

漆高溫硬化塗裝

● 林美臣 ●

漆，乃割破漆樹皮層流出來的汁液，提供漆器製做的塗料，其乾燥方式有溫度15-25°C，相濕度75-85 % 蔭室中的常溫乾燥，及加熱處理的熱硬化二種方式。將漆料塗布在木、紙、金屬、皮革、陶瓷類的素材上，在濕度高的環境中，藉由漆料組成分中酵素（漆酶）發生作用而乾燥、硬化。但素材中的金屬類，由於附著性不佳的原因，自往昔即採用加熱處理的塗裝方式，加熱造成酵素失去活性，所以進行的不是酵素反應及自動氧化反應（Autoxidation），而是熱聚合的狄耳士-阿德反應（Diels-Alder reaction）而乾燥硬化。

日本文化財中的建築物及工藝品的裝飾金屬（如：門的把手、小五金零件），採用漆的高溫硬化塗裝方法，另在修復的復原作業中，除傳統技法加熱技術的應用，尚需經驗的認知，而傳統的工藝品中，岩手縣南部鐵器的表面即採用漆料加熱處理，這是大家所熟知的。

目前應用漆藝從事創作的人士漸增，除一般素材採用常溫乾燥的塗裝方法外，更有人將漆藝技法應用在陶瓷、金工、石材的創作上。處於這多媒體的社會，相信將會有不少的素材，陸續被開發出來及應用，以表現創作者的理念。有關漆料加熱硬化的漆膜性質，及加溫時間、溫度的控制問題如何？今將相關的資料整理出來，希能提供有興趣的人士從事創作時的參考，期望更多人的投入參與，再創漆藝的新氣象，締造出漆藝的現代特色。

【加熱硬化的塗膜性質】

漆料乃大自然恩賜的一種珍貴材料，其所形成的塗膜具獨特細膩的質感，光華內斂，耐久性非常優異，出土的漆器中不乏已有二千多年的作品，雖經長時間的土壓，而光彩不變，原形不改。

一般常溫乾燥的生漆塗膜光澤度低，透漆則光澤度高，硬化的塗膜具耐水、耐酸、耐揮發油溶劑的特色，耐鹼性較差，對軟鋼板試片的塗膜附著性則普遍不佳，生漆相較於透漆有較好的附著性，硬度值持續至一個月以上才達定值，詳見表1。

無論生漆、透漆的高溫加熱處理都能提高其塗膜的光澤度、附著性，且鉛筆硬度則從生漆的2B-3B、透漆的2B-H，提高至6H-7H，但台灣生漆的塗膜硬度只有6B，透漆為HB，此乃因台灣產的生漆及透漆，含橡膠質的成分較多的關係，高溫硬化後的塗膜硬度只達2H，附著性的棋盤目試驗達8-10級。

表1. 各種塗料的塗膜性質（膜厚38 μm ）

試驗項目 試驗基 塗料的種類	乾燥 條件	60度鏡面 光澤度	不粘著 性	耐水性		耐鹼性	耐酸性	耐衝擊性	耐揮發 油性	基盤目 試驗	鉛筆硬 度試驗	耐屈 曲性
		玻 璃 板	玻 璃 板	玻 璃 板 直後	2時 間後	玻 璃 板	玻 璃 板	軟 鋼 板	軟鋼板	軟鋼板	軟鋼板	鍍 錫 板
日 本 產 生 漆	常溫 乾燥	20	A	B	A	D	A	1/2" ×	A	4點	2B 1000g	2mm ϕ
	加熱 乾燥	90	A	A	A	E	A	" ○	A	10點	7H 1000g	6mm ϕ
日 本 產 透 漆	常溫 乾燥	88	A	A	A	A	A	" ×	A	0點	H 1000g	2mm ϕ
	加熱 乾燥	91	A	A	A	E	A	" ×	A	10點	6H 1000g	8mm ϕ
中 國 產 生 漆	常溫 乾燥	19	A	C	A	D	A	" ×	A	8點	3B 1000g	2mm ϕ
	加熱 乾燥	88	A	A	A	D	A	" ×	A	10點	6H 1000g	6mm ϕ
中 國 產 透 漆	常溫 乾燥	88	A	A	A	A	A	" ×	A	0點	2B 1000g	2mm ϕ
	加熱 乾燥	90	A	A	A	E	A	" ×	A	10點	6H 1000g	6mm ϕ
台 灣 產 生 漆	常溫 乾燥	26	A	D	A	C	A	" ×	A	4點	6B1000g 以下	2mm ϕ
	加熱 乾燥	75	A	A	A	E	A	" ×	A	8點	5H 1000g	3mm ϕ
台 灣 產 透 漆	常溫 乾燥	90	A	B	A	A	A	" ○	A	0點	HB 1000g	2mm ϕ
	加熱 乾燥	82	A	A	A	E	A	" ×	A	10點	5H 1000g	2mm ϕ
中國產上朱台漆	常溫 乾燥	94	A	A	A	B	A	" ○	A	2點	3B 1000g	2mm ϕ
	加熱 乾燥	94	A	A	A	B	A	" ×	A	10點	5H 1000g	2mm ϕ
聚胺基甲酸酯 樹脂塗料	常溫 乾燥	100	A	D	A	B	A	1/4" ○	A	10點	2H 1000g	2mm ϕ
環氧樹脂塗料	常溫 乾燥	100	A	A	A	A	B	" ○	A	0點	H 1000g	2mm ϕ
酸酸樹脂塗料	常溫 乾燥	100	A	E	E	E	E	1/2" ○	A	10點	F 1000g	2mm ϕ
腰果漆樹脂塗料	常溫 乾燥	98	A	E	A	C	A	" ×	A	6點	H 1000g	2mm ϕ
胺基醇酸 樹脂塗料	常溫 乾燥	100	A	E	B	E	E	" ×	A	0點	B 1000g	2mm ϕ
備 考											常溫乾燥 24小時後	常溫乾燥 24小時後

