

最新電鍍實務

高溪興 著

文笙書局 印行

版權所有
翻印必究

最新電鍍實務

中華民國 71 年 1 月初版

編譯者：高 溪 興

出版者：文笙書局

地 址：台北市重慶南路一段六十九號

電 話：3810359

郵政劃撥：100165 號

登記證：行政院新聞局版台字第 1263 號

發行人：黃 清 笙

住 址：台北市重慶南路一段六十九號

電 話：3810359

排版印刷：中美印刷公司

地 址：台北市天水路 32 號

定價：精裝^入250 元 平裝 200 元
[七]

目 錄

1 電鍍的基礎

1.1	電鍍是.....	1
1.2	各種電鍍的方法.....	2
	A. 電氣鍍 B. 化學鍍 C. 熔融鍍	
	D. 溶射鍍 E. 氣相鍍 F. 擴散滲鍍法	
	G. 其他之電鍍	
1.3	電鍍皮膜必要的條件.....	6
1.4	電鍍工程.....	8
1.5	電鍍的諸條件及其影響.....	10
	A. 電鍍液的組成 B. 電鍍條件 C. 電鍍層的構造及其性質	
	D. 氣泡的生成 E. 電鍍厚度的分布 F. 陽極	
1.6	電鍍的光澤及平滑化.....	17
	A. 光澤 . 平滑電鍍的意義 B. 光澤 . 平滑化的機構	
	C. 其他的光澤 . 平滑化相關事項	

2 電鍍工程

2.1	研磨.....	23
2.1.1	拋光研磨.....	24
2.1.2	回轉研磨.....	31
2.1.3	振動型研磨.....	33

4 最新電鍍實務

2.1.4 廻旋研磨.....	34
2.1.5 皮帶研磨.....	34
2.1.6 液體研磨.....	37
2.1.7 電解研磨.....	38
2.1.8 化學研磨.....	41
2.1.9 其他的特殊加工法.....	44
2.1.10 研磨的自動化.....	45
2.2 前處理.....	47
2.2.1 前處理的目的.....	47
2.2.2 污物的種類.....	48
2.2.3 脫脂.....	48
A. 溶劑脫脂 B. 乳化劑脫脂 C. 碱脫脂	
D. 電解洗淨 E. 超音波洗淨	
2.2.4 除銹.....	68
A. 酸洗 B. 鹽溶法 C. 其他	
2.2.5 活性化.....	71
2.2.6 水洗.....	72
2.2.7 不同的各種金屬材質的前處理方法.....	73
A. 低炭素鋼 B. 高炭素鋼 C. 鑄鐵	
D. 不銹鋼 E. 亞鉛鑄件 F. 鋁及鋁合金	
G. 銅及銅合金 H. 鉛及鉛合金 I. 鍍鎳	
J. 鋁 K. 鎂及鎂合金 L. 鈦 M. 鈹	
N. 鈮 O. 鈮 P. 鎢 Q. 鈮	
R. 鈷 S. 鍍鎳	
2.3 電鍍操作及缺陷對策	
2.3.1 鍍銅	

2.3.1 鍍銅.....	89
酸性硫酸銅浴及缺陷對策 氟硼化銅浴	
焦磷酸銅浴及缺陷對策 氰銅浴及缺陷對策	
胺銅浴 氨基磺銅浴	
2.3.2 鍍鎳.....	104
鍍鎳浴 二重鍍鎳浴 特殊鍍鎳浴 回轉鍍鎳浴	
黑鍍鎳浴 普通鍍鎳的缺陷對策 光澤鍍鎳的缺陷對策	
2.3.3 鍍鈷.....	111
2.3.4 鍍鉻.....	112
鍍鉻浴及缺陷對策 鐵材質上的銅、鎳、鉻鍍的缺陷對策	
亞鉛鑄件上的銅、鎳、鉻鍍的缺陷對策	
銅、銅合金上的鎳、鉻鍍的缺陷對策	
2.3.5 鍍鐵.....	118
2.3.6 鍍亞鉛.....	119
氰化亞鉛浴及缺陷對策	
2.3.7 鍍錫.....	121
碱性鍍錫浴 酸性錫浴	
2.3.8 鍍鎳.....	123
鎳氰浴及缺陷對策 受不純物影響及除去法	
氟硼化鎳浴	
2.3.9 鍍鉛.....	126
氟硼化鉛浴 氨基磺酸鉛浴	
2.3.10 鍍金.....	128
氰金浴及中性浴 酸性金浴 金合金鍍的種類	
2.3.11 鍍銀.....	131

