

机器零件与

仪器零件的电镀

机器零件与 仪器零件的电鍍

П. К. 拉沃尔柯 С. Г. 列維特斯基著

赵振才 译



机械工业出版社

出版者的話

本書闡述了機器制造业和儀器制造业所採用的電鍍的實際方法：鍍鎳、鍍銅、鍍鉻、鍍鋅、鍍鎳和鍍錫。

書中分別引述了裝飾磨光和拋光的工藝過程，鍍層的应用範圍和性質，電解液的配制和校正，以及工作規範；同時也引述了工作中發生的典型毛病和消除辦法，以及測定鍍層質量的方法。此外還敘述了電鍍術中的基本理論問題。

本書可供機器制造廠的電鍍工人提高技術水平之用，亦可供學校學生參考。

П. К. Лаворко, С. Г. Левитский Гальванические покрытия деталей машин и приборов Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы Киев 1949 Москва 本書系根據蘇聯機械工業出版社一九四四年俄文版譯出

* * *

NO. 2025

1958年3月第一版 1959年10月第一版第三次印刷
850×1168 $1/32$ 字數198千字 印張7 $5/8$ 3,661—5,160冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬庄)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業
許可證出字第008號

統一書號 15033·1137
定價 (11) 1.30元

原 序

苏联机器制造业的技术进展，正在朝着制造轻便、坚固、经济、连续和自动工作的高生产效能的机器的方向前进。

为了达到这个目的，现在采用着最新的、更精确的、价廉而且生产率高的零件加工工艺过程，其中包括电解加工和电镀。

在机器制造业和仪器制造业以及我国其他工业部门中都广泛地采用着电镀。电镀的目的是：使金属表面具有高的硬度；提高耐磨性；改善磨配性；提高耐热性；增大反射率，以及保护金属表面免受腐蚀和使它具有美丽的（装饰的）外观。

现在对机器和仪器的质量提出了很高的要求。因而对被加工表面及其保护镀层和特殊镀层的质量也提出了很高的要求。

这本书可以帮助电镀车间的工人学习和掌握电镀技术。

在这本书中叙述了下列各问题：1）金属表面电镀前的机械准备方法、化学准备方法和电解准备方法；2）电镀工艺过程；3）镀层修饰加工的最后工序；4）关于电解液的配制和校正的问题。此外还讲述了电镀车间的设备和测定镀层质量的方法。

在种类繁多的电镀方法中，著者仅仅讲述了那些主要应用于机器制造业中的电镀方法：镀镍、镀铜、镀铬、镀锌、镀镉和镀锡。

书中引用了著者本人的经验和许多著名电镀专家——В. И. 拉伊涅尔（Лайнер）、Н. Т. 库德良甫采夫（Кудрявцев）、Н. Н. 葛拉茨安斯基（Грацианский）等人的文献。

本书可供机器制造厂电镀车间的工人、工作组长及实际工作的工长提高技术水平之用。在叙述时我们假定读者已经具备了起码技术知识范围内的化学和电学的基本知识。著者希望这本书能在实际工作中给他们带来益处。

第二章中“均匀镀层的镀取条件”一节、第三章中“电解抛光”一节及第七章“镀铬”均是Г. С. 列维特斯基所写。

目 录

原序	1
----------	---

第一章 电化学的基本知識

液溶	4
电 离	5
氢离子濃度	7
电 流	9
电的測量单位	11
电流密度	15
功率	16
电解	16
法拉第定律	18
金屬的电流效率	20
电极电位	21
电极的极化和氢的超电压	24

第二章 电 解 沉 积

电解沉积层的形成	25
电解液对沉积层质量的影响	27
电流密度对沉积层质量的影响	29
温度对沉积层质量的影响	30
搅拌电解液的意义	30
氢对沉积层性质的影响	31
阳极金屬对沉积过程的影响	32
粗糙的, 多孔的和不平的沉积层之形成	34
鍍取均匀鍍层的条件	37
金屬鍍层的电化学特性	46
电镀工序的次序	49

5/13

第三章 电镀前金属表面的机械准备

磨光和抛光	52
表面质量	56
磨光和抛光用的材料	58
粘合剂 (胶合剂)	60
磨膏	61
磨轮	63
装饰磨光和抛光技术	65
抛光技术	71
磨轮的准备	72
零件在筒形滚光机和钟形滚光机中加工	75
刷光	77
喷砂	78