* 摘錄自漆化學入門と講座(7) 塗裝と塗料' 98.7(No.578)

【高溫處理的加工特性】

日本石川縣工業試驗場以中國城口生產的精製透漆為試料進行加熱試驗，依試驗所需將透漆塗布在玻璃板，已研磨處理的鋼片、鋁片試片上進行測試，塗布後設定溫度為150、160、170、180、190℃，乾燥時間30、60、90、120分鐘，交叉配合共20種的組合條件下，實驗結果得知：

1. 塗膜表面狀態：高溫的加熱處理，若溫度不適當會造成塗膜的白化現象，應稍加注意，而不發生白化現象的範圍，如圖1所示。

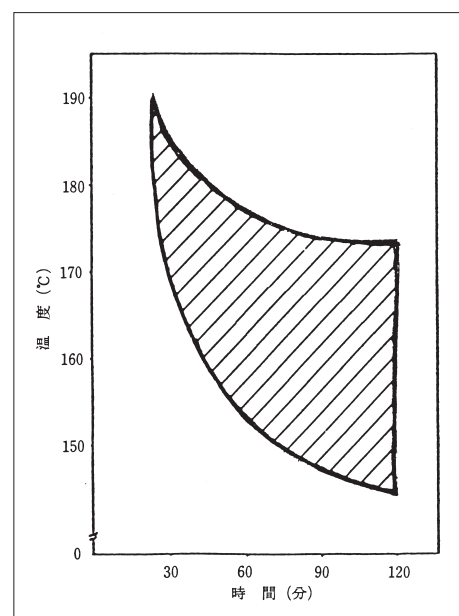


圖1 塗膜不發生白化的範圍

2.光澤度：加熱硬化的塗膜比常溫乾燥的漆膜，在不違背加熱硬化的條件，可得到光澤較優良的塗膜，無論加熱時間的長短，光澤度幾乎全部在100 % 以上，見表2。

表2. 促進耐光試驗的光澤殘存率

加 熱 條 件		光澤度 (%)	光澤殘存率(%)		
溫 度 (℃)	時 間 (min)		紫外線照射時間		
			20小時	40小時	80小時
常溫乾燥		15.1	84.1	80.8	60.9
150	60	103.1	90.3	87.7	70.3
	90	102.8	84.2	81.3	62.8
	120	104.0	86.2	82.5	58.5
160	60	106.7	80.8	79.0	51.3
	90	106.8	83.4	79.6	61.3
	120	107.1	83.6	81.2	59.5
170	30	101.5	75.6	73.8	55.9
	60	103.0	84.2	83.6	62.4
	90	109.0	84.7	80.9	61.9
	120	109.3	84.4	81.0	57.5
180	30	107.0	82.3	78.6	57.6
	60	100.6	86.8	86.7	62.5
	90	99.6	84.6	81.0	59.6
	120	105.1	85.7	84.6	58.8
190	30	106.7	80.5	78.4	60.4
	60	98.7	86.7	85.4	62.6
	90	103.7	86.1	84.8	58.6
	120	109.9	82.5	79.8	50.0