6 最新電鍍實務

氰銀浴 銀薄層觸擊鍍	
2.3.12 鍍銻.....	133
2.3.13 鍍銻.....	134
磷酸及硫酸銻浴	
2.3.14 鍍鈮.....	135
氯化鈮浴 亞硝酸鈮浴	
2.3.15 鍍白金.....	137
氯化白金浴 雙氨基亞硝酸白金浴	
2.3.16 鍍黃銅.....	139
鍍黃銅浴 白色黃銅浴及缺陷對策	
2.3.17 鍍鉛錫合金.....	142
2.3.18 鍍青銅.....	143
2.3.19 鍍鎳鈷合金.....	145
硫酸鹽浴 其他的鎳鈷合金浴	
2.3.20 鍍鎳錫合金.....	147
氯化物氟化物浴 焦磷酸浴	
2.3.21 化學鍍.....	149
2.3.21.1 化學鍍的目的及用途.....	149
2.3.21.2 化學鍍液的作用.....	150
2.3.21.3 化學鍍液組成.....	151
A. 鍍銅 B. 鍍鎳 C. 鍍銀	
D. 鍍金 E. 鍍鈷 F. 鍍鉻	
G. 鍍亞鉛 H. 鍍鐵 I. 鍍錫	
J. 鍍鈮	
2.3.21.4 塑膠上的電鍍.....	161
A. 塑膠電鍍的目的 B. 塑膠的材質,	

成形及設計 C. 施鍍工程

2.3.21.5	特殊電鍍方法	173
	A. 局部施鍍方法 B. 二重鍍鎳	
	C. 三重鍍鎳 D. 複合鍍 E. 微小裂痕鍍	
	F. 多孔性鍍 G. 二重鍍鍍	
2.4	後處理	179
2.4.1	後處理的目的	180
2.4.2	電鍍後的洗淨及乾燥	180
2.4.3	變色防止法	181
2.4.4	加工研磨	185
	A. 施鍍後實施磨光研磨 B. 硬質鍍鍍後的加工研磨	
	C. 旋轉加工	
2.4.5	熱處理	186
2.4.6	着色方法	186
	鋼鐵的着色 銅的着色 黃銅的着色 亞鉛的着色	
	鎳的着色 鋁的着色 錫的着色 銀的着色	
2.4.7	電鍍的剝離及再鍍方法	191
2.5	電鍍的管理	191
2.5.1	電鍍液的分析及試驗	191
	A. 分析及試驗的目的 B. 工業用水的試驗法	
	C. 分析用試藥的調整 D. 電鍍液的分析法	
	E. 電鍍液的試驗法	
2.5.2	前處理及中間處理液的管理	248
	A. 煮沸脫脂液 B. 電解脫脂液 C. 除污電解	
	脫脂液 D. 化學粗化液的分析 E. 觸媒付	
	與液的分析 F. 酸性化液的分析	

8 最新電鍍實務

G. 中間工程的酸；碱的分析	
2.5.3 電鍍的試驗.....	252
A. 外觀試驗 B. 電鍍厚度試驗 C. 有孔度試驗	
試驗 D. 耐蝕性試驗 E. 硬度試驗	
F. 密着及脆性試驗 G. 電着應力 H. 光澤	
及平滑試驗 I. 電鍍的品質缺陷及檢查法	
J. 電鍍皮膜的定性分析	
2.5.4 電鍍的成本.....	281
A. 電鍍成本的概要 B. 電鍍的製造成本	
C. 依電鍍的操作度分類 D. 電鍍成本的考慮法	
2.5.5 危險物等的處理.....	284
A. 酸類 B. 碱類 C. 氰化物，氟化物，	
鉻酸 D. 三氯乙烯，四氯化乙烯	
E. 其他 F. 藥品的保管方法	

3 附錄

附錄A

3.1 元素周期律.....	293
3.2 金屬的物理化學性質.....	295
3.3 電化學當量.....	297
3.4 諸換算表.....	298
3.4.1 溫度換算表.....	298
3.4.2 單位換算表.....	300
3.4.3 波美度，比重.....	302
3.5 電鍍厚度算出圖.....	303

