621.365.46 : 667.811.017

赤外線による漆の乾燥機構について⁽¹⁾有馬 文次⁽²⁾

The Drying Mechanism of the Japanese Lacquer by the Infra-red Ray

by Bunji ARIMA

Fixation of the Japanese lacquer by baking, which undergoes oxidation, polymerisation or condensation, has been considered very troublesome. The writers of this note got a successful result, a short-time fixation, by use of infra-red drying. Temperature-raising curve, suitable to accelerate the proper chemical reaction of the specimen, was first searched after, by controlling the intensity of illumination by transferring the infra-red lamps. Thus the illumination curve, against time, suitable for each specimen was obtained.

Some researchers control the intensity of illumination by dropping the electric voltage. But, even when the intensity of illumination on the Japanese lacquer surface is kept the same by approaching the lamps, the lowering of temperature of the heat source causes the increase of the wavelength beyond its suitable range, and reduces the drying efficiency, diminishing the hardness of the Japanese lacquer film, as means the in completion of the baking.

1. 緒 言

第1報⁽³⁾に報告した装置を用い、従来比較的乾燥が困難のごとく考えられていた焼付漆を用い、容易に乾燥を行い、乾燥機構を研究した。従来焼付漆は湿度80%前後⁽⁴⁾において、常温乾燥の過程を経て、高温硬化の焼付乾燥を行い、ウルシオール⁽⁵⁾の酸化、重合、縮合の化学作用により焼付が完成されるものである。このとき経過をなす焼付乾燥において赤外線加熱法を用いれば、伝熱効率⁽⁶⁾大にして始動、停止による熱の慣性もなく、急速に温度調節が行われ、理想的な乾燥が行われるのである。

2. 実験方法

赤外光源としては100V-250Wおよび100V-375Wの赤外電球を用い、用いた試料は、ウルシオールと、ヘキサメチレン、テトラミン、トリウエノールを当量に使用した焼付漆を用いた。

被射体におけるふく射照度はAdam Hilger型ふく射計を使用して測定を行った。用いた乾燥炉内の被射体の受けるふく射照度は第1図に示されたごとく、横軸に2球の電球間の距離を取り、縦軸に平均ふく射照度を求めた。図中、 D は電球バルブ頂被乾燥面距離で、この実験においては、使用熱源電球2個なるため、ふく射照度の計算に際しては、乾燥炉が小規模のため、電球のふく射指向性の影響を受けて、被乾燥材の基板の各部分の受けるふく射照度は多少異なるが、基板が熱伝導性の良好な金属なるため平均ふく射照度として

第1図 ふく射照度曲線
用の影響を受け、ふく射照度は表に見られる数字より著しく大となる傾向が考えられる。

3. ふく射照度の影響

第2図に示された曲線は、第1図に示したときふく射照度の影響を受ける乾燥装置において、厚さ0.8mm Al板に焼付漆を塗装した場合の温度上昇曲線であって、(C)曲線はふく射照度 0.36 W/cm^2 、(D)は 0.32 W/cm^2 、(A)は 0.26 W/cm^2 のはのふく射照度で行った実験結果である。ほぼふく射照度に比例した温度上昇曲線を示している。(D)の場合と同条件にて塗装しないAl板のみの場合においては(E)曲線に示され

求めた。
ただし実
際的に規
模の大き
な乾燥炉
において
電球の数
が増加し
た場合に
電球間の
距離が近
くなるに
従って、
ふく射線
の重畳作

第2図 温度上昇曲線

るごとく、赤外線 AI 板による反射の影響を受けて、温度上昇はかなり低い。今 (C) の場合と同じ消費電力量 500 W/h のニクロム線を用い、(C) と同じ 20 cm の距離より照射を行い、その結果を比較すればニクロム線加熱の場合においては (M) なる上昇曲線を示し、上昇温度は (C) に比較してかなり低い。よって焼付による試料の温度条件を (C) と同じ 160°C となるごとく、800 W ニクロム線を用いて行った結果が (L) 曲線である。この場合、赤外線球の消費電力量 0.5 kW/h に対し、0.8 kW/h となり約 1.5 倍強となり、温度上昇は第2図に見られるごとく、遅いため、焼付時間を長く要する結果となる。

