

科學圖書大庫  
金屬的表面處理與加工

譯者 劉俊傑

徐氏基金會出版

# 譯 序

時下工商業不斷飛躍地進步，人們的生活水準及對物品要求的標準亦不斷地提高。物品除了實用外，外型的柔美在暢銷的比例中佔了很重的分量，因此各行業除了不斷研究發展新的產品之外，對原產品的外觀及新產品的美化不遺餘力投入了更多的心血與資本。

本書名為“金屬的表面處理與加工 (Surface Preparation and finishes for Metals)”，書中引用的技術在國內目前各行業中仍算新穎，鑑於國內各行業對這方面的技術仍較欠缺或不完整，徐氏基金會乃引進本書，旨在提供國內工商業作為參考，譯者在閱讀此書時，深感受益匪淺，故在公餘之暇，將其譯出以饗讀者，唯才識淺薄，尚有許多遺誤尚乞諸位先進及專家指正。

劉俊傑

# 原 序

本書之準備工作，係由工程師製作學會 ( Society of Manufacturing Engineers ，簡稱SME ) 與美國電鍍師學會 ( American Electroplater's Society ，簡稱AES ) 共同努力完成。由於書中之內容為作者們精選，及各章內學術性的探討，使讀者將易於瞭解書內一般之特性。

本書作者群為美國電鍍師學會論著委員會 ( Books and Symposia Committee of the American Electroplater's Society ) 推薦遴選產生，該學會會員遍佈電鍍業與金屬加工業，包括裝甲兵，推銷員，監督，零售商及實驗科學家等。學會之宗旨主要在作育英才，論著委員會正是學會的一個教育機構。電鍍學有一特性，它會使人們在接觸之後立即喜好，而聯想到其它金屬的加工方法。因此，進一步熟悉了那些金屬加工業的專家，此一特性即成為美國電鍍師學會的號召力，因而定下了出刊本書的準備工作，使這些被遴選出來的專家拓展了金屬加工方法的廣大領域。

各章內學術性的探討係由AES的論著委員會及SME的學術書刊委員會所編輯，其中22個專家處理了為數70項研討的35份原稿。這些不肯透露大名的專家對本書做了極有價值的貢獻，編者在此感佩萬分，其中尤值得一提的是任職於華盛頓國際標準局的員工，奧古本先生 ( Mr. Fielding Ogborn of the National Bureau of Standards in Washington ) ，他在協調AES及SME工作上儘了最大的努力，編者更是銘謝肺腑。

編者 詹姆士·愛·莫非  
( James A. Morphy )

# 簡 介

生活必需品與工業產品的水準近年來已有很大的改良。由於客戶對產品可靠性之增強，耐用性之增加，及更佳外觀製作的要求，業已促使製造業者對工程師評價及對產品可靠程度有了更深一層的瞭解與體認。在滿足這些新的要求下，大部份的責任就落在產品表面處理與加工的製造過程上。產品的設計及製造工程師逐漸領悟獲得高品質產品及低製作費用的原則在於產品外觀的加工，因而促使他們莫不汲汲努力探尋那些使他們瞭解這些製造過程的原理與運用等的更進一步的資料。今日，這些資料中的大部份促成從某些期刊物的各種論文與大學畢業論文及研究會資料中獲得，而這方面的教材及參考書亦僅提供了像電鍍及有機塗層等有限的特殊方法。因此，一本包含各類產品表面加工的參考書籍至為重要。藉此，能使產品的設計與製造工程師可在最經濟的原則下採用最適宜的加工方法。

## 目的與範疇 ( Purpose and Scope )

本書之設計特別用來提供製造工程師在產品設計，說明，材料選擇，及工廠佈置上所屬的知識；也提供工具工程師在需要特殊工具時所需的知識；更提供產品設計工程師他們所必須知道在實際製造產品的過程中需參考金屬表面處理與加工方面的知識。但是，本書並不意味提供給設計製造過程裝備的化學工程師所需科學與技術上的處理方法。

本書各章均有充分的理論背景以解釋各種技術，敘述技術範圍，討論優缺點，列出參考例證，並提供有關的參考書籍。這些參考書籍主要供作此方面知識的補充讀物，本書已將這些參考書籍內有關內容摘錄，但却並不意味本書所有內容均從這些參考書籍中抄錄。書中每一章均自

