電鍍車間技師須知

П. К. 拉沃爾科著
白金元譯

大東書局出版

東京新聞出版局圖書室
壹玖伍伍年 伍月 貳 叁日
9131 (分)
1857 (書)

書號：5190

定價：捌角肆分

電鍍車間技師須知

拉沃爾科著
白金元譯

大東書局出版

本書先將電鍍的基本理論加以解說，然後介紹電鍍各種金屬用的配方。對於電鍍時所發生的問題以及解除的方法都詳加分析；電鍍車間的設備和勞動力的組織也作了介紹。

這本書是電鍍車間技師們的指南，也是從事機器製造和儀器製造的工程技術人員的實用參考書。

拉沃爾科著　白金元譯

*

1955年2月發排・1955年5月上海第一版

1955年5月上海第一次印刷(0001—3000册)

書號：5190・30″×42″・1/25・108千字・6 2/25印張・定價八角四分

*

大東書局（上海山東中路201號）出版

上海市書刊出版業營業許可證出〇四三號

上海圖書發行公司（上海山東中路128號）總經售

廣華印刷廠印刷

П. К. ЛАВОРКО

ПАМЯТКА МАСТЕРА ЦЕХА

ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

МОСКВА—1953—КИЕВ

*

本書根據

МАШГИЗ（國立機械製造書籍出版社）

一九五三年版譯出

緒　　言

電鍍工程的發源地是俄國。俄國學者保立司謝米諾維契牙科畢1837年，在彼德堡俄羅斯科學院會議上報告了關於利用電鍍獲得準確複製品的可能。"創造的歷史上，電鍍的開端應當與印刷的開端有同樣意義"俄羅斯工程學會這樣評價了他的發明。但是，在革命前的俄國由於整個工業水平的低落，電鍍及電鑄工程未能得到應有的發展。

只有在偉大的十月社會主義革命以後，電鍍工程才大大擴展。蘇聯在第一個和第二個五年計劃的年代裏，電鍍也跟着國家工業化同時得到了發展，出現了新式配備的電鍍車間，此外亦製造了供電鍍用的設備、儀表及材料。

現在，差不多在所有蘇聯的機器製造及金屬加工廠裏都有裝備很好的電鍍車間，電鍍工程的發展是與工業的一切部門齊驅並進的。

在資本主義國家裏，電鍍到現在還是一種藝術。在蘇聯把電鍍看作以科學爲基礎的應用電化學的一部分。許多科學研究院的工作者、蘇聯學者、工程師及先進生產者都在研究進一步改進電鍍與電鑄技術問題。

電鍍工程所研究的，是在金屬及非金屬工件表面上獲得沉積金屬層的問題，且可分爲兩個部分：電鍍及電鑄。電鍍是在金屬表面上覆蓋一層較薄金屬（鍍層厚約千分之幾或百分之幾公厘），使沉積層與基本金屬能結合得很牢固。用電解方法鍍金屬的主要目的，是保護基本金屬不銹蝕，並且使被覆的金屬有美麗外貌。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

電鑄是根據原來的工件形狀，而得到薄金屬複製品。電鑄廣泛地用在藝術方面：複製古董或藝術品。近來已開始用在儀器製造及機器製造工業上，用以製造形狀複雜的薄壁空心工件，並達到高度機械強度。電鑄時使用特別方法使沉積層不與基本金屬結合。

近來電鍍有很大的實用價值：在機器製造和儀器製造方面以及各種金屬工件的製造中，在製件表面覆蔽一保護、保護兼裝飾及其他特殊目的的鍍層，其目的往往爲提高硬度，增加耐磨性、耐熱、抗銹，在修理中用來修補使用件的磨損部分，使之外表美觀等。

增加勞動生產率及提高產量、改善結構、沉重操作過程機械化、生產自動化、縮短生產週期——這都是祖國工業中操作過程的重要課題。欲解決這些問題，電鍍的高產量電化學方法有很大的意義。利用它可節約有色金屬或代替了有色金屬。

在電鍍車間技師面前擺着偉大的光榮任務，就是更正確地充分利用電鍍技術，因此技師們要全面掌握電鍍的操作法，電鍍的理論基礎，在領導這段生產上有一定的組織經驗。

在某些情況下對技師還有特殊的要求，例如企業內有中等程度配備的電鍍車間，一切配備由自己製造，且須進行各式電鍍。在較小的工廠中有的備有第一流配備的電鍍車間，但亦有設備不夠完善機械化和自動化程度較低者。這時，電鍍技師應當是多方面的，特別是關於車間的組織、生產的領導及操作的佈置等。

