

简明电镀工手册

天津市电镀工程学会 编
天津市电镀研究所



机械工业出版社
China Machine Press

简明电镀工手册

天津市电镀工程学会 编
天津市电镀研究所

机械工业出版社

本手册内容包括：常用电镀数据和资料、镀前和镀后处理、电镀单金属和合金、塑料电镀和化学镀、不合格镀层退镀、电镀常用设备、镀层性能测试、电解液性能测试和成分分析以及电镀废水和废气的治理等共 15 章，书末附有电镀常用标准目录索引、电镀常用阳极材料和电镀常用添加剂及电镀设备生产信息等。

本手册的特点是：简明扼要、通俗易懂、实用性强，是电镀生产第一线工程技术人员和操作工人的必备工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明电镀工手册/天津市电镀工程学会，天津市电镀研究所编. —北京：机械工业出版社，2000.8

ISBN 7-111-08090-4

I. 简… II. ①天…②天… III. 电镀-手册
IV. TQ153-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 60692 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：崔世荣 版式设计：冉晓华 责任校对：李秋荣

封面设计：姚毅 责任印制：路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·12.75 印张·2 插页·363 千字

0 001—4000 册

定价：20.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

电镀是利用电解使金属或合金沉积在制品表面，形成均匀、致密、结合力良好的金属层的过程。

目前，电镀的应用已遍及机械、轻工、仪器仪表、电子、交通运输、航空、造船、化工、冶金、兵器等国民经济的各个部门。

电镀的主要用途可归纳为以下四个方面：

1. 提高金属制品或零件的耐蚀性能。例如钢铁制品或零件表面镀锌、镀镉等。

2. 提高金属制品的防护-装饰性能。例如钢铁制品表面镀铜/镍/铬或镀低锡青铜/铬等。

3. 修复金属零件尺寸。例如轴、齿轮、花键等重要机械零件使用后磨损，可采用镀铁、镀铬等恢复其尺寸。

4. 电镀还可赋予某些制品或零件某种特殊的功能。例如镀硬铬可提高其耐磨性能；镀铜、镀银可提高其导电性能；镀镍-钴、镀镍-铁、镀镍-钴-磷合金可提高其导磁性能；镀锡可提高其耐硫酸、耐铬酸腐蚀性能等等。

编写本手册的目的，在于以较小的篇幅，将常用的电镀数据和资料、镀前处理、电镀单金属和合金、塑料电镀、化学镀、镀后处理、不合格镀层的退镀、电镀常用设备、镀层性能测试、电解液的性能测定与成分分析，以及电镀废水和废气的治理等基础知识及操作技能，进行简明扼要、通俗易懂的介绍，以供电镀生产第一线的工程技术人员和操作工人，特别是中青年工人学习、查阅和参考。

参加本书编审人员，为天津市电镀工程学会和天津市第一电镀厂的具有丰富理论知识和实际操作经验的专家、教授和高中级工程技术人员，他们是：陈敬田、王士遂、梁启民、马学义、任宝泉、陈爱琴、邵凤珍、孙潮、匙彦琴、王凤年、闫立泉、刘建民。其中，陈敬田为主编，王士遂为副主编，梁启民为主审。

由于编写时间仓促、收集资料不全、水平有限，书中错误和不当之处难免，欢迎广大读者批评指正。

编审者

目 录

前言

第一章 常用数据和资料	1
第一节 元素的相对原子质量及其性质	1
第二节 电镀常用单位及其换算	5
第三节 表面积的计算	11
第四节 电镀中常用的金属化合物性质	16
第五节 金属的标准电极电位	21
第六节 某些电镀溶液的电流效率	21
第七节 某些化学元素的电化当量	22
第八节 镀层厚度的计算	24
第九节 几种常用溶液含量与密度的关系	24
第十节 磨料粒度及表面粗糙度	33
第十一节 各种导体允许通过的电流值	35
第十二节 电镀级塑料的主要特性	38
第十三节 磨（抛）光轮转速与圆周速度	40
第二章 电镀前处理	43
第一节 磨抛光	43
第二节 除油及其溶液的配制	50
第三节 化学除锈及其溶液的配制	53
第四节 活化及其溶液的配制	58
第五节 难镀金属的镀前处理	58
第三章 电镀单金属	64
第一节 镀锌	64
第二节 镀铜	86