成一格，有時讀者或許會發現兩章中有重覆的地方，但是，無論如何，編者認為在說明一項產品的製作上，為使其維持連貫，遠較為避免重覆而刪減來的更為重要。

金屬加工方面的各解技術（包括清潔，調製，與塗層）本書均已涵蓋。在清潔過程中，包括許多種合理的化學處理方法（如浸漬，噴灑，高週波，電解等），除此之外還有溶劑，酸浸，鹽池，滾動及震動作用，壓噴，動力刷等。在調製過程中，包括了電鍍與化學拋光等的非機械金屬除污過程。在塗層過程中，包括了電鍍之討論，無電電鍍，有機塗層，搪瓷，蒸汽沉積，熱浸，噴附，陽極氧化及轉換加工等。

其它重要的設備，如水源與廢棄物的處理，本書亦予討論，電力與瓦斯動力需求與其它裝置，如熱，蒸汽，及壓縮空氣等，僅在加工過程所需時提到。由於工廠佈置及裝備選擇難以見其完成，一般而言，這些設備僅由裝備工程師來安裝，因此本書並未說明。化學物，製造過程解析，以及材料，最好由化學工程師及化學廠商來商榷故此本書亦不提及。

本書除了敘述目前常用的表面處理及加工方法外，同時亦敘述了某些易於發生改變型式的加工方法，很可能在未來的發展之下，數年之後，表面處理與加工將可能被劃分為數種不同的範圍。

首先，我們可預期表面處理與加工的裝備將愈來愈複雜，愈來愈昂貴，並可確定，它將在許多工廠的資本投資全盤計畫上佔有很大的比例。由於品管與工資愈來愈貴，因此自動與半自動裝備的使用。將可減少人工上的失誤並降低工時的需求。因此，這條路線愈來愈為工廠老闆所期望，這些裝備將可用電腦來操作。

其次，由於連續不斷的製造過程將變成整體化，因此可預期在以前兩部門間傳統的界線將因之含混不明，零件與材料的傳送將是這項改變的主要因素。同時由於產品價錢的提高能為客戶所接受，所以材料經營與運送二選一的傳統利弊就變的更明顯。廣泛地使用電腦將實際決定了產品的合理價格。在此，我們可再一次預期系統中的自動操作材料與零件在投資資本上將佔更大部份，像已經使用的單軌輸送系統及自動浸漬設備，利潤之收回當可預見。

第三，我們現在可以看到，安全危害及廢棄物處理的問題其重要性

正日益增加。由許多工業及製造廠所具有的安全與愉快的工作環境來看，現在仍保留危險及令人不舒服的工作環境的工廠便將不會再召募到工人。在現代化設備的今日，沒有理由再讓人們在高溫及有害的氣體傷害之下工作。廢棄物的污染及處理正漸漸為地方，州政府官員及聯邦政府所關切。由於公眾對空氣污染問題的瞭解，新近設立的工廠之初就應將廢棄物處理的問題予以考量。那些在此方面尚未改善的工廠，也在日益增強的壓力下，即將裝設廢棄物收回或處理設備。

金屬及其它材料的選擇，以及表面處理與加工的重要性，在擬訂製造計畫，完成最後產品上必是十分重要的。最後生產出來的產品，必需考量是否具有耐蝕，磨擦，磨蝕，疲乏，易脆，觸擊，導電，硬度，反射，吸收，能否裝飾外觀等特性。同時必須知曉何種材料能達到產品最後所需的目的？如何生產？以及產品受限（裝備，化學物，時間，成本）為何？亦是很重要的。如此，將可使工程師得到一個在自己工廠全部生產成品，或是分授其它工廠去生產部份組件的結論。

為了迎合現代的要求，必須對產品加工的表面具有深刻的瞭解。想要在成品競爭激烈的今日生存，製造工程師就必須對發生在產品加工業內不斷地變化具有深度的瞭解，同時更應具有去適應這些變化的應變能力。若要達到在可接受以水準降低產品的成本，則必須不斷在親身試驗新的產品製造方法。廉價產品的競爭，多半靠產品使用的效能而定，有效地使用製造技術方是可行之道。本書之目的即在提供參考資料，以詳盡的內容來說明此種技術。因此，在熟讀本書之後，對此方面的知識當可獲得一個概念。

