

- 25) Maglaughlin, J. W. : USP 2,440,778 (1948)
- 26) Gordon, C. W. : Chem. Eng. Progress 45 No. 8, 477 (1948)
- 27) Herman, A. et al : Can. Chem. Process Inds. 33 211, 215 (1949)
- 28) Rivache, F. J. : USP 2,520,891 (1950)
- 29) Schopmeyer, H. H. et al : U. SP 2429,964(1947)
- 30) Heyns, K. and Graefe, G. : Z. Lebensmittel-untersuch u Forsh. 89 255 (1949)
- 31) Reichenberg, H. F. : Chem. Eng. 56 No. 6 120 (1949)
- 32) Hightower, J. V. : Chem. Eng. 56 No 6 92, 144 (1949)
- 33) Schwarz, H. W. : Ind. Eng. Chem. 40 938, 2028 (1948)
- 34) Seipzard, E and Settlemyer, J. T. : Advance in Food Research Vol. II 399 (1949)

赤外線による塗料の乾燥

総合塗装文化研究所 大 島 重 義

(熊谷教授紹介)

(1) ま え が き

赤外線熱を塗料の焼付乾燥に応用する試みはアメリカに於ては既に十数年前から行はれたが、赤外線電球の発達と合成樹脂塗料の進歩とによりて第2次世界大戦中にその工業方面への普及が顯著となり、大戦後我国にも赤外線を応用する塗装工業が次第に増加して来た。終戦後我国の輸出雑貨の塗装が外国製品に比べて見劣りすると云う非難が多いために塗装方法の改良が重要な問題となり、赤外線による合成樹脂塗料焼付仕上げが金属製品的美装、防蝕に最も適當であることが廣く認識される様になつて赤外線電球の製造、赤外線乾燥炉の設計、之れに適合する塗料の製造等の諸問題も漸く解決して、本格的に塗装工業の新分野を形成するに至つた。

(2) 赤外線乾燥の特色

熱の移動は傳導、対流及び輻射によつて行はれる。傳導は固体内の熱橋で、対流は液体、気体内の分子の対流による傳播である。輻射は傳導媒体なしに熱の傳播が行はれるから媒体加熱のための熱の損失なく発熱物体から直接に加熱せんとする物体に熱の移動が行はれるので熱の合理的使用に適ふもので、赤外線熱の傳導は輻射によるから無駄のない熱の使い方である。

ニクロム線による電熱やガス、木炭等を熱源とする対流炉では先づ対流媒体である炉内の空気を熱して空気温度が所要温度例えば100度になつてから塗装物の焼付乾燥を行うから仕事開始までに相当の時間を要する、赤外線炉では電気のスイッチを入れれば直ちに所要の熱は輻

射線となつて被塗物を加熱するから仕事はすぐに始められる、終業時にもスイッチを切れば輻射は直ちに止むから熱の無駄は少しもなく有効に熱の利用が行はれる。

焼付時間の短縮も特長の一つに数えられる。対流炉に於て1時間加熱を必要とする塗料でも赤外線炉では15分乃至30分で充分である。赤外線炉では被塗物は輻射熱が塗膜に吸収されて鉄面に達し、赤外線を通過しない鉄面で反射して再び塗膜を通過して二重の効果を與えるから乾燥時間を短縮するものと考えられておる。此の外に被塗物である鉄材の温度上昇の速かなこと等も乾燥迅速の理由とされておる。理論は免も角乾燥時間の著しく早くなることは事實である。普通に使はれる対流炉では白及び淡色塗料よりも黒色塗料の方が一般に乾燥が遅いのであるが、赤外線炉では白は反射大であり、黒は吸収が多いから熱効果から云えば黒の方が良好であるから乾燥も白に比べて黒の方が早いのは當然である。

焼付乾燥炉の内容の各部分の温度を均等に保つことは対流炉では困難であるが赤外線炉では容易に出来る。特に被塗物をコンベヤーによりて移動する方式の赤外線炉ならば炉内の赤外線照度分布に多少の不均等があつても被塗物への影響を極少にすることが出来る。赤外線電球と被塗物との距離の大小による影響も熱の不均等の原因になるけれどもこれは炉の構造によりて避け得られるのである。炉内の被塗物の照度の均等が保たれやすいから焼付乾燥の操作が被塗物個々について及び被塗物の各部分に於て均等に行はれ、部分的に又は個々に焼き足りないとか焼過ぎとか云う不揃いの仕上りが少ないので、焼は操作に不良品の出来高を少くするのに役立つのである。

