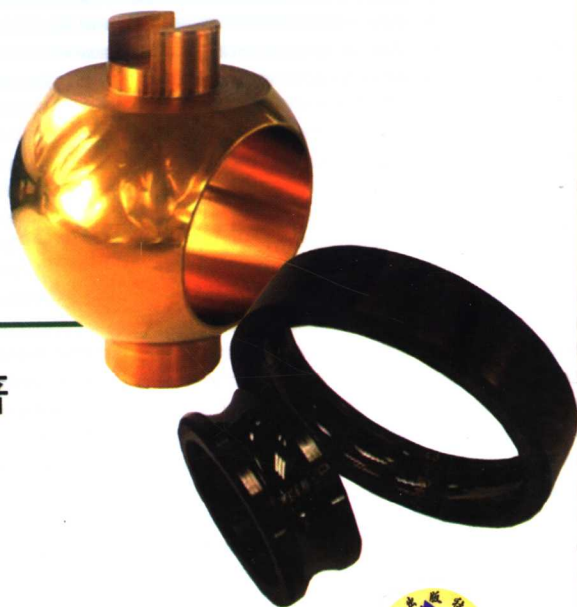


BIAO MIAN GONG CHENG JI SHU

表面工程技术 工艺方法400种

GONG YI FANG FA 400 ZHONG

蔡珣 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



表面工程技术 工艺方法 400 种

蔡珣 编著



机械工业出版社

本书在参阅大量国内外文献资料的基础上,结合作者 20 多年来在表面工程科研和教学工作中所积累的理论与实践经验,并吸收了国内外同行许多宝贵经验,以条块形式介绍了 400 种表面工程技术工艺方法。本书既包括生产中广泛使用的电镀、化学镀、化学及电化学转化、涂装、热喷涂、堆焊、表面淬火热处理和化学热处理等传统工艺方法,又有各种物理气相沉积、化学气相沉积、高能束表面改性以及分子束外延等新工艺、新技术。本书覆盖面广,简明实用,具有系统性和新颖性。

本书可供从事表面工程技术工作的工程技术人员、工人阅读参考,也可供相关专业在校师生以及研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

表面工程技术工艺方法 400 种/蔡珣编著. —北京:
机械工业出版社, 2006.5
ISBN 7-111-18896-9

I. 表… II. 蔡… III. ①金属表面处理②金属表面
保护 IV. TG17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 032660 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 陈保华

责任编辑: 白 刚 版式设计: 张世琴 责任校对: 魏俊云

封面设计: 陈 沛 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

148mm × 210mm · 10.25 印张 · 302 千字

0 001—4 000 册

定价: 25.00 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) 68326294

编辑热线电话 (010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

从使用的角度，多数工件往往是通过产生与表面有关的摩擦、磨损、腐蚀等现象而导致最后失效或破坏的，如刀具和工模具的磨损、疲劳断裂，化工容器和管道的腐蚀、氧化锈蚀等；至于多数电子、光学器件，也往往建立在充分利用发生在表面或近表面的物理效应的基础上。因此，材料的表面改性、工件的表面处理不仅具有重要的研究价值，而且在工程上具有极其重要的实用价值。

表面工程就是利用各种表面处理、表面涂层和表面改性技术赋予材料或工件表面以预定的性能，使其表心材质有最佳的组合，从而能最经济而有效地提高产品质量和延长使用寿命。随着我国国民经济和科学技术的迅速发展，表面工程技术近二三十年来发展极为迅速，除了传统的电镀、堆焊、涂装、表面和化学热处理等工艺不断改进和创新外，近代迅速发展起来的借助真空技术、电磁场、高能电子束、激光束、离子束和等离子体等技术的各种物理气相沉积（PVD）、化学气相沉积（CVD）和高能束表面改性技术等新工艺、新技术更是层出不穷。目前，表面工程技术广泛应用于机械、轻工、仪器仪表、冶金、化工、交通运输、能源、环保、航空航天、兵器等国民经济各个行业，以及微电子、计算机、通信、光、电、声、磁等各个领域。

为了适应表面工程技术飞速发展的需要，近几年国内外出版了不少有关表面工程的书籍，但是有的属于专著或教科书性质，偏重于学术性和理论，有的集中在某一种或几种表面工程技术，系统性、全面性不够。因此，编写一本简明、实用、较系统地介绍各种表面工程技术工艺方法的书籍就很有必要。