本書由製造工程師學會（SME）與美國電鍍師學會（AES）共同創作，其用意在滿足製造工程師所需得到金屬加工知識的需要。因此，它為那些知道許多單項製造過程的專家們與那些僅需要知道製造過程的專家們之間構築了一道橋樑。

## 附 錄

為了協助那些僅具有金屬加工有限知識的讀者們，本書主要的名詞定義如下：

## 表面處理 ( Surface Preparation )

使用滾動清潔或擦光，去污，酸浸，及蒸汽除脂等方法來調製成清潔金屬表面。

## 加工 ( finishes )

用於金屬表面上之塗層或非塗層的最後處理方法，它不同於金屬內層的處理方法。例如：

1. 金屬與 / 或非金屬的裝飾性及永久塗層 ( 如電鍍，油漆，搪瓷，熱浸塗層等 )。
2. 防熱塗層 ( 如可剝塗層，防銹層等 )。
3. 金屬表面的附加物，用來防止金屬磨耗或作為其它機械功能 ( 如加焊硬面法 )。

# 目 錄

譯 序

原 序

簡 介

## 第一章 時尚與加工

汽車工業·····	1
家電用品·····	8

## 第二章 表面處理過程

處理過程的選擇·····	10
化學清潔法·····	18
溶劑清潔法·····	33
酸浸法·····	44
鹽池清潔法·····	53
輥桶與震動加工·····	61
乾噴清潔法·····	86
濕噴吹法·····	96
動力驅動刷·····	111
拋光與擦光·····	123
電拋光·····	135



### 第三章 加工過程的選擇

功能考量	146
品質方面	158
尺度與形狀因素	161
機械性質的加工效益	164
價錢考量	165

### 第四章 電鍍、無電電鍍與陽極氧化

電鍍	168
無電鍍及浸漬電鍍	197
鋁的陽極氧化	220

### 第五章 有機塗層

塗層層之構成	238
油與樹脂油媒液	239
樹脂媒液	241
水薄塗層媒液	253
顏料與延展劑	255
溶劑或稀釋劑	259
油漆附加劑	261
加工系統的組成部份	262
塗用方法	264
烘焙與調理	272
測試方法	274
有機加工系統之選擇	275

### 第六章 其它塗層過程

瓷光漆	278
耐高溫的陶瓷塗層	290

✓汽化沈積塗層與護面金屬	305
✓真空金屬化法	307
爆濺式塗層	314
✓化學蒸汽沈積法	314
✓擴散塗層	319
✓護面金屬	324
✓熱傾金屬塗層	326
✓噴附金屬塗層	351
硬面加焊法	358
✓磷酸鹽轉換塗層	380
✓鉻酸鹽轉換塗層	385
防銹油	387
鋁的化學加工	389
機械電鍍	396

## 第七章 裝備配置與材料管理

自動電鍍設備	402
材料管理	413

## 第八章 給水、沖洗與乾燥

給水處理	421
清    洗	424
乾    燥	428

## 第九章 廢水處理

排放限制	430
資料蒐集	430
電鍍廢棄物的處理方法	438
電鍍廢品密閉週期法	446

## 第十章 健康危害

毒 物	448
危險作業	451
皮膚炎	459
材料之貯存與管理	460
急 救	461

# 第一章 時尚與加工

近年來科學迅速發展正遭到附屬工業的挑戰難臻齊頭並進之效。在金屬加工方面，它的挑戰在如何提供產品表面加工的廣大領域。這些加工產品具有愈來愈吸引人的趨勢，而且可以持久，同時加工的方法亦有許多種，及不同的變化。因此，使得工業設計者在決定如何加工其產品時難以選擇。這個問題在汽車業及家電用品上可發現某些顯著的例證。

## 汽車工業 (AUTOMOTIVE INDUSTRY)

美國汽車在廣泛使用鉻飾上早已顯現其特色。雖然，這個時尚在1960年代便已式微。外國出產的汽車，一直未使用鉻飾，但目前亦已開始展示其逐漸增加的加工產品，例如，保險桿，最初製造的很小，現在逐次加大，加強，更加顯示其應有的功能，“標緻 ( Peugeot ) ”牌汽車主要以不銹鋼飾為其特色，包括保險桿在內。固然，由於經濟因素，或可防止此種特殊裝飾汽車的方法傳至美國，但是目前美國汽車業已有個趨向，即使用鉻飾的地方愈來愈多，同時，不銹鋼和鋁材也開始在車上許多地方來用作裝飾，今日，最時尚的汽車，在加工上更顯見其異乎尋常。