3.6	電鍍用藥品的金屬含有率	304
3.7	主要酸、鹼的比重	306
3.8	槽用銅帶及銅棒的安全電流	313
3.8.1	銅帶的安全電流	313
3.8.2	銅棒的安全電流	314
3.9	電流量及鍍槽的尺寸	314
3.10	對於電解研磨所須要的電壓及電流密度	315
3.11	在各種電鍍所須要的電壓及電流密度	315
3.12	電鍍液分析換算表	316
3.13	金屬的表面積算出圖	323
3.13.1	鐵（沖床加工）製品的表面積算出圖	323
3.13.2	黃銅（沖床加工）製品的表面積算出圖	324
3.13.3	鋁（沖床加工）製品的表面積算出圖	325
3.14	加熱及保溫所須要熱量及傳熱面積表	326

附錄 B

技能檢定練習問題（學科）	328
--------------	-----

1 電鍍的基礎

1.1 電鍍是

電鍍是(1)加與製品美觀(鍍金、銀、銻、鎳、鉻等)，(2)防止製品的生銹(鍍亞鉛、鎘、鎳、錳等)，(3)防止製品的摩耗(鍍硬質錳等)，(4)提高必要的製品的導電度(鍍銀銅等)，(5)提高製品表面的潤滑性(鍍銀、錫、鉛等)，(6)提高製品到必要的強度(塑膠製品的各種電鍍等)，(7)爲了其他製品的耐熱性、耐候性的提高、或防止浸炭、防止氮化等諸目的而實施。其方法有多種在本書所述的電鍍中，係將各種的電鍍之金屬離子含於溶液中，把欲電鍍製品置於陰極(-)浸漬，同此相對適當的可溶性或不溶性的陽極(+)浸漬且通上直流電流，而使金屬被膜電解析出於製品的表面之方法。

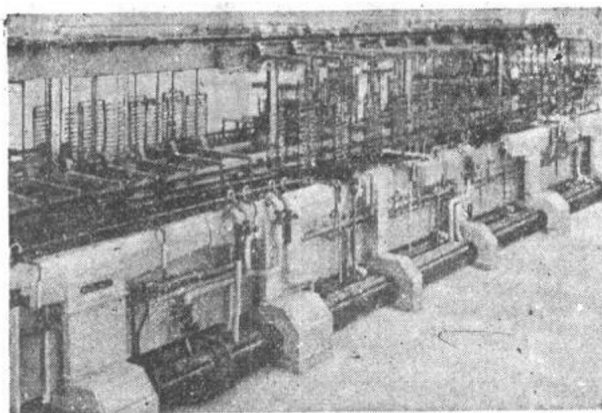


圖 1-1 電鍍工場

1.2 各種電鍍的方法

能生成各種的金屬被膜於製品上有如下述各種方法，依其各種的特徵而在用途及單價方面有所不同。

A. 電氣鍍 (electro plating)

在前述所知溶有金屬溶液中，把製品置於陰極(−)通上直流電，而得到金屬薄膜被覆在製品的表面的方法。在各種電鍍方法中被用最廣，幾乎所有的情形可由水溶液而實施電鍍。在目前知道 70 種金屬中約有 30 種的金屬，可以由水溶液而行電鍍。

目前由水溶液可以行電鍍的金屬是銅、鎳、鉻、亞鉛、鎘、錫、鉛、金、銀、鉑、鈷、鐵、鎘、鋁、水銀、鎳、鈦、鈾、碲、鈦、錳、銻、鈦、鈾、鈾、鐵、鈦、鎢。僅能由非水溶液電鍍之金屬有鋰、鈉、鉀、鈹、鎂、鈣、鋇、鋁、鋁、鈦、鈦、鋅、鋅、鋅等。能由水溶液及非水溶液電鍍之金屬是銅、銀、亞鉛、鎘、鎘、鋁、鐵、