第三节	镀镍	101
第四节	镀铬	122
第五节	镀锡	133
第六节	镀银	139
第七节	镀金	143
第八节	电镀其它单金属 (铂、铑、钯、钌)	146
第四章	电镀合金	152
第一节	镀仿金层	152
第二节	镀铜锡合金	156
第三节	镀铅锡合金	160
第四节	镀镍铁合金	163
第五节	镀锡镍合金	165
第五章	塑料电镀	168
第一节	塑料电镀种类	168
第二节	ABS 塑料电镀工艺过程	168
第三节	镀前处理	169
第四节	化学镀	174
第五节	塑料的电镀故障与排除方法	177
第六节	塑料电镀不合格镀层的退除	179
第六章	化学镀	180
第一节	化学镀镍	181
第二节	化学镀铜	189
第七章	镀后处理	192
第一节	钝化	192
第二节	涂膜	202
第三节	封闭	203
第四节	着色	204
第五节	除氢	215
第八章	金属镀层的退镀	216

第一节	锌镀层的退镀	216
第二节	锡镀层的退镀	216
第三节	铜镀层的退镀	217
第四节	镍镀层的退镀	217
第五节	铬镀层的退镀	218
第六节	其它单金属镀层的退镀	220
第七节	合金镀层的退镀	221
第九章	典型工艺流程	224
第十章	金属的氧化与磷化	228
第一节	钢铁件的氧化处理	228
第二节	铝及其合金的氧化与着色	236
第三节	钢铁件的磷化处理	261
第十一章	电镀设备	272
第一节	电镀用挂具	272
第二节	表面整平设备	273
第三节	固定槽设备	274
第四节	直流电源设备	278
第五节	通风设备	279
第六节	过滤设备和搅拌设备	280
第七节	滚镀设备	281
第八节	电镀自动线	286
第十二章	镀层性能的测试	287
第一节	镀层外观的检验	287
第二节	镀层结合力的检测	288
第三节	镀层厚度的测量	289
第四节	镀层硬度的测量	292
第五节	镀层孔隙率的测定	293
第六节	镀层钎焊性能的测定	295
第七节	镀层耐蚀性的试验	296

第十三章 电解液性能的测定	299
第一节 电解液 pH 值的测定	299
第二节 霍尔槽试验	299
第三节 均镀能力的测试	301
第四节 深镀能力的测定	303
第五节 电流效率的测定	305
第十四章 电解液的分析方法	307
第一节 通用总则	307
第二节 镀前及镀后处理溶液的分析	307
第三节 电镀单金属电解液的分析	313
第四节 电镀合金电解液的分析	347
第五节 氧化、磷化溶液的分析	353
第六节 化学镀溶液的分析	362
第七节 标准溶液的配制与标定	367
第八节 指示剂和缓冲溶液的配制	371
第十五章 电镀废水和废气的治理	373
第一节 污水治理	373
第二节 废气治理	378
主要参考文献	380
附录	381
附录 A 电镀常用标准目录索引	381
附录 B 电镀常用阳极材料	383
附录 C 电镀常用添加剂及电镀设备生产信息	385
附录 D 几种常用镀种电镀时间与镀层厚度的关系	392
附录 E 部分化学药品名称及分子式对照表	395

第一章 常用数据和资料

第一节 元素的相对原子质量及其性质

国际上用碳的一个同位素相对原子量 $^{12}\text{C} = 12$ 为基准，其它原子的质量和它相比较所得数值，就是该种元素的相对原子质量。表 1-1 是按元素符号的英文字母顺序排列的元素的相对原子质量及其性质。