例如，我們在考慮汽車裝飾方面將發現有許多地方值得修飾，這些地方，不僅目前為大家關切，而且亦為未來大家的構想。時尚工廠為了迎合此種需要常未雨綢繆。舉個例子來說，讓我們推測1973年份的汽車（譯者註：本書為1972年版），便可找出其論點。離目前最近的節期，應可說是1972年九月，若純粹以機械論點來說，生產該年份汽車的最遲器材資料必須在1972年元月被採用。因為器材設計必需在產品設計展示前完成，故它構思的起點還需向前追溯至1971年秋季。這個

意思即是指當1973年份的汽車在展示時，設計工廠已在作1974年份汽車的最後修飾工作，並開始構思1975年份的汽車。由時尚所趨向的某些汽車裝飾處，可在後面的敘述中看出。

### 輪盤飾物 ( Wheel Ornamentation )

汽車設計工廠負有汽車外觀，以展現其曲線，型式及具有車輪裝飾的各種大小車身之責。首先工廠的造型設計家在現在車身的輪盤設計上產生了許多的構想，然後由製圖者將此構想繪出，使這些雛型製成產品而考量裝置在各種不同尺寸的車身上，它們包括了新製及改裝的汽車。雖然，此處並非專指設計出來的構想究竟能被製成多少，而重點在設計家是否從輪盤加工成輪盤組合加工上來設計汽車。輪盤與標準軸蓋相反，通常由組合加工的不銹鋼製成（見圖1-1）。由於其用301號不銹鋼製成故為典型的鍍鉻成品。它具有黃色的外觀，因此在使用上更能引人注目。此種輪盤常被製成一種組合加工品——一種經過噴漆，擦光，或配以金光閃爍的鍍鉻加工品。鍍鋅壓鑄飾環與包覆飾品亦製成多種式樣以作為型式上的區別。鋁製或塑膠製的嵌入物常置於輪盤中心以提供相同的效果。從時尚的標準與客戶所能接納的眼光來看，此種輪盤裝飾在

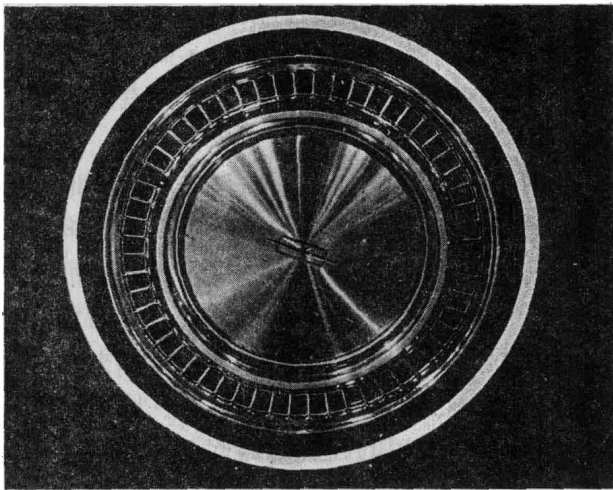


圖1-1 輪盤—電鍍壓鑄及不銹鋼零件的組合品。

可見的未來將成爲汽車包裝上的一部份。

由汽車曲線及鱗扇式理論潛在可行的時尚觀點來看，使汽車在車窗四週及覆蓋在玻璃與車身開啓之間看不到的接頭部份使用閃亮的裝飾。不久之前，通用汽車公司在汽車後窗的飾帶上施以鍍鉻，以抵擋風雨侵蝕。因此在汽車擋風板的邊緣及在後窗上裝上飾帶，以加強玻璃的耐久性並改良其外觀是可行的。若玻璃裡面不加上某些飾條則車身加工的價錢將更提高亦是顯然易見的。

鍍鉻飾條用在車窗處產生了材料的競爭，首先，有非電鍍的不銹鋼材料，它常用於擋風板及側窗上的裝飾，再就是鋁材，近來，在這些地方它是最強的競爭者。經過噴漆後的冷軋鋼條 ( Cold-rolled steel moldings ) 也正採用中。由於車窗開啓之防塵門瓣處與組合侵蝕問題，故冷軋鋼條常加以鍍鋅並塗以底漆。