第四章 电镀前金属表面的化学准备

金属的浸蚀	79
浸蚀的持续时间	80
浸蚀溶液	83
有色金属的浸蚀	85
黑色金属的电解浸蚀	87
同时镀锌的浸蚀	89
弱浸蚀	89
电解抛光	90
除油	96
在溶剂中除油	68
化学除油	100
电解除油	101
同时镀铜的除油	104
用石灰除油	105

第五章 镀 镍

阴极极化和阳极极化	110
-----------------	-----

鍍鎳電解液的酸度	111
電解液的成分	113
陽極	116
槽液的成分與工作規範	117
光亮鍍鎳	119
黑色鍍鎳	120
鋁和鋅的鍍鎳	121
電解液的配制	121
使用不溶解的陽極鍍鎳	123
鍍鎳電解液在工作中發生的毛病及其消除方法	123
溶液酸度的影響	123
溶液中的雜質的影響	125
鍍鎳電解液的校正	128
鎳鍍層的缺陷	130
鍍層脫落	130
斑點	131
鍍焦	132
多孔	132
缺陷的修正	133

第六章 鍍 銅

酸性鍍銅電解液	135
光亮鍍銅電解液	138
氰化物鍍銅電解液	138
氰化物鍍銅電解液的配制	141
電解液在工作中的毛病及電解液的校正	143
在非氰化物電解液中鍍銅	144

第七章 鍍 鉻

電鍍鉻層的性质	146
鍍鉻的用途	147
鍍鉻工艺	149

电解液成分的选择	149
硫酸浓度的影响	150
三价铬和铁的影响	151
镀铬规范	152
铬的沉积速度 (镀铬的速度)	155
阳极和阳极过程	157
镀铬过程的工艺特点	158
装饰-防蚀镀铬	162
耐磨镀铬	163
机器零件	163
量具	166
切削工具 (刀具)	170
多孔性镀铬 (松孔镀铬)	173

第八章 镀 锌

酸性电解液	178
电解液的配制和校正	182
除掉有害杂质	183
酸性镀锌电解液在工作中的毛病	183
碱性氰化物电解液	185
配制和校正	187
除掉有害杂质	188
氰化物电解液在工作中的毛病	189
碱性非氰化物锌酸盐电解液	190
锌酸盐电解液的配制	191
锌酸盐电解液在工作中的毛病	191

第九章 镀 镉

镀镉电解液	194
氰化物镀镉电解液在工作中的毛病及其消除方法	197

第十章 镀 锡

酸性镀锡电解液	200
---------------	-----

酸性鍍錫電解液的配制	201
酸性鍍錫電解液在工作中的毛病及其消除方法	203
碱性鍍錫電解液	204
碱性鍍錫電解液的配制	205
碱性鍍錫電解液在工作中的毛病及消除方法	207

第十一章 電鍍車間的設備

電源	208
電鍍槽	209
滾筒機和鐘形機	211
電鍍半自動機和自動機	214
干燥設備	216
掛具	217

第十二章 電鍍層在車間條件下的質量檢驗

按外觀評定鍍層質量	219
根據電流密度測定鍍層厚度	219
用溶解法測定鍍層厚度	223
用點滴法測定鍍層厚度	223
用液流法測定鍍層厚度	224
孔隙率的測定	228
鍍層的結合強度與硬度的試驗	229

第十三章 安全技術的基本措施

磨光的安全技術	230
浸蝕和除油的安全技術	232
電鍍工段的安全技術	233

第一章 电化学的基本知識

远在十八世紀和十九世紀，俄国的学者就曾致力于闡明电的本性及其应用于实际的方法。在闡明电的本性方面，米哈伊尔·瓦西里叶維奇·罗曼諾索夫（Михаил Васильевич Ломоносов）做了特別多的工作，他的研究在瓦西里·符拉基米罗維奇·彼特罗夫（В.В.Петров）、鮑利斯·謝緬諾維奇·雅柯比（В.С.Якоби）和雅勃洛奇柯（П.Н.Яблочко）这些学者們的著作中，以及其他的許多十九世紀的俄国电工学家們的著作中得到了进一步的发展。

如果說俄国的学者彼特罗夫被認為是世界电工学的奠基人，那末另一位学者——雅柯比便是电化学的奠基人和第一个电化学方法——电鑄术的发明者。雅柯比研究了电的应用，他在世界上破天荒第一次发明了电动机，建造了电动船，发现了借电流取得金屬沉积层和从原模型上取下复制品的方法。这个叫做电鑄的方法是雅柯比在1836年研究出来的。在他作了一系列的成功实验和研究之后，于1837年，他便在彼得堡科学院演出了他从雕刻的門牌上复制下来的电鑄复制品。