生産と技術

対流炉で炉底にニクロム線を装置した炉では下部は上部に比して著しく温度が高いと云うことになり勝ちである、之れを調節するために空気抜きをつけ、対流を充分にするために扇風機をつける等の方法も行われるけれども不十分である。

赤外線電球の品質が良く、操業管理が行国ぎ、炉の設計が適当であるならば炉の補修費はニクロム線使用の対流炉に比べて少い筈である、操業簡便で、清潔で、床面積の使用も少くてすむ、コンベヤーを使用して流れ作業で製作をする工場で其の一環として塗装工程を挿入することになれば到底対流炉では不適当であるが赤外線炉ならば乾燥が早く仕上ることと炉の構造上から流れ作業をするに最適当である、アメリカに於ても我門に於ても小形金属製品の大衆塗装品の仕上げに赤外線燥が使用されるのは此の利点のためである、操業時間の著しい短縮と労費の節約となり其の結果生産原価の切下げ品質向上不良品の減少となり生産合理化の役割を果たすことになる。

(3) 赤外線焼付に適する塗料

塗料を塗つて、うすい皮膜を形成すれば粘着性の残らない硬い物質に変化する、此れを塗料の乾燥と云う、乾燥の機構は塗料の種類によりて異なる、単に溶剤の蒸発によりて乾くもの、空気中の酸素によりて酸化されて別の不粘着性物質となるもの、縮合重合反応によりて硬質の物質に変化するもの、これ等共同作用によるもの、酸素の作用によるもの等がある、之れを塗料の種類で云えばラッカー、セラックワニス、ザボンエナメル等は単に溶剤の蒸発によりて乾燥皮膜を作るものである、油性塗料即ちペイント、ワニス等は主として乾性油の酸化によりて乾燥皮膜を作るものである、熱硬化性縮合樹脂を主成分とする塗料例えばメラミン樹脂塗料は熱により縮合して硬化し、熱が去りて後も元の物質に戻らないで其のまま乾燥皮膜を作るのである、合成樹脂時にフェノール樹脂と桐油とを主成分とする塗料は重合、酸化、蒸発等の共同作用によりて乾燥皮膜を作る、漆は酵素の作用で濕気の存在で乾燥する、赤外線によりて塗料の乾燥を促進する作用は縮合重合によりて硬化乾燥する合成樹脂塗料に最も有効であつて、之れに次いで単に溶剤の蒸発によりて乾燥する塗料にも適当する、酸化反応で乾くペイントやワニスの乾燥にも温度上昇による乾燥促進の効果はあるけれども著しくはない、漆の乾燥には温度が上りすぎて酵素の作用には却つて有害な場合もある。

合成樹脂は熱硬化性合成樹脂と、熱可塑性合成樹脂とに分類される、塗料に使用する熱硬化性合成樹脂の代表的ものはフェノール樹脂、フタル酸樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂である、此の中でフェノール樹脂塗料は

150度以上に加熱しなければ充分に硬化しないから赤外線乾燥には不適当である、尿素塗料は、之れにメラミン樹脂の適量を混合すれば120-130度にて硬化する所謂低温焼付塗料が出来て、赤外線による短時間低温焼付操業に最も適当である、フタル酸樹脂は合成樹脂の内でも密着性最優秀であるから、メラミン樹脂塗料や、ラッカーにフタル酸樹脂の適量を混合して密着性を補強することになつてゐる、フタル酸樹脂を多量に混和したラッカー即ちハイソリッドラッカーは60度-80度で乾燥硬化30分乃至1時間位であるから赤外線炉で乾燥するのに適当である。