本書將電鍍工藝的基本數據緊湊在一起，包括表面的機械與化學準備方法，敍述了電鍍方法及最後處理手續，有關電鍍車間設備的製造與驗收，以及生產的組織等問題，均作了簡短的介紹。

作者希望這本書能給電鍍車間的技師們，在每日工作中有實際幫助。

目　次

第一章　電解層的形成……1
(一)關於電化學的基本認識……1
(二)陽極及陰極電鍍法……5
(三)選擇電鍍種類及鍍層厚度……6
(四)形成電解層的條件……7
第二章　電鍍工程上使用的計算法……15
(一)鍍層表面的計算……15
(二)計算鍍層厚度、電鍍時間及電流強度……15
(三)與配製溶液及電解液有關的計算……22
(四)冲淡規則……23
第三章　電鍍車間設備的特點、基本運行規則及準備工作……28
(一)電鍍槽……28
(二)電解液的攪拌、過濾及加熱……31
(三)鼓形鍍槽、鐘形及搖擺式機具……32
(四)強電流發電機……40
(五)啓動前設備的檢查……46
第四章　機械加工式表面處理……49
(一)電鍍表面的質量……49
(二)研磨及拋光用材料……52

(三)研磨輪,拋光輪及刷子……54
(四)裝飾性磨光及拋光法……58
第五章 化學及電解式表面準備法……66
(一)溶劑內去油法……67
(二)化學去油法……67
(三)電解去油法……68
(四)法國白堊去油法……71
(五)腐蝕……71
(六)電解拋光……78
第六章 電鍍方法、保護性及裝飾保護性的鍍層……80
(一)鍍鋅……80
(二)鍍鎘……92
(三)鍍錫……95
(四)鍍鎳……101
(五)鎳鍍層的毛病……108
(六)鍍銅……109
(七)鍍鉻……117
第七章 鍍合金……127
(一)鍍黃銅……127
(二)鍍白青銅……129
第八章 生產組織問題……131
(一)磨光部分……131
(二)電鍍部分……135
附 表……140

第一章　電解層的形成

(一)關於電化學的基本認識

能通過電流的溶液叫作電解液。

當物質溶解時，它的分子卽分解爲帶正負電荷的原子，卽所謂離子。這一過程，叫作電離作用。

電流通過溶液時，能使帶電荷的離子運動。

帶正電荷的離子能向負極運動，叫作陽離子；帶負電荷的離子能向正極運動，叫作陰離子。

利用導體，可將電解液連接在電路內，此種導體便稱爲電極。接在電源正極的電極，叫作正電極；接在電源負極的，叫作負電極。

在電鍍工程裏，負極就是金屬沉積上去的被鍍機件。電鍍中陽極溶解者，卽溶解陽極，由用所鍍金屬的板製成(鎳、銅、鋅等)；屬於不溶解的陽極者有鉛、碳、鉑等。

當電流在電解液內通過時，這一過程，叫作電解。這樣能使兩電極間的電解液成分有所變化。電解時，一切金屬及氫氣分解在陰極上；一切非金屬及酸根則分解在陽極上，與陽極材料或溶劑發生作用。

配製電解液時，所用的鹽其中需包括電鍍金屬的離子，而陽極則用預備在陰極上析出的金屬製造。例如，電流通過硫酸銅溶液後，金屬銅就分解在陰極上，在銅質陽極上所析出的酸根，它又重新形成硫酸，溶解陽極。

這樣，由於電鍍工件是陰極，其上的離子放電形成原子，然後成爲金屬結晶；換句話說，在陰極上進行金屬的電鍍，也就是一種結晶的過程。

電鍍就是利用電力來析出結晶以獲得金屬層，此點可以根據電鍍金屬是結晶結構而得到證實。

電解過程照量來講是屬於法拉第定律：

1.電解時所分解出的物質量與電流強度及通過電流的時間成正比。

2.當同一直流電流通過各種不同的電解液時，所分解的物質數量與電化當量成正比。

從這些定律裏可以看出，電解時所分解析出的物質數量與電量(就是安培小時)成正比。例如，電流5安培在2小時內可分解20克銅，那麼電流10安培在同樣時間內就可分解40克的銅了。

