断するに、將來我が國に於ても、紡績方面には相当廣範圍に高周波加熱が取入れられる可能性があると思ふ。

Ⅶ 結 論

高周波加熱は種々の特徴があるので、最近各方面から非常に注目せられて來た。繊維工業方面に於いても、將來この應用が大いに開拓せられん事を期待するものである。

(昭和24年3月25日)

文 献

- (1) J.H. Awbery : Phil. Mag. 4(1927), 629.
- (2) T.K. Sherwood : I.E.C. 21(1929), 22(130) 9, 24(1932), 25(1933), 6(1934).
- (3) 龜井三郎 工業化学雑誌, 36(19), 37(1934), 38(1935) 40(1937).
- (4) O.Krischer : Z. VDI, 82(1938), 7 Beiheft Verfahrenstechnik, (1938), 04, 401(1940), 17.
- (5) H.Voigt, O. Krischer : Holz als Roh-und Werkstoff, 3(1940), 305, 364.
- (6) 松本秋男, 福岡醇一, 北大應用電氣研究所記事, 高周波木材加熱第1~第4集
- (7) 加藤信義 竹屋芳夫 "最新の高周波應用", 東京, (1949), P102.
- (8) 山本孝 "最新の高周波應用", 東京, (1949), P, 74.
- (9) 浅見義弘, 東健一, 北大應用電氣研究所記事, 高周波選択作用第1~第8集, (1947~1948)
- (10) 篠原卯吉 "最新の高周波應用", 東京, (1949), P, 83
- (11) 薄井廉介, 馬場文夫, 渡辺文明 "最新の高周波應用", 東京, (1949), P130.