焼付漆の焼付に際しては、他の塗料類の油分または水分の蒸発乾固によるものとはおのずから異なり、常温乾燥の化合反応の過程を経て、高温硬化の縮合反応を起し、固化するため、塗装直後に焼付乾燥を行う場合においては、被膜の厚さの程度に従って温度上昇を制御する必要がある。

すなわち急激に温度上昇を行う場合は焼け、ピンホール等のごとき、悪い状態を起す。したがって諸条件を考慮して、試料特有の温度上昇曲線を求める必要がある。最初ふく射照度を低くして焼付を行い、乾燥経

第3図 温度特性曲線

過を検討しながら、更に除々にふく射照度を上げた実験を行い、ピンホール等の生じない限界乾燥速度を求め、これらの多くの実験結果より、被膜の物理的・化学的性質を考慮して、試料の耐え得る温度上昇曲線を第3図(A)に求めた。この被膜の最良の条件に合わせるために、ふく射照度を制御しながら変化させて、焼付を行った加熱時間に対するふく射照度曲線が(H)である。この曲線以上にふく射照度を加えるときは、試料の急激なる温度上昇により、塗装面は前述のごとく、悪い状態を残す。ただし塗装後1時間を経た場合においては、常温乾燥による化学反応がかなり進行しているため、(B)なる試料の温度上昇曲線に従い、6時間経過以後においては(C)曲線、12時間以後においては(D)なる温度上昇曲線に従って試料温度を急激に上昇するも好結果を得る。以上は被膜の厚さ 0.08 mm であるが厚さ 0.06 mm の場合においては、塗装直後において(E)曲線、厚さ 0.04 mm の場合は(F)曲線のごとく温度上昇を行っても、同様の良結果を得た。したがって塗膜の厚さの薄いほど、塗装後の経過の長いほど、短い加熱時間で仕上げすることができる。ふく射照度の変化は被照射とバルブ表面間の距離、あるいは電球間の距離を变化することにより容易に行える。

4. 電圧降下の影響

電圧降下のふく射照度に及ぼす影響について、考察

第4図 温度特性曲線

した実験が第4図(D)曲線である。横軸に電圧、縦軸にふく射照度を表わす。図によれば 60 V 付近までの電圧降下に際しては、ふく射照度は急激に小さくなることに注意を要する。今電圧 100 V に加圧した場合に、被射体の受けるふく射照度は 0.32 W/cm² であり、試料の温度上昇曲線は (C) のごとき曲線を示す。93 V に電圧降下した場合においては 0.27 W/cm² にて (B) なる温度上昇曲線を示す。更に 85 V に降下した場合においては、0.25 W/cm² にて (A) 曲線を示す。したがって 100 V にて設計された乾燥炉において 85 V に低下した場合は 35°C 程度の温度低下を示すため、焼付温度に敏感な試料においては、焼付不能になる場合がある。

ふく射照度等しく、波長の異なる場合における温度上昇に及ぼす影響を考えるに、100 V-250 W 電球に 100 V 加電圧した場合、放射される波長 $\lambda_m = 1.15 \mu$ 、ふく射照度 0.26 W/cm^2 である。この場合の温度上昇曲線は第 2 図 (A) のごとくである。同じふく射照度を受けるために 100 V-375 W 電球に 74 V 加電圧した場合、最高波長は $\lambda_m = 1.39 \mu$ 、ふく射照度 0.26 W/cm^2 にて (B) なる温度上昇曲線を示す。すなわち、ふく射照度等しく、放射される波長が異なる場合、長波長の方が試料の温度上昇は低く示されるため、単に効率のみに着目すればふく射照度を小とするために、電圧降下の方法を用いるよりは、電球間隔にて加減する方法が効率良く考えられるが、乾燥炉の設計上、電球間隔が固定されるため、往々電圧降下の方法が考えられる。