由于这个发明雅柯比荣获了彼得堡科学院的杰米多夫奖金和法国科学院的大金質奖章。

雅柯比为了有凭有据地証明他的发明是属于俄国的，他在1839年9月5日給科学院院长写了一封信，并附上了一个鍍金的銅質浮雕。在这封信中他闡述了他的发明的实质：“……方法的实质就是按照一定的……規則利用电流效应，按照这种規則，溶解在酸中的銅不借火焰帮助便轉变为坚固而結实的、質量最优异的物質……。銅溶液沉积在其他任何金屬或合金上时便把它們的整个形状十分显明且惊人准确地复制下来，……倘能遵守一切規則，則溶液可以很方便地和原模型分离开来，这样就获得了准确的、

但与原模型相反的复制品”。雅柯比認為，这种在电流帮助下制造任何种类的复制品的方法，可以推广和应用于任何种类的美术和手工业中去。

雅柯比在信中強調指出：“……发明是属于俄国的”，并請求把他的电鑄品保存起来，以作为历史的証明，証明电鑄术是在1836年发明的，并在1839年……“达到了高度的改善，而有了实际使用的可能”。

1840年雅柯比出版了他編写的“电鑄术”指南，在这本书中他再次証实了俄国在这个发明中的优先地位（电鑄术的发明仅能属于俄国，因为它是在这里誕生和成长的）。在这本书中学者雅柯比簡短、确切、清楚而通俗地描述了他的发明，叙述了他在严格的科学基础上所作的多次实验的結果。

俄国所发明的这个借助于电解而制得凸凹的金属复制品的宝贵方法以及在各种不同表面上鍍复薄金属层的方法，后来在许多国家都被广泛地应用到工业生产中去。电鑄术和它的一切变态，在许多工业部門中，特别是在印刷术中，直到现在还繼續有着它的巨大的实际意义。

电鑄——这是电学在工业中的第一次应用，是第一次电化学生产，同时也是第一次电冶金生产。因此，我們可以公正地認為，俄国是第一个开始在工业中应用电的国家，是第一个創立工业电化学和电冶金学的国家。

在苏維埃政权时代电鍍技术得到了特別大的发展。苏联科学院通訊院士伊茲加雷舍夫（Изгарышев）、副教授庫德利雅采夫（Кудряцев）、教授拜馬柯夫（Баймаков）、教授萊涅尔（Лайнер）、卡班諾夫（Кабанов）、副教授格拉齐安斯基（Грацианский）——这些斯大林獎金荣获者名字，以及其他許多从事电鍍电鑄术理論和实践工作的、給苏联科学的进一步发展带来宝贵贡献的人們的名字是众所周知的。

苏联的学者和許多科学研究所的工作者，以及工厂實驗室和車間的工作者，繼承着科学的遺產，研討了电鍍电鑄术的理論和

实践，改进了电镀的方法。

现在几乎每一个机器制造厂都在某种程度上采用着用于各种不同目的的电镀，特别是在仪器制造业和日常用品的生产上。

电镀技术所研究的，是在金属盐溶液中借助于电流的作用在金属制品表面上沉积出厚度小至千分之几公厘或百分之几公厘的薄金属层的工艺过程。

电镀的目的，是：防止腐蚀，提高抗机械磨损性，造成高的表面硬度或使制品具有美丽的外观。

此外，为了特殊的目的，例如为了使表面具有研磨性，防止制品的局部表面渗碳和渗氮，以及为了复新磨损的零件等，也需要采用电镀。

金属镀层可以分成下列几大类：

1. 保护镀层，其目的仅在于保护制品免受腐蚀。属于此类镀层的有：锌镀层、镉镀层、锡镀层和铅镀层，以及用于保护化学器械的、厚度足够大的铜镀层、镍镀层和银镀层。

2. 目的在于提高制品的抗机械磨损性和造成高的表面硬度的镀层——铬镀层、镍镀层和铁镀层。

3. 保护-装饰镀层，兼有防止制品腐蚀和使其表面具有美丽外观的双重目的，属于此类镀层的有：镍镀层、铬镀层、随后施以氧化的铜镀层、银镀层、金镀层和钴镀层等。制品表面在电镀之前和电镀之后要进行修饰加工（在多数情况下是抛光）。