鈷、鎳等。

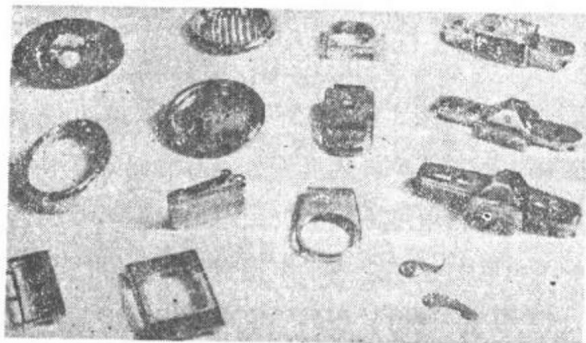


圖 1-2 亞鉛鑄件及黃銅製品的銅、鎳、鉻、鍍

B. 化學鍍 (chemical plating , electroless plating)

是把金屬鹽水溶液中的金屬離子置換反應或藉氧化，還原反應得到金屬被膜使之析出於材質表面。計有鎳、鈷、鈮、銅、金、銀等已被實用化了。化學鍍使用於電鍍時很困難的管子內部、小孔的內部等具有複雜的形狀者可得一均勻的鍍層，此為其特徵，但無法得到如電鍍那樣的鍍厚，且施鍍時要較長時間，藥品的價錢亦高等為其缺點所在。目前被廣用於電氣鍍無能為力的以塑膠、玻璃、陶器等不導體物質為基物之受鍍或鐘錶零件等之特殊目的上。

C. 溶融鍍 (hot dipping)

把融點高的材質浸漬於融點較低的被覆金屬之融體中，使之融著，浸透到表面上的方法。鐵板上防銹用亞鉛（白鐵皮板），錫（鍍錫鐵皮），錫—鉛（均質合金），耐熱用鋁等的鍍物皆已實用化。同電氣鍍相比較光以浸漬而能得到管子內層厚鍍層為其利點，但以半面高溫作業產生排氣的處理問題及製品的變形，及鍍厚調節困難，金屬材料的使用量多等皆為其缺點。主要是被利用於使用在屋外等腐蝕激烈環境下的製品。

D. 溶射鍍 (metallikon)

溶射鍍是利用瓦斯或電弧將熔融金屬以高壓氣體或高壓空氣吹向製品的表面而鍍之的方法。利用此方法可得微細的金屬粒子積層於製品表面，故同電氣鍍等相比較各粒子被氧化而成多孔質的鍍物。主要用途除鐵鋼防銹，耐熱耐摩耗處理等外，具有賜與導電性或裝飾等。因皮膜同材料之間的密着度關係，於鍍前之處理必要細心注意。又溶射鍍操作簡單類似吹付塗裝之故，作為金屬防銹用的亞鉛、鋁、鎳等便是利用此，還有它被使用於下列的情形：鋁之於需具耐熱性的零件；鉻等的硬質金屬之用於防止曲柄軸、軸承、汽缸、活塞等的摩耗；錫、鋁、銅、銅合金等之用於裝飾用；銅、錫、錫鉛合金、亞鉛、鋁等之付與導電性用。

E. 氣相鍍 (gas-phase plating, vapour plating)

(a) 真空蒸着 (vacuum evaporation, metallizing)

在真空中 (10^{-4} mmHg 程度) 把金屬或金屬化合物加熱使之蒸發，把蒸發分子被覆至金屬或非金屬的方法。如除去真空技術其操作簡單，可得均一的皮膜。皮膜的厚度同電氣鍍等相比極薄而有裝飾的效果。主要被用於金、銀、銅、鋁等。

又，把欲得之皮膜用金屬化合物之蒸氣送到加熱狀態的被鍍件表面，在其表面把金屬化合物之蒸氣藉高溫熱分解，或是靠氫還原使之形成欲得之皮膜，氣相鍍與電氣鍍相比較其純度極高，具有耐高溫氧化性、耐蝕性、耐摩耗性等優點，適用於紡織用化學纖維製造用的噴咀，內燃機的火星塞等，但受到成本費方面的限制。

(b) 陰極飛濺塗膜 (cathode sputtering)

在真空中 (封入氬、氣壓 $10^{-3} \sim 10^{-1}$ mmHg) 置有電壓 (1.5 ~ 7 kv) 於一對的電極上，電離殘留氣體分子，使產生的陽離子衝擊到陰極，將陰極作機械的破壞，把被破壞的遊散粒子衝擊目的物使之

形成薄金屬膜的方法。皮膜同材質的密着性幾乎是機械性的，但因飛散的微粒子略帶有負電性，對於帶正電性之目的物言可被考慮為電的吸着。從很久以來就被實用在錄音原盤電鑄前的導電用薄膜形成。