3.全透過率及不透明度：二者的結果相反，全透過率在低溫，不透明度在高溫的加熱情況，可得到良好的塗膜。

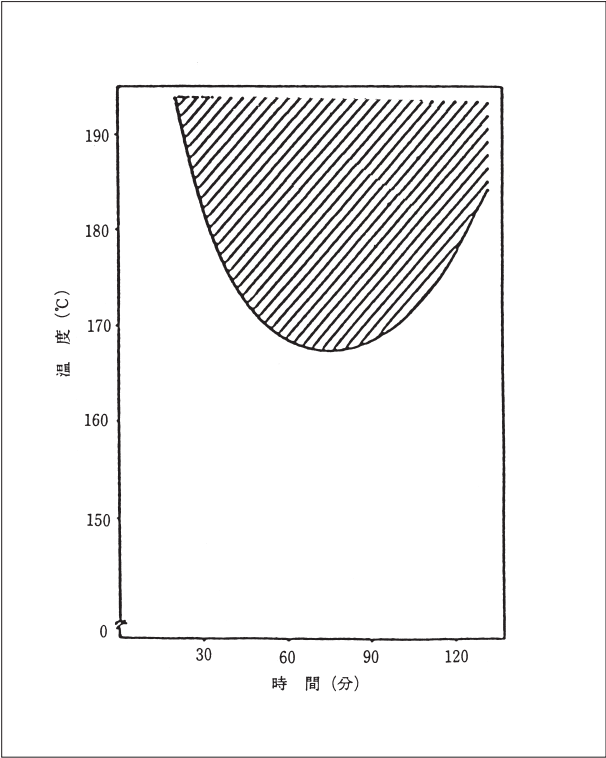


圖3 良好不透明度的範圍

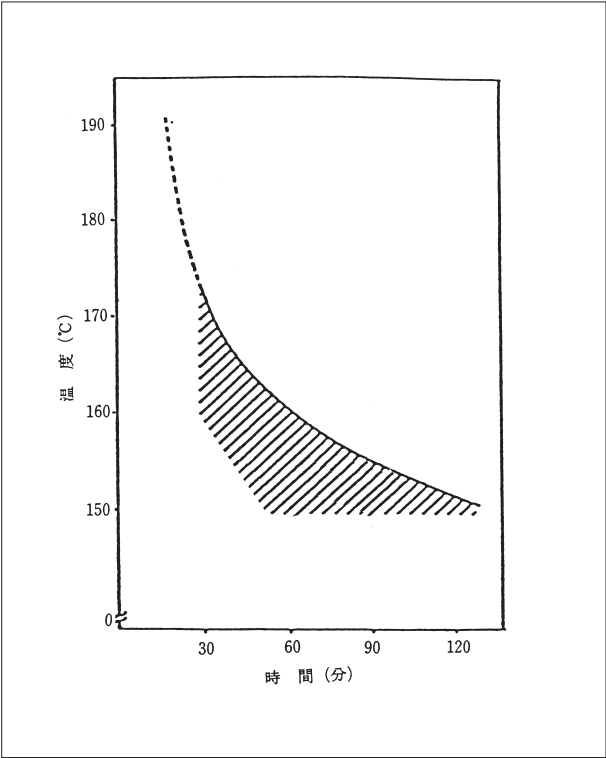


圖2 良好全透過率的範圍

4.硬度：實用上不發生擦傷的塗膜鉛筆硬度，必須在2H以上，加熱可提高塗膜硬度，常溫乾燥塗膜的鉛筆硬度只有5B，但加熱120分鐘，溫度為150℃、160℃者的塗膜可達2H的硬度，溫度170℃、180℃、190℃者達3H的硬度，見圖4。