ラッカーは常温でも粘着性のなくなる程度の乾燥は早い研くことの出来る程度に硬化乾燥させるために80度位の赤外線炉に入れることが屢ある、高沸点溶剤の蒸発促進を目的としたものである、此外の塗料即ちセラックワニス等は樹脂の軟化点が低いために炉に入れることはない、熱可塑性合成樹脂を主要原料とする塗料は赤外線炉で加熱しても、熱が去れば元の状態に戻るから加熱硬化の効果はない、ビニール樹脂系統の塗料が赤外線炉の乾燥に適当しないのは其のためである、漆は常温、多温で酵素の作用によつて乾燥するか、若くは160度以上の高温で焼付を行うか孰れかに依らなければならないので赤外線乾燥には不適当である。

上述した通りに現今赤外線炉を用いて加熱乾燥するのに適する塗料はラッカー、ハイソリッドラッカー、メラミン樹脂塗料であつて、以外にフタル酸樹脂を主成分とするジエチクロメートプライマー、車輛外部用フタル樹脂エナメル等は稍高温長時間を要するけれども赤外線乾燥に適当する。

(4) 赤外線乾燥炉の設計

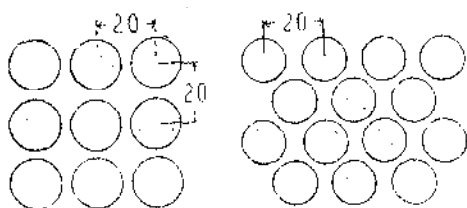
アメリカに於ては既に第二次世界大戦以前から工業的に乾燥促進のために赤外線利用を果敢して居るが其の装置を製作供給して居るのはFostoria Eueuray Process Oven, Jensen Dual heat Oven, Miskoilla Insulatea Infrared unit等の方式である、孰れも均等照射に独自の電球配置を工夫した装置である、戦時中に発達して戦後益々其の応用が廣まり各種の工業に使用されておるが塗料の乾燥促進のために使はれるのが最も多いのである、我門でも東芝電気、神戸工業其他赤外線電球製造工場で各々独自の炉を設計して重に工業品塗装の方面に供給して多大の成功を示してゐる、赤外線炉は赤外線電球を取付けるフレームとアルミニウム板を用いた反射鏡用の炉壁とから成立ち、電球は小型の炉で100個、大型の炉は1,000個以上を装備する。

赤外線電球は瓦斯入タングステン電球で、250ワット

375ワット、500ワット電球が我国で市販されておる、電球から輻射する赤外線は八方に放出されるから之れを一定の方向に輻射するために反射装置が入用である、此の手段として電球の硝子内面の一部分にアルミニウム鍍金したものと、別に反射笠を附設したものとがある、反射笠の内面はアルミニウム電解研磨してある、反射笠のついたものは値設が高いために、内面鍍金の電球が多く使はれるけれども、電球破損の取かえには反射笠付のものは電球だけ取かえればよい、電球代は内面鍍金電球に比して安価であるから電球取かえ費用は安いわけである。

赤外線炉の中に電球を配置するには炉内の各部分を均等に照射することを第一とせねばならない、電球と被塗物との距離と電球密度とが輻射照度の均等に關係をもつ電球から被塗物までの距離20釐以上になれば電球中心部に面する位置の照度と、電球の端に面する位置との照度が大体均等になる、電球からの輻射は笠又は内面反射鍍金によりて平行線となりて被塗物の方向に照射するけれども多少円錐形に拡がる傾向にあるから相隣れる電球からの赤外線は互に重なり合う様になるためである。

電球相互の中心距離は20~30釐に配置する、正方形と千鳥形とがある、千鳥形の方が密度が約13%大である。



正 方 形 千 鳥 形

高温度を必要とするときは千鳥形にして電球を接近して配列する、被塗物と電球尖端との距離は普通には電球相互の間隔に5釐を加えた程度にすればよい、被塗物を静止させて均等照射させるためには上記の配置が必要であるけれどもコンベヤーで被塗物を流れ作業とするならば電球の密度は進行の方向に対しては間隔を大にしてもよいが横(切断面の方向)に対しては均等配置を必要とする。

赤外線輻射は直線に進むから陰の部分は焼付が遅れるので電球の配置を被塗物の形に応じて設計しなければならない、電球取付の壁に傾斜をつけ、被塗物との距離をも考えて按配するのである。