4. 用于特殊目的的镀层。在制品表面上镀此类镀层的目的不外是：

- 1) 使表面磨配性好：镀铜、镀锡、镀铅、镀镉；
- 2) 保护制品的局部表面：于不渗碳处镀铜；于不渗氮处镀锡；
- 3) 恢复摩擦零件磨损部分的尺寸：镀铬、镀铁和镀铜；
- 4) 保持住表面上的润滑剂：多孔性镀铬；
- 5) 提高表面的反光率：镀银、镀铬、镀铑；
- 6) 提高导电性或赋予表面以导电性：镀银、镀铜、镀锡；

7) 为钎焊做准备: 鍍銅、鍍錫。

电鍍层在工业上的广泛而种类繁的应用范围大体上就是这样。现在, 在苏联大多数的机器制造厂都建有设备良好的电鍍車間。

要想很好地了解电鍍时所发生的各种过程, 首先必须熟悉电学和电化学的基本定律。

溶 液

在电鍍术上采用盐、碱和酸的水溶液。依照物质的含量溶液可分为: 1) 稀溶液——溶液中含有少量的溶质(溶解在溶液中的物质); 2) 浓溶液——溶液中含有多量的溶质。

溶液中所溶的物质在一定温度下不能再多溶解时, 这种溶液叫做饱和溶液。溶解到饱和点的物质的数量决定着它的溶解度。

为了更精确地测定起见, 溶质在溶液中的含量要用浓度或百分比来表示。在 1 公升溶液中所含溶质的数量(克)叫做溶液的浓度, 用克/公升表示。例如, 如果鍍镍溶液的浓度是 200 克/公升镍盐, 那就是说在 1 公升溶液中含有 200 克溶解的镍盐。物质在溶液中的含量也可以用百分比来表示, 百分比所表示的, 就是每 100 克溶液中含有多少克溶质。

溶质的含量——溶液的浓度通常用比重计按溶液的比重来测定, 因为溶液的比重是随着溶质数量的变化而变化的。

化合物的溶解度是各不相同的, 它与物质的本性和温度有关。

某些化合物在水中的溶解度

化合物的名称	在18°C温度下的溶解度 (克/公升)
氯化铅.....	9
氯化钠.....	39
硼酸.....	43
铝明矾.....	50
硫酸铵镍.....	94
硫酸钠.....	132

化合物的名称

在18°C温度下的溶解度 (克/公升)

醋酸鈉.....	150
碳酸鈉.....	160
硫酸錫.....	188
亚硫酸鈉.....	230
硫酸鋁.....	305
硫酸鎂.....	332
硫酸銅.....	348
氯化銨.....	350
氯化鋁.....	435
硫酸鋅.....	509
硝酸銀.....	615
鉻酐.....	635
硫酸銨.....	742

多数物質的溶解度随着温度的升高而升高，其溶解速度也随着温度的升高而增大。例如，硼酸的溶液度在10°C时为43克/公升，而在100°C时則为 280克/公升，因此硼酸需要在热水中溶解。

电 离

酸、碱、盐溶于水时，它們的分子便分解为带正电荷的原子（或原子团）或带負电荷的原子（或原子团），这种原子（或原子团）叫做离子。溶解在水中的物質的分子分解为离子的过程叫做电离。

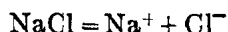
由于电离而生成的带电的分子的質点——离子，在电流作用下能够在溶液中移动，因此，这样的溶液能够傳导电流，故被叫做电解液。

大多数酸、碱、盐的溶液都是电解液，因为它们都能傳导电流。这样的溶液叫做第二类导电体，以区别于第一类金屬导电体。

任何物質的分子电离时，正电荷的总量总是等于負电荷的总量，也就是說，溶液在电上是中性的。例如，食盐（氯化鈉）溶解时，它的分子便发生离解，分解成为带正电荷的鈉离子和带負电荷的氯离子。

带正电荷的离子叫做阳离子(或叫做阳离子)。阳离子可在其化学符号上冠以正号(+)或点(·)来表示。另一部分带负电荷的离子叫做阴离子(或叫做阴离子),在其化学符号上冠以负号(-)或(')符号来表示。

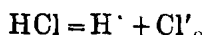
例如,氯化钠的离解这样来表示:



或



盐酸离解为氢和氯



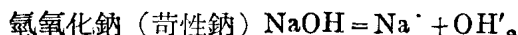
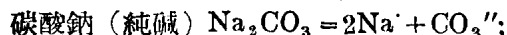
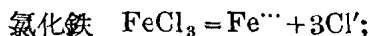
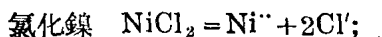
硫酸离解为两个氢离子和一个阴离子——酸根: $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}^{\cdot} + \text{SO}_4''$; 此时一个双电荷的(二价的) SO_4'' 阴离子需要两个单电荷的(一价的)阳离子($2\text{H}^{\cdot}$)。