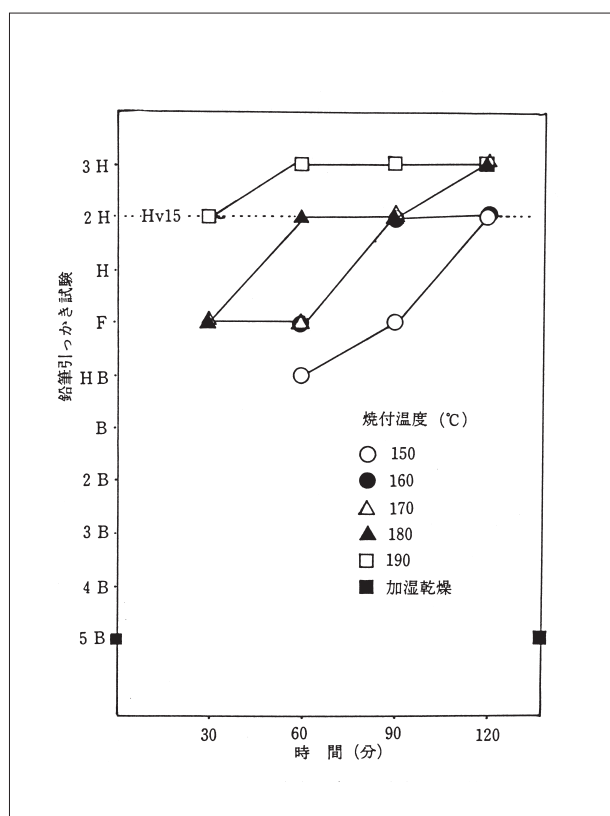


圖4 乾燥條件與鉛筆硬度的關係

5.促進耐光性的光澤殘存率：經過20、40、80小時的紫外線照射，以溫度160-180℃、時間60-90分鐘高溫硬化的塗膜耐光性較好，見表2。

6.發色性：無油透漆相較於有油透漆的塗膜，加熱後塗膜呈暗濁色。有油透漆因混入乾性油，使透明性良好，發色鮮明。

綜合言之，使用無油透漆最佳塗膜形成的條件，為溫度160-170℃，時間60-90分鐘的範圍。至於色漆的發色方面，急劇的加熱會形成暗褐色，發色效果不好，最好是先在常溫預備乾燥（溫度20℃、濕度80%放置48小時），然後再加熱處理，彩漆鮮明，而有油透漆較無油透漆，發色性良好。

【金屬的高溫加熱處理】

為提高對金屬的附著性採用的加熱處理，需將漆料薄薄的塗裝在素材上，加熱時必須採用適當的溫度，而加熱的方法，有炭火的加熱及加熱爐昇溫二種方式。。

日本東京都立產業技術研究所探討日本傳統技法中盔甲的金屬、建築物的裝飾小五金、及文化財復原工作等三種行業的製作過程，由其加熱的方法得知，實際作業中測得的加熱溫度，各業者都超越200℃，並有達到300℃的情況。至今有關漆加熱的記述中，加熱溫度超越200℃的記載幾乎無的情況，加熱最適溫度的設定，乃是吾人急欲明瞭知道的。

該所考察的結果，有下列情形：

- 1.加熱的素材中鐵佔大半。
- 2.塗裝的方法有刷塗及擦漆方式。
- 3.加熱的溫度在240℃以上（大多240-245℃）。
- 4.加熱的時間約3-13分鐘的短時間範圍。
- 5.漆膜厚度10 μm左右。
- 6.附著性以棋盤目試驗結果大部分良好，實用上沒問題，附著強度30-40kgf/cm²。
- 7.漆膜硬度5H-8H。

8.加熱處理，各漆膜的顏色同樣黑化，比較其光澤度，刷塗比擦漆具有加熱溫度較低、光澤度較高的傾向。

金屬利用漆加熱塗裝方式，著色乃其塗裝的第一目的，所以上塗塗膜的外觀乃塗裝良否的判斷依據。鐵材以生漆擦拭上塗時，漆酚與鐵反應形成黑色漆酚鐵鹽，擦拭數次顏色很容易變黑。但是，銅、黃銅與漆酚的反應慢，一次的擦拭，不易達到希望的褐色，欲達到黑色化上塗，需擦拭多次，使塗膜有必要的厚度，所以鐵、銅、黃銅的外觀，同樣上塗處理有膜厚的差異存在。

加熱時溫度高，塗膜硬度上昇的速度很快，其間的差異非常的顯著，溫度120℃到達最高硬度需240分鐘，但270℃只需10分鐘即達成，見圖5。生漆塗裝在270℃、透漆在較低溫的120℃，即可得最大的附著強度，見圖6，一般而言加熱處理塗膜的附著效果好。至於塗膜外觀上，生漆硬化變成黑色，而透漆則為透明的褐色，並無大的變色發生。