合成樹脂塗料の種類により例えばメラミン樹脂塗料ではメラミン、尿素、フタル酸の3成分の割合によりて焼付所要温度に相違がある、メラミン樹脂の多い塗料は低温短時間でよく、フタル酸樹脂の多い塗料は高温長時間を要する、焼付塗装の工場に於てコンベヤー速度は其の

工場の流れ作業の生産能力に応じて定められるものであるから塗装焼付時間も之れに順応するように炉の長さ等を設計をして塗料も之れに適當するように配合を決定しなければならない、炉の設計を定め、炉内の被塗物通過時間を決定し、之れに適當する塗料を求める順序もあり、塗料の種類を先づ定め其の焼付温度と所要焼付時間とを実験によりて知り、之れに合致するように炉の設計をする方法もある、塗料の成分によりて所要温度まで被塗物温度を上昇させる時間、所要温度に達してから其の温度に保つておく時間を実験で定めて炉の電球の配置と電球の大きさ即ち250を何個、375を何個と云うように設計すべきである、大型の被塗物例えばバスの焼付を行う場合には予熱室を赤外線炉の設備してある室に隣接して作り赤外線炉で熱せられた空気(約50°C)を塗膜の溶剤蒸発器に利用し、然る後に赤外線炉に入れるとよい、炉の設計は電球を均等照射に適當するように配置すると共に境を固定せず衝立式としてバス車体の大小に応じ、塗色の種類例えば白又は淡色ならば壁を近づけるとか時間を長く焼付けるとか、塗料の焼付所要温度によりても衝立の位置をかえるようにすれば便利である、天井と肩の部分車体の前部、後部等孰れも移動式とし、炉内の空気吸引用排風機の廻転による振動が電球に傳はらないように留意しなければならない、之れは電球破損の原因となるからである。

赤外線炉はコンベヤーの流れ作業の一環として設置すれば出入は開放のままとなるのは已むを得ないけれどもバスの如き大型被塗物を静止のまま焼付するには密閉式として対流炉と同様に空気温度の上昇による焼付乾燥の促進効果をも利用する設計とすべきである、赤外線炉は輻射による加熱で被塗物が熱せられて其の熱の傳導により空気が熱せられて対流を起すので長時間炉を使用する際には対流炉と同様の効果をも利用することが出来る、赤外線炉の内壁はアルミニウム板で作る、赤外線の反射を助けるためである、アルミニウム板に穴をあけて電球を之れに挿入し、外部に別に設置したフレームに取付けてあるソケットに電球をねじ込むのである、電球のガラスと真鍮金具との接合部のセメントは高温度で軟化する恐れがあるから、此の部分は炉壁の外に位置し冷却する様に炉の構造を作る、アメリカの炉では特に冷空氣でソケット部分を冷却しておる設計もある。

塗装した物体を予熱室で50乃至60度で一定時間溶剤の蒸発を待つてから赤外線炉に入れても猶蒸気の発散は相當に続くから此の蒸気を排風機で吸引して除くことが必要である、天井に開孔して上から吸取るのが普通である、蒸気が炉内に停滞すると電球の硝子を曇らせるために赤外線の輻射の障害となる、炉内の空気を炉の上部か