從這些定律裏還可以看到，欲在陰極上分解出1"克當量"的物質，或者說，欲在溶液內得到1"克當量"的正極物質，照理論來講，必需要96500安秒的電量，或爲26.8安時。因此1安時的電可分解出$\frac{1\text{克當量}}{26.8}$克的物質。這數值叫作物質的電化當量。換句話說：電化當量，就是1安培電流在1小時內所分解的金屬量(克)。例如：六原子價的鉻，它的電化當量是：

$$\frac{1\text{克當量的鉻}}{26.8}=\frac{\text{鉻的原子量}}{\text{原子價}}:26.8$$

$$=\frac{52.01}{6}:26.8=0.33^{\text{克}}/_{\text{安時}}$$

在第1表內列舉了電鍍工程中所用的若干種金屬理論電化當量值。

利用這表可以確定出當某一電流，在某一時間中所分解的金屬量。這就是將電化當量的數值乘以電流強度（安）再乘以電解時間(小時)。

第1表　幾種金屬的電化當量(克/安時)

分解的金屬	電解液類別	離子及原子價	原子量	克當量	電化當量 克/安時
銅	氰化	Cu+	63.7	63.7	2.372
銅	酸性	Cu++	63.7	31.8	1.186
鎳	酸性	Ni++	58.7	29.3	1.095
鋅	氰化及酸性	Zn++	65.4	32.7	1.220
鎘	氰化及酸性	Cd++	112.4	56.2	2.097
錫	碱性	Sn++++	118.7	29.7	1.108
錫	酸性	Sn++	118.7	59.4	2.216
鉛	酸性	Pb++	207.2	103.6	3.865
銀	氰化	Ag+	107.6	107.6	4.025
金	氰化	Au++	197.2	197.2	7.357
鉻	酸性	Cr++++++	52.0	8.67	0.323

例如，欲求4安培電流在2小時內能分解多少克的鋅？

鋅當量×電流×時間＝1.22×4×2＝9.76克

總之，如果電解的時間不變，則所分解的金屬重量是與電流強度有關係。

電極的單位表面所承受的電流強度，叫作電流密度；而以每一平方公寸上的安培數爲單位$\left(D_k=\frac{\text{安}}{\text{平方公寸}}\right)$。

由於各種其他現象，例如，當電解時，有氫氣分解，使電流不能全部利用到分解金屬上；這樣，實際所鍍的金屬數量比理論的少。因此必需把電流的利用係數計算在內，或者叫作電流效率。

電流效率是物質的實際分解量，與按照法拉第定律應有分解量之比，它的單位是%。在銅鍍槽內約爲94～99%；鋅鍍槽內爲75～80%；鉻鍍槽內爲12—15%等。

當金屬插入電解液中，金屬與電解液之間即產生一電位差，此電位差便是該金屬的電極電位，電位差的單位是伏特。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

將各種金屬根據正常的電極電位排成次序，使電極電位逐漸增加，便得一金屬的系列，此系列稱爲金屬的電位次序(參考第2表)。電極電位高於氫氣的一切金屬，叫作負電位金屬；其他金屬則稱爲正電位金屬。這些金屬也叫作貴金屬。

第2表　金屬的電位次序

金　屬	溶液內離子	標準電位(伏)	金　屬	溶液內離子	標準電位(伏)
鉀	K+	−2.92	錫	Sn++	−0.14
鈉	N+	−2.71	鉛	Pb++	−0.13
鋁	Al+++	−1.84	氫	H+	±0.00
鎂	Mg++	−1.87	銻	Sb+++	+0.20
鋅	Zn++	−0.76	砷	As+++	+0.30
鉻	Cr+++	−0.55	銅	Cu++	+0.34
鐵	Fe++	−0.44	銀	Ag+	+0.808
鎘	Cd++	−0.40	汞	Hg++	+0.86
鈷	Co++	−0.255	金	Au+	+1.50
鎳	Ni++	−0.25			

金屬的電位次序，是表示金屬在陰極上分解、在陽極上溶解時、所需要的最小電動勢或電壓。

如欲在鐵上鍍其他金屬層，以防止生銹，必須根據該金屬在電位次序內與鐵的關係而定，是卽鍍上的金屬必須比鐵具有大得多的正電位或負電位方可以。

實際上往往由於各種原因，以致離子在電極上放電的作用被阻止，結果電壓有與電壓次序內的電位相差很多。

金屬分解時，或者在電流的作用下當金屬溶解時，電極上的電位與無電流時電極上的電位之差，叫作電化學極化。

氫與金屬沉積在陰極上，其電位，基本上與陰極的材料有關係。氫離子放電時帶着一定的極化，卽所謂氫的超電壓。氫的超電壓可使電

解時，氫氣不致被分解，有了氫的超電壓，甚至可使許多負電位的金屬以極大的電流效率分解。

(二)陽極及陰極電鍍法

如果在某一金屬上鍍以極不貴重的金屬，就是比基本金屬有更大負電極電位的金屬；當銹蝕時，這種有更大負電位的金屬將成爲陽極，溶解於溶液中而損壞，基本金屬將爲負極不受銹蝕的影響。例如在鐵上鍍鋅，當銹蝕時，鋅具有更大的負電位，因而銹壞，鐵就會因鋅的損壞而得以保全。