表 1-1 元素的相对原子质量及其性质

元 素		原子 序数	相对原 子质量	密 度 /(g/cm ³)	熔 点 /℃	沸 点 /℃	氧化态
符号	名称						
Ac	锕	89	227.03	10.1	1050	3100	3
Ag	银	47	107.86	10.5	916	2210	1
Al	铝	13	26.98	2.70	660	2470	3
Ar	氩	18	39.95	1.40	-189	-186	
As	砷	33	74.92	5.72		613(升华)	3,5
Au	金	79	196.97	19.3	1063	2970	1,3
B	硼	5	10.81	2.34	2300	3930	3
Ba	钡	56	137.32	3.51	714	1640	2
Be	铍	4	9.01	1.85	1280	2477	2
Bi	铋	83	208.98	9.80	271	1560	3,5
Br	溴	35	79.90	3.12	-7.2	58.8	1,3,4, 5,6
C	碳	6	12.01	2.25(石墨) 3.51(金刚石)	3730 (升华)	4830	2,4
Ca	钙	20	40.08	1.54	850	1487	2

(续)

元 素		原子序数	相对原子质量	密度 /(g/cm ³)	熔点 /℃	沸点 /℃	氧化态
符号	名称						
Cd	镉	48	112.41	8.64	321	765	2
Ce	铈	58	140.11	6.78	795	3470	3,4
Cl	氯	17	35.45	1.56	-101	-34.7	1,3,4, 5,6,7
Co	钴	27	58.93	8.90	1492	2900	2,3
Cr	铬	24	51.99	7.19	1890	2482	2,3,6
Cs	铯	55	132.90	1.90	28.7	690	1
Cu	铜	29	63.55	8.92	1083	2595	1,2
Dy	镝	66	162.50	8.56	1410	2600	3
Er	铒	68	167.26	9.16	1500	2900	3
Eu	铕	63	151.96	5.24	826	1440	2,3
F	氟	9	18.99	1.11	220	188	1
Fe	铁	26	55.85	7.86	1535	3000	2,3,6
Ga	镓	31	69.72	5.91	29.8	2400	3
Gd	钆	64	157.25	7.95	1310	3000	3
Ge	锗	32	72.61	5.35	937	2830	4
H	氢	1	1.01	0.07	-259	-252	1
He	氦	2	4.00	0.147	-270	-269	
Hf	铪	72	178.49	13.3	2220	5400	4
Hg	汞	80	200.59	13.6	-38.9	357	1,2
Ho	钬	67	164.93	8.80	1460	2600	3
I	碘	53	126.90	4.93	114	184	1,3,5,7
In	铟	49	114.82	7.30	157	2000	1,3
Ir	铱	77	192.22	22.5	2440	5300	2,3,4,6

(续)

元 素		原子 序数	相对原 子质量	密度 /(g/cm ³)	熔点 /℃	沸点 /℃	氧化态
符号	名称						
K	钾	19	39.09	0.86	63.7	774	1
Kr	氪	36	83.80	2.16	-157	-152	2
La	镧	57	138.90	6.19	920	3470	3
Li	锂	3	6.94	0.53	180	1330	1
Lu	镥	71	174.97	9.84	1650	3330	3
Mg	镁	12	24.31	1.74	650	1110	2
Mn	锰	25	54.93	7.20	1240	2100	2,3, 4,6,7
Mo	钼	42	95.94	10.2	2610	5560	2,3, 4,5,6
N	氮	7	14.01	0.81	-210	-196	1,2, 3,4,5
Na	钠	11	22.98	0.97	97.8	890	1
Nb	铌	41	92.91	8.57	2470	3300	3,5
Nd	钕	60	144.24	7.00	1020	3030	3
Ne	氖	10	20.18	1.20	-249	-246	
Ni	镍	28	58.69	8.90	1453	2730	2,3
Np	镎	93	237.05	20.4	640		3,4,5,6
O	氧	8	15.99	1.15	-218	-183	2
Os	锇	76	190.2	22.5	3000	5000	2,3, 4,6,8
P	磷	15	30.97	1.82(白) 2.34(红)	44.2(白) 590(红)	280(白)	3,5
Pa	镤	91	231.03	15.4	1230		4,5
Pb	铅	82	207.2	11.3	327	1744	2,4
Pd	钯	46	106.42	12.0	1550	3980	2,4