(c) 離子鍍 (ion plating)

又被稱為離子化靜電鍍，為一比較新開發的技術。係前述真空蒸着及飛濺塗膜合在一起的方法，在 $5 \sim 25 \times 10^{-3}$ mmHg 的氬氣中，製品帶有一 500 ～ 一 5,000 V 的負電壓使其於周圍產生電輝放電，並在等離子區或加速勵起生成的氣體或金屬離子而在製品面上凝固成皮膜的方法。被應用用途如下：裝飾用金、銀、鎳、鉻。耐蝕用亞鉛、鎘、鋁、鈦、鉻。耐摩擦用鉻。電氣接點等之金、銅、鋁。本法並為電鍍的公害問題契機最近被急切注目著，研究發表亦多。

F. 擴散滲渡法 (peen plating)

把金屬粒同衝擊物放入滾桶之中，而與製品一起回轉，藉衝擊把金屬皮膜被覆到製品的表面之方法。不使用熱或電氣特別如燒結金屬製件等具多孔性，而用電氣鍍等困難的情形下，此方法被使用上。與滾桶加工同樣在水中實施，而且，為了鍍用金屬粉末容易浸入燒結零件的孔部，而加添特殊的藥品到水中較好。藉滾桶機械的力量把金屬微粉末急激叩打鍍件表面，而在把金屬微粒子超越其彈性限度變形後，則同一粒子依次伸展接合連續而起被覆。此時，衝擊物所使用的是鋼球，鋼綫的切斷片，溶融鋁的屑末，玻璃珠等。實用上被作為錘尖扳用金屬有亞鉛 (2.5 ～ 50u)，黃銅 (5 u)，錫 (2.5 ～ 12.5 u)，鎘 (2.5 ～ 50u) 等。工程是藉脫脂 (但有時行硫酸銅浸漬處理) 後，錘尖扳振篩，以水洗或湯洗，乾燥完成，但錘尖扳後亦有行着色或化成處理者。

G. 其他之電鍍

除了以上的電鍍方法外，在氣密的容器中含有氧化亞鉛 (10 ～

15 % 並放入亞鉛粉末及防止燒結的砂，把鐵鍍件放入其中加熱 $250 \sim 400^{\circ}\text{C}$ ，鍍亞鉛到鐵鋼表面上為鍍鋅法（sheradizing），或把鋁粉末及同量的氧化鋁（氧化鋁）的混合物或把適量氯化鋁混入，將鐵鋼、黃銅、銅等的鍍件放入其中加熱 $800 \sim 1,000^{\circ}\text{C}$ ，在鍍件的表面浸透鋁是為鋁化處理。前者是用以電鍍零件等的特殊防銹用，後者被使用於浸炭箱、爐材、排氣管等的耐熱用。

除了以上各種的電鍍方法外產生表面皮膜的方法是，藉陽極氧化皮膜的生成法（耐酸鋁），磷酸鹽被膜防銹法。鍍鉻處理金屬着色等藉各種化成處理化合物皮膜的生成法，但這些都是藉材料金屬的化學變化而生成皮膜者，與電鍍皮膜不同，其目的則有很多相同之點，電鍍工場也多行之。以上所述是概要性各種的電鍍方法或化成處理，而其各別的特性及操作或成本費方面、公害問題等，有必要預先知悉其充分的內容。從而各種的鍍件用途及表面處理的目的能互相適應，這是所期望的。

1.3 電鍍皮膜必要的條件

如 1.1 所述，電鍍鍍與鍍件之裝飾美觀、防銹、耐摩耗、潤滑性、電導性、強度、耐光性、耐熱性等主要目的，但鍍皮膜非具備有必要的條件不可的。

例如，電鍍用於裝飾用時或用於防蝕用時，其在商業上電鍍之好壞係由下列來決定。電鍍的色澤、耐摩耗性、均一性、被覆力、應力、金屬表面的性質如延性，依耐蝕性決定厚度、連續性的外部電鍍自體的化學的性質等。在硬質鉻、電鍍等的厚層電鍍，其有用的性質即諸如內部應力，抗拉強度，延展性、疲勞限度等皮膜的機械性質很重要。這些性質大部份為其金屬本身特有者，但亦因受電鍍條件改變而