鍍上電位較負的金屬，使之在電化學上保護基本金屬不受銹蝕，這叫作陽極電鍍法。陽極電鍍的銹蝕情形，如圖 1 所示。

另一種電鍍方法，是將基本金屬鍍以具有更大正電極電位的金屬，這種電鍍方法，只有機械式的保護作用，是卽只有當鍍層完全連接而未受損壞時，才有保護鐵的作用。用更貴重的金屬電鍍，叫作陰極電鍍法。以鐵而論，例如在鐵上鍍鎳、錫、鉛、銅、銀等，均爲陰極電鍍法。

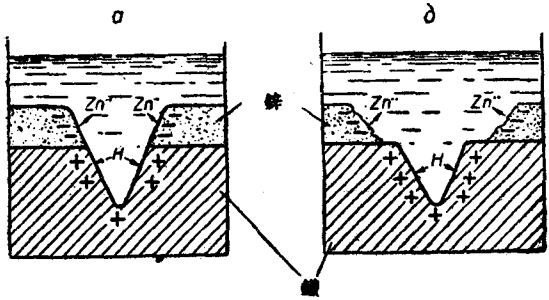

圖 1　陽極電鍍銹蝕圖

a 銹蝕開始　б 銹蝕結果

圖 2 示陰極電鍍的銹蝕情形。

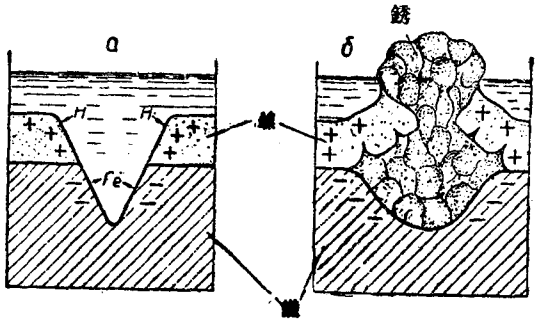

圖 2 陰極電鍍銹蝕圖

a 銹蝕開始 б 銹蝕結果

(三)選擇電鍍種類及鍍層厚度

一切金屬電鍍層的保護性能是由下列兩個條件所決定的:

1.鍍層金屬的電極電位與基本金屬的電極電位的比較,這就是說,當形成電解對於鍍層金屬是陽極或是陰極。但其中不包括表面往往會產生不活潑皮膜的金屬層在內。

2.鍍層金屬對於抵抗工件所在處的環境所具有的化學穩定性。因爲保護性能的強弱,就要看鍍層金屬對於反應物質的化學性能而定,如潮濕空氣、海水、酸、碱等。

選擇電鍍種類及鍍層厚度,可根據鍍層國定標準(第3及第4表)。

第3表 工件最後加工後鍍層的最小厚度根據 ГОСТ 3002—45

工作條件	鍍層類別	鍍層最小厚度(公忽)			鉻鍍層厚度的平均計算值(公忽)
		無子層鍍鎳	多層:銅+鎳或鎳+銅+鎳		
			總厚度	上層厚度	
輕	ЛС	12	15	5	1
中	СС	24	30	10	1
重	ЖС	36	45	15	1

第4表　鍍層最小厚度根據 ГОСТ 2249—43

工作條件	鍍層類別	鍍層最小厚度(公忽)			
		鋅鎘	鉛	銀	金
輕	ЛС	7	——	5	3
中	СС	15	30	10	7
重	ЖС	30	100	20	20

(四)形成電解層的條件

在鍍上保護層時，務使獲得結晶微細、緻密、平滑而又光亮的沉積層，此外沉積層尙須有足夠的硬度，厚度均勻，表面良好，不脆弱並且與基本金屬能牢固結合。形成電解沉積層的過程以及獲得各種組織的沉積層，與進行金屬電鍍時的工作條件有關。欲獲得良好的電鍍層，應當知道影響電鍍工作的各種基本因素，並能控制這些因素，使獲得良好結果。基本的影響因素爲電解液、電流密度、攪拌、溫度、分解氫氣及溶液的酸度等。