5. 硬度特性

赤外線焼付の良好なることを比較するために、赤外電球による焼付方法の他に、ニクロム線加熱による遠赤外線の照射および対流乾燥炉による焼付の三つの場合を比較して検討を行った。方法はいずれも、第 1 報の場合における乾燥炉を用い、同じ比較方法にて、焼付時間に対する被膜の比較

第 5 図 硬度特性曲線 (1)

硬度指数を求めた。第 5 図 (A) 曲線は赤外電球 100 V-250 W 2 個 (B) 曲線は 800 W ニクロム線ヒータ加熱による、加熱時間に対する比較硬度特性である。いずれも距離 20 cm の位置より照射を行った。(C) 曲線は (A) の場合における試料の到達温度 160°C と同じ温度の対流式恒温乾燥炉に入れて焼付を行った場合の硬度特性であり、硬度特性は蓄音器針に荷重を加えた g 数にて表わし、比較硬度特性なるため、器械の腕の自重による慣性モーメントは定数として計算に入れない。

更に硬度に対する消費電力量の関係を求めた曲線が (L), (M), (N) である。(L) は赤外電球, (M) はニクロム線, (N) は対流恒温乾燥炉による硬度特性曲線であり、条件は (A) (B) (C) と同じである。この表より考えれば、今硬度指数 50 に達するに要する加熱時間と消

費電力量の硬度に及ぼす関係を検討するに、赤外線電球による加熱の場合、加熱時間 22 分にして、消費電力量 0.2 kW 、ニクロム線による場合、34 分にて 0.45 kW 、 160°C 恒温対流乾燥炉による場合、50 分にして 0.8 kW を要し、その関係は加熱時間において 1:1.5:2.3 消費電力量にして 1:2:2.4 にして、赤外乾燥の場合が優秀である。

第 6 図 硬度特性曲線 (2) 0.36 W/cm^2 の場合 30 分にして硬度約 65 に達するも、 0.31 W/cm^2 の場合においては 55、 0.27 W/cm^2 にて 38 にてふく射照度の減小により、硬度ははるかに小さくなり、時間的にも相当遅れを示し、ふく射照度 0.24 W/cm^2 においては図に見られるごとく 30 分を経過しても硬度ははるかに小さく、焼付は行われず、約 1 時間半の加熱時間を経て、約硬度 40 ぐらいに達して、その後、硬度は増加せず、焼付は不能の状態を示している。前述のごとく、電圧降下はふく射照度の減小を示し、したがって温度上昇の低下となり、かなりの乾燥時間を経過するも、乾燥焼付は不能になるため、焼付に際してはある程度の電圧保持の装置を必要とすることは他の試料においても同様である。

6. 結 論

(1) 試料特有の温度上昇曲線を求め、それに適合するふく射照度曲線を求めれば、焼付乾燥は容易に行うことができる。

(2) 赤外線乾燥は伝熱速度が高効率であるため電圧降下によるふく射照度の低下がかなり影響を及ぼすため、装置設計に注意するか、あるいは 2 割程度の余裕を乾燥炉設計の温度係数に見込んで設計を行う。

本研究に当って種々と御批判をいただいた名大教授須賀太郎博士、および種々と試料の提供をいただいた大橋漆工業会社田中克郎氏に厚く感謝致します。

注：—

- (1) 昭和 26 年 6 月 名古屋地方講演会において講演、原稿受付昭和 26 年 10 月 31 日。
- (2) 正員、名古屋工業大学。
- (3) 有馬、機械学会論文集、17 巻 62 号、184 ページ。
- (4) 渡辺、生産技術、3 巻 2 号、19 ページ。
- (5) 有馬、機械学会論文集、18 巻 67 号、47 ページ。