有相當廣泛的範圍存在，這是因金屬的諸性質有如經過淬火或退火等的冶金處理後一樣有了顯着的變化。

例如把硫酸鎳、氯化鎳、硼酸組合成普通的鎳浴後之電鍍，比較具柔軟性，也具有了延展性，但添加少量的有機化合物行所謂的光澤鎳浴後的電鍍其光澤增加硬度急速上升，延展性却降低了。

又鍍浴的溫度或電流密度、攪拌、電流變化等之操作條件對於電鍍性質的影響也很大。因此隨電鍍之使用目的而需要得到必要的性質，則調節管理鍍浴的種類和組成變化，以及液溫、電流密度、攪拌等之電鍍操作條件是有其必要。

電鍍皮膜同一般的金屬比較，其結晶方位不同是一種所謂多結晶的結晶集合，其結晶粒子極細，除了酸性銅鍍等的特例外，一般的電鍍例其粒度無法用光學顯微鏡測定。相同地銅、亞鉛鍍於電着時分極作用大的情形下結晶細、又由酸性浴之電着較由鹼性浴之電着粒子大。事實上，因作業條件不同其結果也不同，一般上電流密度低、液溫高、液濃度高而行攪拌時粒子就大。

電鍍厚度係依法拉第法則，由鍍金屬的化學當量及通電量（電流密度 $\times$ 時間）及電流效率來決定，因是決定電鍍的品質最重要的因素，所以各部件類別普通皆作有嚴格的規定。電流效率被液組成及操作條件所左右，高效率的電鍍是所盼望的，但鍍鉻者其本質却是低效率的浴。於低效率電鍍時因為受陰極所產生的氫浸透影響而有氫脆化的危險，在電鍍後要作熱處理，或轉換為高效率浴。

電鍍的均一電着性為在鍍件的凹部、凸部表示鍍厚的均一性之重要因素，並受鍍浴的種類、組成、作業條件之影響，而陰分極大時均一電着性（throwing power）良好。電鍍的被覆力（covering power）又被稱為黏附作用，表示為了析出金屬必要的最小電流密度，其對於如鍍件的深凹部位及管子的內部，甚至鍍件的任何部位包括

外觀等也是一重要的性質。

電鍍的光澤作用及平滑化作用（levelling），減少電鍍中鍍件表面的凹凸亦即減少微小粗度的平均值（平滑化作用），另一方面光澤作用（brightening）其意思係程度上極微小凹凸的減少而予與比那更小之光波長影響，其實兩者之共通點為減少表面的凹凸，且在工業上，學術上皆為重要的問題。光澤劑之作用可以考慮為電鍍時在鍍面直角展開結晶的頂點處光澤劑抑制吸着成長，結晶變細而使之在平行方向成長的作用。又，平滑化劑的作用可以想為電鍍過程中平滑化劑多吸着於金屬表面的凸部，其結果凸部的過電壓變大，電流集中向凹部位而行平滑化者。一般上以酸性浴加上平滑化劑時其調整效果大，分極作用小的浴同樣效果變大。

在鍍層產生之內部應力大時，鍍層分裂、腫脹、剝離，鍍件變形等事故便產生了。一般上，電鍍的應力以抗拉應力及壓縮應力為主，關於其成因有多種的檢討，而其複雜內容中主要以受容積及格子常數等的變化影響來考慮。換言之，是電析結晶的生成過程及氫或是異種物質的共析，吸着、吸藏等之關係所引起者來考慮。例如鍍鉻光澤鍍的條件是在某一厚度以上應力激急增大，皮膜上產生裂痕，又光澤鍍鍍添加第2種添加劑即可得之，但由於電鍍的抗拉應力大如加第一種光澤劑（例如 = $S - SO_3$ 一等）以增加壓縮應力而可得到平衡。

在以上所述電鍍皮膜的諸性質由於近年各種用途而愈受重視，各種的電鍍浴及操作條件被需求至電鍍的價值已提高。例示出一般最常見裝飾、防銹用電鍍之任務(1)密着性的確保，(2)色澤、緻密、連續性地呈现出美觀，(3)均一鍍金性，被覆力優良，(4)使無歪斜（殘留應力）、機械性強，(5)化學性上安定，具有耐藥品性。

1.4 電鍍工程