電解液的影響　沉積層的質量主要與電解液的成分及電解液的濃度有關。

用於電鍍的電解液可分兩類：第一類包括普通酸，如硫酸、鹽酸、硝酸所組成鹽類的溶液，例如：硫酸鎳、硫酸銅、硫酸鋅等。

這些溶液的反應通常呈中性或酸性。用這種液溶所鍍金屬，觀察到有形成粗大結晶的傾向。爲着用普通鹽溶液能鍍出細小結晶的沉積，可增加鹽的濃度及電流密度。這類溶液的實例是鍍鎳、鍍銅、鍍鋅等用的電解液。

第二類溶液包括複雜的複合化合物，複雜鹽如氰化鈉及氰化銅或氰化鈉及氰化鋅等的複合化合物。這些複式氰鹽的溶液反應是碱性

的，自複式鹽溶液中所得到的金屬沉積層是有着細小結晶組織的。此外，氰化電解液能將工件表面鍍得均勻。

加入鹽類也影響金屬沉積層的性質，加鹽時一方面提高溶液的導電率；另一方面也增加了電流密度及溶液濃度，這就能獲得小晶粒的沉積層。

在某些情況下，電解液內加進少許其他鹽類及有機物質，對電鍍層能起特殊的作用，如改變金屬硬度或增加它的光澤。例如鍍鎳時，加進少許氯化鎘，便能使鎳鍍層的光澤大大提高。在鋅或鎘的電解液內加進少量膠狀物質（如膠、糊精），可改善沉積層的質量並使晶粒細小，加入酚磺酸及其鹽類可使金屬沉積層的光澤大大增加。例如，鍍鎳及鍍鋅時加磺化萘。在電解液內加入緩衝劑，影響也很大，緩衝劑能保持或調節電解液內的酸度使之一定。鍍鎳時使用的硼酸及檸檬酸就是緩衝劑的例。

電流密度　電流密度對電鍍金屬的結晶組織有很大影響。如果用硫酸電解液鍍鋅，當電流密度低於0.2安/平方公寸時，將獲得網狀沉積層，覆在基本金屬上的鍍層不連續，呈濃厚網狀，且有細小的未鍍覆區域。電流密度增至2—3安/平方公寸時，便可獲得好的、牢固的、連續的細小晶粒狀沉積層。如將電流密度繼續增加，則將形成不良而呈粉狀、海綿狀的沉積層。

電流密度，增至某一範圍，能使沉積層爲細晶粒組織，如電流密度過分大，將獲得不能使用的沉積層。這是因爲當電流密度加大時，沉積金屬粒的析出作用甚爲激烈；因此，陰極附近溶液內的分子濃度降低，結晶成長較爲困難，這樣能使沉積層形成細晶粒組織。

如電流密度過分增加，陰極處的溶液內將缺乏沉積金屬的分子，因爲它們來不及自溶液的其他部分趕至陰極，分子濃度在陰極處減少，陰

極上氫的分解作用加強，以致形成粉狀及海綿狀的團塊形沉積層。因此，當電流密度較大時，必需採用附加的措施，以獲得均勻而光滑的沉積層。這類方法包括：攪拌電解液，移動陰極，選定必需的電解液濃度及加熱電解液。

增加電流密度能加速電鍍過程，因此在適當條件下使用這種方法是先進的。

攪拌電解液　在電解過程中，必須攪勻陰極處的電解液濃度，並補充。當電流密度強大時，所造成的沉積金屬分子缺乏現象，這種方法就是攪拌電解液，使電解液的濃度在整個槽內得以均勻。攪拌的結果將使陰極處沉積金屬的分子濃度增加，也就是減低了它的分解電位；因此，攪拌溶液，就本身來講，將使晶粒粗大化。然而，當電流密度強大時，攪勻溶液濃度，能使新的金屬分子趕至陰極以補充所分解出的分子，因而可獲得品質良好的沉積層。因此，只有當電流密度大時，才攪拌電解液，否則沒有意義。例如在普通靜止槽內鍍鎳，電流密度必須不超過0.6～0.8安/平方公寸，才能獲得很好的沉積層。如將溶液攪拌或將陰極移動，可顯著地增加電流密度，而仍能獲得同樣良好的沉積層，此時電鍍時間則可縮短。

溫度的影響　電解液溫度的影響與攪拌的影響類似，因爲加熱就是加速溶液的活動，增加陰極處金屬分子的濃度，就是說增高溫度，本質上，將獲得大結晶的沉積。因此，當電流密度小時，不宜增高溫度；電流密度大時，增高溫度，金屬容易分解。陰極處金屬分子的濃度增高，在不減低鍍層質量的情況下，有使用大電流密度的可能。這就是加速電鍍的過程。

但是增高溫度有優點也有缺點，準備工作時必須注意，當溫度增高，鹽的溶解度增加，溶液的導電率也增高，沉積層更不脆弱，因爲沉積

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com