(续)

元 素		原子	相对原子	密度	熔点	沸点	氧化态
符号	名称	序数	子质量	$/(g/cm^3)$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	
Pr	镨	59	140.91	6.78	935	3130	3,4
Pt	铂	78	195.08	21.4	1769	4530	2,4,6
Ra	镭	88	226.03	5.0	700	1140	2
Rb	铷	37	85.47	1.53	38.9	688	1
Re	铼	75	186.21	20.5	3180	5630	2,4,5,6,7
Rh	铑	45	102.90	12.4	1970	4500	2,3,4
Ru	钌	44	101.07	12.3	2500	4900	3,4, 5,6,8
S	硫	16	32.07	2.07	113	445	2,4,6
Sb	锑	51	121.75	6.62	630	1380	3,5
Sc	钪	21	44.96	2.99	1540	2730	3
Se	硒	34	78.96	4.81	217	685	2,4,6
Si	硅	14	28.09	2.33	1410	2360	4
Sm	钐	62	150.36	7.54	1070	1900	2,3
Sn	锡	50	118.69	7.28	232	2270	2,4
Sr	锶	38	87.62	2.62	768	1380	2
Ta	钽	73	180.95	16.6	3000	5420	5
Tb	铽	65	158.93	8.27	1360	2800	3,4
Te	碲	52	127.60	6.25	450	990	2,4,6
Th	钍	90	232.04	11.7	1750	3850	3,4
Ti	钛	22	47.88	4.54	1675	3260	2,3,4
Tl	铊	81	204.38	11.8	304	1460	1,3
Tm	铥	69	168.93	9.33	1540	1730	2,3
U	铀	92	238.03	19.1	1130	3820	3,4,5,6

(续)

元 素		原子	相对原子	密度	熔点	沸点	氧化态
符号	名称	序数	子质量	$/(g/cm^3)$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	
V	钒	23	50.94	5.96	1900	3000	2,3,4,5
W	钨	74	183.85	19.4	3410	5930	2,4,5,6
Xe	氙	54	131.29	3.52	-112	-108	2,4,6,8
Y	钇	39	88.91	4.34	1500	2930	3
Yb	镱	70	173.04	6.98	824	1430	2,3
Zn	锌	30	65.39	7.14	420	907	2
Zr	锆	40	91.22	6.49	1850	3580	2,3,4

第二节 电镀常用单位及其换算

一、常用单位表

电镀常用单位见表 1-2。

表 1-2 常用单位

类别	符号	单位名称	符号	类别	符号	单位名称	符号
面积	A	平方米	m^2	硬度		维氏硬度	HV
		平方分米	dm^2			布氏硬度	HB
		平方厘米	cm^2			洛氏硬度	HR
		平方毫米	mm^2	密度	ρ	千克每立方米	kg/m^3
厚度	δ	微米	μm			千克每升	kg/L
		毫米	mm			克每立方厘米	g/cm^3
浓度	c	摩尔每立方米	mol/m^3			克每升	g/L
		克每升	g/L	体积		立方米	m^3
		毫克每升	mg/L			升	L
		毫升每升	mL/L				

(续)

类别	符号	单位名称	符号	类别	符号	单位名称	符号
电流	I	安 [培]	A	时间	t	[小] 时	h
		毫安	mA			分	min
电压	V	伏	V			秒	s
电流 密度	D_K	阴极电流密度	A/dm ³	温度	T	摄氏度	℃
	D_A	阳极电流密度	A/dm ³			华氏度	°F