ら吸引すれば対流を起して、炉の床面の埃を斉遊させる原因となるが、普通の対流炉のように甚しくはない。

赤外線炉は工場建物の内部に一区画を設けて建てられる場合が多い、此の場合に塗装室、予熱室、赤外線炉室を隣接して設備して塗装工場とし、工場の他の部分とは隔壁を設けて埃を防ぎ、且過剰の通風のために炉内の温度の下降しない様に設計することが望ましい、被塗物が小型の場合例えばミシン、自転車フレーム、扇風機部品等ならば、炉の外壁をアスベストの如き防熱材料で保温しておくことが出来るから、長い炉の出口と入口とが開放されてコンペヤーで移動焼付乾燥しても被塗物自体を冷却する心配は實際上殆んど起つて来ないけれども、バス車体の如き大型の被塗物の場合には最初に例えば 130 度を要求した炉の設計に対して、出来上つて使用して見ると 80 度以上に昇らないと云うことを屢聞くのである此れは炉の設計上何等かの欠陥があると考えなければならない、電球の間隔の大き過ぎること、照射距離の大き過ぎること等も原因とはなるけれども、見落されやすいのは通風過大のために起る被塗物の冷却と云うこと事実である、廣い工場の中に塗装室の隔壁を設けずに赤外線炉だけ作れば炉壁からの熱の放散もあり、炉が徹重に密閉されて居らないために外気が温度差の大なる炉内に入りて通風を過剰にして被塗物を冷すためである、炉を出るだけ密閉式にすることと、工場の中の一部を区劃して冷装室を設け其の中に炉を建設して冷空気の炉内に侵入するのを可及的少くするように注意することが肝要である、大型被塗物の焼付炉の設計をするに当りては成るべく高温度に保ら得るように、所要温度として指定された温度よりも更に高温度に上昇可能のように電球密度を設計しておいて、炉の側壁や天井を移動して被塗物との距離をかえて温度を上下すること、コントローラーを設備して電流のポルトを下げで温度を下げること等の手段で低温度とすることは可能であるから、最初の設計では高温度施設をしてコントローラーを附設することを忘れてはならない。

(5) 赤外線乾燥炉實施狀況

我国で赤外線乾燥炉を使用しているのは工業品塗装工場が最も多く、ミシン、扇風機、自転車フレーム、魔法瓶、冷蔵庫、洗濯機、計器、等の小型のものから乗用自動車、バスにも近来多く実施されておる、汽車、電車の車体外部の塗装にも赤外線の使用が始められるに至つた、金属製品の塗装を必要とするものは其の種類多く、従来漆塗仕上のものも低温焼付乾燥のエナメルに塗つて来て赤外線乾燥により生産の能率を高めておる。

赤外線炉使用に当りて電球破損の意外に多いことが屢問題となつておる、其の原因の大部分は電球の過熱のために硝子と真鍮金具との接着セメントの軟化である、之れは高温用接着剤の研究又はセメントを使はない精造の電球が出来れば結構であるが、接着部分の温度を成るべく低く保つ様に炉を設計すべきである、次に電球に振動を與えるのも破損の原因になるから電球設置の壁を屢々移動使用することは成るべく避けた方がよい、バスの乾燥炉で夕方まで操業し、スイッチを切つて終業し、其儘通風を特に行はず、翌朝始業時にスイッチを入れると電球の破損が起るのは炉内の夜間温度下降により零点に達し空気中の水分が電球に附着しておるまゝで朝になり点燈によりて急激に高温度となつて硝子の破損する場合もある、終業時に炉内の通風に注意すればよい。

塗料の焼付乾燥の適當なる温度を実験によりて定めるには小型の赤外線実験炉で電球數個点燈した場合と大型炉の實際操業とは異なる、薄鉄板と厚鉄材とは熱伝導の差異もある、通風のための温度下降、連続操業のための温度の上昇等幾多の複雑な条件が入つて来る外に塗料の成分と色との関係もあるから赤外線乾燥炉の計画に当りては電気専門家と塗料技術者と協力して、塗料の品種も限定した製品だけでなく同種の塗料に應用の出来るように炉の温度の調節を成るべく廣い範圍に可能であるように設計すべきである。

編集委員会

4 月委員会 20日午前10時より工学部応接室にて開催、熊谷委員長、新津、山口、青柳、吉永、井川、伊藤、橋、照井、大河原、本山各委員、協会側本多出席、発行遅延に対策を構ずることとし次号乾燥特集の記事変更の件、6号を雜件号とし内容をそれぞれ決定す。

5 月委員会 20日午前10時より工学部会議室に開催、照井副委員長、新津、井川、大河原、山口、伊藤、橋、青柳各委員、協会側本多出席し6号の記事一部変更

7号記事内容を決定し雑誌販売策を検討す。

6 月委員会 20日午前10時より工学部会議室に開く、熊谷委員長、新津、照井、大河原、原田、吉永、山口、七里、青柳、井川、橋各委員協会より本多出席、編集方針を再検討各委員より真摯な意見の開陳があり大衆的読者を対照とした“講義室、(仮題)の如き頁を設け統計学を最初に採り上げ現場教育の参考とする外、隨筆頁を復活、法経学部日崎教授に担当を願い経済記事を掲載しては如何との発言あり委員より接衝することとなつた