還有為提高耐久性，應增加塗膜厚度，擦漆上塗較容易因技巧不同發生作業的不適宜情形，由此觀點採用刷塗的方法，塗裝效率良好，在塗裝條件的考量檢討也較易進行。

【加熱處理作業工程】

1. 盔甲的金屬零件－刷塗法：陶爐上面置鐵絲網的炭火加熱方式。

1). 金屬以120-200號的砂紙研磨後，以酒精脫脂。（金屬曝露於屋外，需特別做防鏽處理）。

2). 使用漆刷將生漆塗於金屬上。

3). 塗裝終了，金屬物置於網上進行3-4分鐘加熱（加熱終點，以不再冒煙來判斷之）。

2. 建築物的裝飾小五金－擦漆法：圓型的鐵爐上面置鐵絲網的炭火加熱方式，最高溫度240-245℃，加熱7-13分鐘。

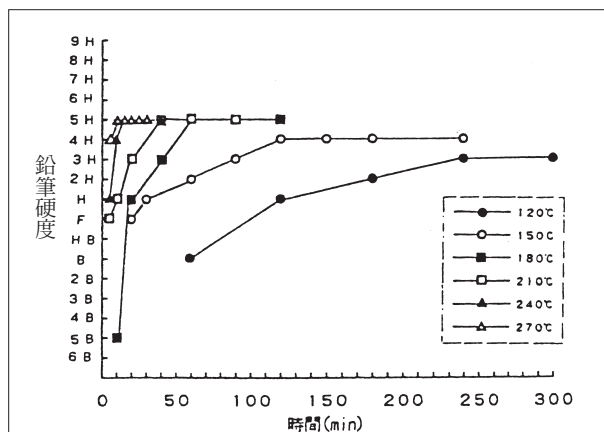


圖5 生漆加熱溫度、時間相關的硬度變化

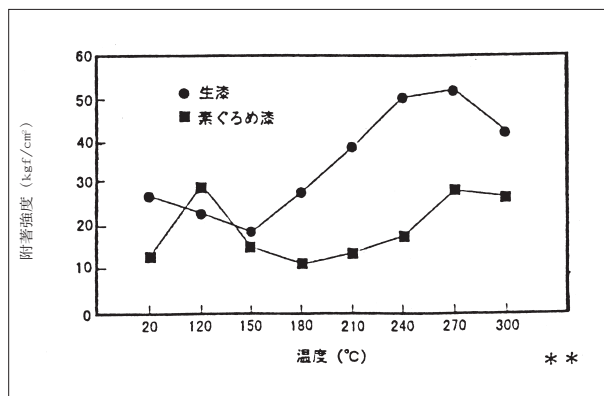


圖6 漆料種類、加熱溫度相關的附著強度

- 1). 金屬置於網上加熱。
 - 2). 在溫度100-120℃時，以絲棉沾生漆在金屬表面擦拭，使生漆在金屬表面形成薄薄皮膜。
 - 3). 進行1分鐘的加熱，如此擦漆、加熱的步驟，重覆20次以上，最後可得充分的著色效果。
3. 建築物的裝飾小五金－刷塗法：鐵板製的箱型火爐，以炭火加熱，先在爐上置鐵板，再放鐵網加熱，然後鐵板取下，只留鐵網在爐上的加熱方式，最高溫度240-245℃，加熱約20分鐘。
- 1). 金屬置於網上加熱。
 - 2). 在溫度160-170℃，使用腰果漆將生漆刷塗在金屬上。

- 3).塗裝終了，將金屬置於網上進行20分鐘的加熱。
- 4.建築物的裝飾小五金－擦漆法：同上，最高溫度320℃，加熱約10分鐘。
 - 1).將金屬置於網上加熱。
 - 2).溫度160-170℃時，沾生漆擦拭，讓其在金屬表面形成薄皮膜。
 - 3).進行2-3分鐘的加熱，如此擦漆、加熱步驟重覆4-5次才結束。

【結語】

筆者曾在81年時以溫度180℃、加熱30分鐘的熱處理試驗得知，加熱處理確有改善漆膜的附著性、耐熱性。有關塗膜強度方面，高溫使生漆塗膜變脆，強度並無增加，對日本透漆則增加塗膜的強度及硬度，中國產透漆則只會促使使其變硬脆。

再由熱分析知，生漆在300℃、透漆在250℃開始明顯減重，所以加工過程的高溫處理，建議溫度不宜超過前述範圍，以免造成塗膜分解裂化。

參考文獻

- 1.木下 稔夫・上野 博志・中里 壽克・宮田 聖子：傳統的燒付漆技法的研究-漆の焼き付け（高溫硬化）に關する研究，保存科學，No.37，1998
- 2.木下 稔夫・中里 壽克：漆の焼付け塗裝について--傳統的技法の調査と解析，塗裝工學，Vol.33 No.7，1998
- 3.石橋 芳雄・桑村 忠男・笠森 正人・高野 千之：漆の焼付技術に關する研究，石川縣工業試驗場研究報告No.37，1989
- 4.翁徐得・林美臣：省產與日產漆膜構造與性能之研究，本所研究報告，1992

（本文作者係本所技術組助理研究員）