二、单位换算表

常用单位换算见表 1-3~表 1-7。

表 1-3 面积单位换算

单位名称	符 号	对主单位 (m ²) 的比
平方米	m ²	1
平方分米	dm ²	1/100
平方厘米	cm ²	1/10000
平方毫米	mm ²	1/1000000

表 1-4 厚度值换算

单位名称	符 号	对主单位 (mm) 的比
毫米	mm	1
微米	μm	1/1000

表 1-5 硬度值换算

布 氏 HB30D ²	洛 氏				维氏 HV	肖氏 HS
	HRC	HRA	HR15N	HR30N		
	70	86.6			1037	
	69.5	86.3			1017	
	69	86.1			997	
	68.5	85.8			978	

(续)

布氏 HB30D ²	洛氏				维氏 HV	肖氏 HS
	HRC	HRA	HR15N	HR30N		
	68	85.5			959	
	67.5	85.2			941	
	67	85			923	
	66.5	84.7			906	
	66	84.4			889	90
	65.5	84.1			872	
	65	83.9	92.2	81.3	856	88
	64.5	83.6	92.1	81	840	
	64	83.3	91.9	80.6	825	86
	63.5	83.1	91.8	80.2	810	
	63	82.8	91.7	79.8	795	85
	62.5	82.5	91.5	79.4	780	
	62	82.2	91.4	79	766	84
	61.5	82	91.2	78.6	752	
	61	81.7	91	78.1	739	82
	60.5	81.4	90.8	77.7	726	
	60	81.2	90.6	77.3	713	81
	59.5	80.9	90.4	76.9	700	
	59	80.6	90.2	76.5	688	80
	58.5	80.3	90	76.1	676	
	58	80.1	89.8	75.6	664	78
	57.5	79.8	89.6	75.2	653	
	57	79.5	89.4	74.8	642	77
	56.5	79.3	89.1	74.4	631	
	56	79	88.9	73.9	620	75
	55.5	78.7	88.6	73.5	609	
	55	78.5	88.4	73.1	599	73
	54.5	78.2	88.1	72.6	589	
	54	77.9	87.9	72.2	579	71
	53.5	77.7	87.6	71.8	570	
	53	77.4	87.4	71.3	561	70
	52.5	77.1	87.1	70.9	551	

(续)

布氏 HB30D ²	洛氏				维氏 HV	肖氏 HS
	HRC	HRA	HR15N	HR30N		
	52	76.9	86.6	70.4	543	69
	51.5	76.6	86.6	70	534	
	51	76.3	86.3	69.5	525	68
	50.5	76.1	86.0	69.1	517	
	50	75.8	85.7	68.6	509	66
	49.5	75.5	85.5	68.2	501	
	49	75.3	85.2	67.7	493	65
	48.5	75.0	84.9	67.3	485	
	48	74.7	84.6	66.8	478	64
	47.5	74.5	84.3	66.4	470	
449	47	74.2	84.0	65.9	463	63
442	46.5	73.9	83.7	65.5	456	
436	46	73.7	83.5	65	449	61
430	45.5	73.4	83.2	64.6	443	
424	45	73.2	82.9	64.1	436	59
418	44.5	72.9	82.6	63.6	429	
413	44	72.6	82.3	63.2	423	58
407	43.5	72.4	82.0	62.7	417	
401	43	72.1	81.7	62.3	411	57
396	42.5	71.8	81.4	61.8	405	
391	42	71.6	81.1	61.3	399	56
385	41.5	71.3	80.8	60.9	393	
380	41	71.1	80.5	60.4	388	55
375	40.5	70.8	80.2	60	382	
370	40	70.5	79.9	59.5	377	54
365	39.5	70.3	79.6	59	372	
360	39	70	79.3	58.6	367	52
355	38.5	69.7	79.0	58.1	362	
350	38	69.5	78.7	57.6	357	51
345	37.5	69.2	78.4	57.2	352	
341	37	69	78.1	56.7	347	50
336	36.5	68.7	77.8	56.2	342	