## 車門把手 ( Door Handles )

車門把手的重點在於是否容易把持，故常不爲電鍍者列入討論的對象。一般來說，不管內把手或外把手，車門把手均是時尚問題。車門把手是汽車操作機械裝置上必須的一部份，但如何在它們必能達成所具備功能之處安裝而不會破壞外形線條或內門窗板？顯然此一問題僅有唯一的一個答案，而在時尚家與工程師之間將造成一連串的調查與價值分析。

由下面所述之一個或更多的理由，電鍍把手將繼續被採用：

1. 電鍍金屬顯示出一種吸引人的外觀。
2. 電鍍金屬雖然在持續不斷地握持之後仍能保持其潔亮之外觀。
3. 內於強度及機械上的理由，必須採用金屬品。
4. 爲外觀的理由、形狀、輪廓等，在鑄鋅常被選擇最後採用，而且它易於鍍鉻。
5. 經濟上的理由，使在鑄鋅者得到所需外觀及強度上是唯一能被採用者。

內外把手受制於特殊時尚及新的觀念，因此設計工廠及製造者對此趨向必將提出改良。

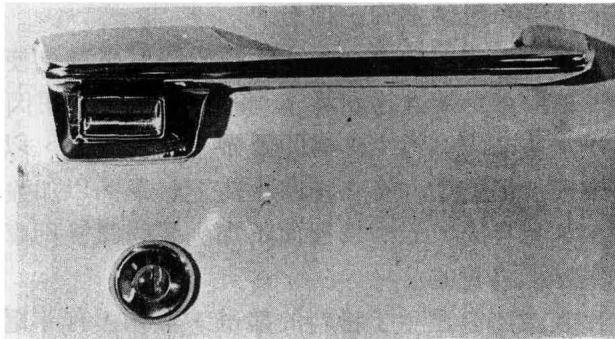


圖 1-2 典型的壓鑄把手。

## 乙烯基車頂飾帶 (Moldings for Vinyl-covered Roofs)

最近幾年，乙烯基車頂已成為新車上最普遍的選擇。每一車頂均有一組特別的飾帶，它們成為每輛車身與車型之區別（雙門，四門，與單人車等）。這些系統中最佳的部份使用閃亮飾帶，它們通常為壓鑄以吻合困難的車身鑄板之變異。基於展示及售價的原因，這些飾帶常全部或部份予以噴漆並製成紋理以配合乙烯基原材。此種處理方式似將延續並可能伸展至車上的其它部份。例如，1973年份的汽車在引擎蓋上噴成暗黑色。為何不在此處使用乙烯基來配合車頭？但無論如何，車頂邊緣為了加工的理由一定需要飾帶。此處還有另一可能性存在，即車身的鑄板將可由薄的乙烯基板與鋼板組合製成。

閃亮飾帶的最初位置顯示在最早的型式設計上，這些飾帶在車台上製成模型以決定車身曲線與形狀之凸凹部份及鑄造上的最佳搭配。由於每部車身的線條在區別車身外表上均賦予一個外形編號，因此，對可能的交換使用可作為複查。

在時尚與電鍍上有三個相關事項應予考量：(1)組合飾帶，在飾帶上將電鍍與塑膠材料放在一起。(2)鍍鉻塑膠。(3)需要減少表面光澤或提供駕駛安全的飾帶。

## 塑膠與閃亮飾帶 (Plastic and Bright Moldings)

有些像“保險桿”式的飾帶係安裝在車身兩邊的中間，由不銹鋼條附上塑膠條所製成（見圖 1 - 3）。也有的在強化飾帶上使用塑膠帶作為光條。塑膠條與塑膠帶二者均含有調和的色彩，這些飾帶在民間極為流行。設計家們在一段長時間內一直設法努力去提供一種強調塑膠帶的飾帶以配合車身以顏色，然而都未成功。所以直到最近還是以噴漆來作為達到此目的的唯一方法。汽車代理商經常買些原車，最初並不加裝這種帶式的飾帶，而選用保險桿式的飾帶，因為這種飾帶將汽車修理工作減至僅為擦傷或撞傷油漆的最小處理。