硫酸铜在溶液中按下列方程式离解:



也就是说,在这种情况下只有两个离子,并且两个离子都是带双电荷的(二价的)。

再列举一些其他的离解的例子:



总而言之,离子的电荷数总是符合于它的原子价。

溶液导电性的好坏程度跟离解度有关。有大量的分子离解为离子的溶液,也就是说,强烈离解的溶液能很好地传导电流,因为

电流通过溶液仅仅是靠离子来传送的。

含有較少量离子的溶液，也就是說，离解性弱的溶液不能很好地傳送电流。

强酸、强碱和大多数的可溶解的盐类属于良电解质，即属于导电性好的溶液，因为它们离解度都是很大的。

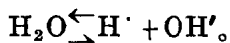
大多数的有机化合物属于劣电解质。

升高温度能增大溶液的导电性，因为升高温度会增大离子的迁移率和溶液的离解度。在冷溶液中分解过的那些分子，在加热下通常还能在某种程度上繼續分解，从而增大溶液的离解度。在加热下增大溶液的导电性——这在电镀电鑄术上是一个非常重要的情况。

氢离子濃度

在任何水溶液（不管是純水或是酸、碱、盐的溶液）中，由于电离的结果都有氢离子 H^+ 或氢氧根离子 OH^- ，前者表示酸，后者表示碱。这些离子越多，物質的酸性或碱性表現得就越强。

酸度决定于已离解的氢离子的数量。在水中 H^+ 离子和 OH^- 离子在数量上相等，也就是說，水是中性的。仅仅一小部分水 (H_2O) 的分子离解为 H^+ 离子和 OH^- 离子，即在 $22^\circ C$ 温度下 10 000 000 公升水中仅含有 1 克 H^+ 和 17 克 OH^- 。水在极小的程度上按下式离解为氢离子和氢氧根离子：



例如，在通常的条件下，10 000.000 公升的水中仅有 1 克分子（18克）的水离解，氢离子和氢氧根离子的濃度相等，各等于 $\frac{1}{10\,000\,000}$ 或 $\frac{1}{10^7}$ 克当量。由此可知，含有相同 $\left(\frac{1}{10^7}\right)$ 克当量氢离子和氢氧根离子的純水是呈中性的。

在酸性溶液中，如果它的氢离子为中性溶液中的 10 倍，那末，氢离子的濃度将等于 $\frac{10}{10\,000\,000} = \frac{1}{1\,000\,000} = \frac{1}{10^6}$ ；在酸

性較高的溶液中，如果氫離子為中性溶液中的100倍，那末，氫離子濃度將等於 $\frac{100}{10\,000\,000} = \frac{1}{100\,000} = \frac{1}{10^5}$ ，依此類推。

反之，在鹼性溶液中，如果氫離子為中性溶液中的十分之一（氫氧根離子則為中性溶液中的10倍），那末，氫離子濃度將等於 $\frac{1}{10\,000\,000 \times 10} = \frac{1}{10^8}$ ；如果氫離子為中性溶液中的百分之一，

那末，氫離子濃度將等於 $\frac{1}{100\,000\,000 \times 10} = \frac{1}{10^9}$ ，依此類推。為了方便起見，氫離子的濃度不以上列分數形式來表示，而以作為分母的數字10的指數來表示。這個指數越小，溶液的酸性反應就越強；指數越大，溶液的鹼性反應就越大。

氫離子濃度規定用這個指數的絕對值來表示，它被稱為氫離子指數（ pH ）。

按這種表示方法，溶液的酸度或鹼度具有如下的 pH 值：

$pH=1$	} 強酸性溶液；	$pH=8$	} 弱鹼性溶液；
$pH=2$		$pH=9$	
$pH=3$		$pH=10$	
$pH=4$	} 弱酸性溶液；	$pH=11$	} 強鹼性溶液；
$pH=5$		$pH=12$	
$pH=6$		$pH=13$	
$pH=7$ 中性溶液；		$pH=14$	

由此可知： $pH=7$ 時溶液呈中性， pH 在 7~1 範圍內時溶液呈酸性； pH 值越小，其酸度越大。

pH 值在 7~14 範圍內時溶液呈鹼性， pH 值越大，其鹼度越大。

必須注意， pH 值的微小變化即表示氫離子濃度的巨大變化，因為 pH 是指數。

在電鍍術上一般都用 pH 來表示電解液的酸度；在說明工作方法時永遠要指出一定的槽液正常工作時的酸度 pH 。因此，了解