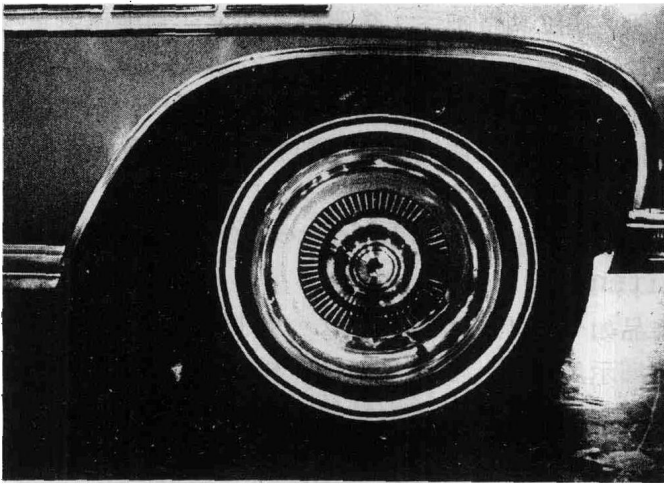


圖 1 - 3 變成時尚所需型式的保險桿式的塑膠與不銹鋼飾帶。

保險桿式的飾帶在未來的時尚上似乎更有潛力，但某些地方仍值得讓人注意。雖然使用塑膠條或塑膠帶可以很容易地解決曲線部份的問題，但是凹陷及壓鑄部份仍然保留了有待解決的問題。一般來說，保險桿式的塑膠飾帶可用壓擠製成，以製成所需之各種不規則形狀的飾帶。然而，以同樣的方法製成壓鑄式的帶狀飾帶將產生問題，且在製造與作業上所費的金錢通常更昂貴。

**鍍鉻塑膠 ( Chromiom-plated Plastic )**



本節之討論包括兩方面及其在電鍍上的影響。首先，汽車上某些部份早經電鍍過，它們呈現的情況就如同噴過漆的塑膠品一樣，此種發展最為電鍍家所關切。舉一個重要的例子來說，讓我們來看看汽車前端的欄柵，在此地方使用金屬業已與注射塑製及噴漆塑膠展開競爭，此種競爭明顯地存在。通常噴漆塑膠由一種閃亮的支架所包圍。許多汽車廠均考量使用塑膠欄柵而不考量經濟及技術上的問題，因為它改良了汽車的外觀。一般來說，時尚仍趨向在車身前端使用部份或全部的加工來處理。但是，無論如何，在此觀點情況常會改變。

接着再考量電鍍塑膠是否適宜用於汽車內部各種零件上，如儀錶板上的圖形凸鈕，座位調整把手，後座儲物箱或活動機械裝置。汽車內部有許多此種零件，藉著此種趨勢的引導，在加工需求的限制內將保持甚至增加零件加工的數量。在此不再詳述的唯一理由，正如車前欄柵一樣，此項技術仍停留在發展階段，等到塑膠帶與電鍍系統變為更標準化之後，經濟上的問題就可迎刃而解。

### 減光與駕駛安全物件 ( Glare-reduction and Safe-drive items )

減光飾品如今已十分為業者注意。車上某些地方已被大眾共同要求減去亮度來顯示反光面。它們為(1)雨水利桿，(2)擋風玻璃四週的內部飾條，(3)喇叭扣環，(4)後視鏡及內鏡架。

這些額外的需要產生了時尚問題，如怎樣加工方可為人們接受，以及如何調和這些加工品使之與整部汽車成適切的配合。同時，其它在駕駛者視界內未被指出之處亦由設計家安排施以暗淡的表面，而使駕駛感覺舒適。如引擎蓋後面的飾條，它橫向裝置在引擎蓋後緣雨水刮的正下方，正好在駕駛的視界內。此種飾條係以一種卷狀的不銹鋼條及由一種普通光飾條交織成的圖案鐵條所製成。當此種材料被裁成所需的尺寸製成後，圖案（暗淡）處正好在飾條的邊緣，也就是在駕駛的視界內。

加工者使用不同的加工色彩之技術，在一種銍彩上，圖案可在模子內被鑄成纖維狀以減少反射面。基本金屬可被熔成玻璃珠狀或其它適宜的形狀。圖案可在不銹鋼煉爐中壓出以完成亮度的減退。在電鍍部份中，可使用暗淡的鍍或在鍍銍前能熔成或刷成的鍍層。此方面的主要問題