本书在参阅大量国内外文献资料的基础上，结合作者 20 多年来

IV

在表面工程科研和教学工作所积累的理论与实践经验，并吸收了国内外同行许多宝贵经验，以条块形式介绍了 400 种表面工程技术工艺方法。其中，电镀工艺方法 101 种，化学镀工艺方法 25 种，化学及电化学转化工艺方法 37 种，涂装工艺方法 20 种，热喷涂工艺方法 16 种，堆焊工艺方法 13 种，表面淬火热处理工艺方法 15 种，化学热处理工艺方法 113 种，物理气相沉积工艺方法 25 种，化学气相沉积工艺方法 9 种，高能束表面改性工艺方法 16 种，其他表面工程技术工艺方法 10 种。这 400 种表面工程技术工艺方法既包括生产中广泛使用的电镀、化学镀、化学及电化学转化、涂装、热喷涂、堆焊、表面淬火热处理和化学热处理等传统工艺方法，又有各种物理气相沉积、化学气相沉积、高能束表面改性以及分子束外延等新工艺方法。

表面工程涉及多种学科领域，是一个多学科交叉的新兴边缘学科。由于作者的学识有限，知识面、应用面较窄，难免有疏漏和错误，敬请广大读者不吝批评指正。

蔡 珣

于上海交通大学

目 录

前言

第一章 电镀	1
第一节 镀锌及其合金	3
1. 氰化物镀锌	3
2. 碱性锌酸盐镀锌	4
3. 铵盐镀锌	4
4. 氯化物镀锌	6
5. 硫酸盐镀锌	6
6. 镀锌镍合金	7
7. 镀锌钴合金	8
8. 镀锌铁合金	9
9. 镀锌镍铁合金	10
10. 镀锌铁钴合金	10
第二节 镀镍及其合金	11
11. 普通镀镍	12
12. 光亮镀镍	13
13. 半光亮镀镍	14
14. 多层镀镍	15
15. 镀黑镍	16
16. 镀镍铁合金	17
17. 镀镍钴合金	18
18. 镀镍磷合金	19
19. 镀镍钨合金	20
第三节 镀铬及其合金	21
20. 防护装饰性镀铬	22

21. 镀硬铬	25
22. 镀松孔铬	26
23. 镀黑铬	26
24. 三价铬镀铬	27
25. 镀铬铝合金	28
26. 镀铬铁合金	29
27. 镀铬铁镍合金	29
第四节 镀铜及其合金	30
28. 硫酸盐镀铜	31
29. 焦磷酸盐镀铜	32
30. 氟硼酸盐镀铜	33
31. 氰化物镀铜	34
32. 氰化物镀铜锡合金	35
33. 焦磷酸盐镀铜锡合金	36
34. 柠檬酸盐—锡酸盐镀铜锡合金	37
35. 镀铜锌合金	37
36. 仿金电镀	38
第五节 镀锡及其合金	40
37. 硫酸盐镀锡	40
38. 氟硼酸盐镀锡	41
39. 碱性镀锡	42
40. 晶纹镀锡	42
41. 镀锡铅合金	42
42. 镀锡镍合金	43
43. 镀锡钴合金	44
44. 镀锡锌合金	45
第六节 镀铬	46
45. 氰化物镀铬	47
46. 硫酸盐镀铬	48
47. 氨基酸络合物镀铬	48
48. 无氰镀铬钛合金	49
第七节 镀锌及其合金	50
49. 氟硼酸盐镀锌	50
50. 氨基磺酸盐镀锌	51

51. 酒石酸盐镀铅	52
52. 镀铅锡合金	52
第八节 镀锌	53
53. 氯化亚铁镀锌	54
54. 硫酸亚铁镀锌	55
55. 硫酸亚铁—氯化亚铁镀锌	55
56. 氟硼酸镀锌	56
第九节 镀金及其合金	56
57. 碱性氰化物镀金	57
58. 酸性和中性镀金	58
59. 亚硫酸盐镀金	58
60. 金合金的电镀	59
第十节 镀银及其合金	62
61. 氰化物镀银	62
62. 硫代硫酸盐镀银	64
63. 其他镀银工艺	65
64. 镀银铋合金	65
65. 镀银镉合金	66
66. 镀银锌合金	67
67. 镀银铅合金	68
68. 镀银锡合金	68
69. 镀银铜合金	69
70. 镀银镍合金	69
71. 镀银钴合金	70
72. 镀银钡合金	70
73. 镀银铂合金	71
第十一节 镀其他金属	71
74. 镀铂	71
75. 镀铈	72
76. 镀钡	73
77. 镀钼	74
78. 镀钨	75
第十二节 塑料电镀	75

79. ABS 塑料的电镀	75
第十三节 复合电镀	77
80. 镍基耐磨复合电镀	78
81. 镍—磷基耐磨复合电镀	79
82. 铬基耐磨复合电镀	79
83. 钴基和铁基耐磨复合电镀	80
84. 镍基自润滑复合电镀	80
85. 铜基自润滑复合电镀	81
86. 金基自润滑复合电镀	82
87. 防护装饰性复合电镀	82
第十四节 脉冲电镀	84
88. 酸性脉冲镀金	84
89. 亚硫酸盐脉冲镀金	85
90. 脉冲换向镀金	85
91. 脉冲镀银	86
92. 脉冲镀铂	87
93. 脉冲镀钼	87
94. 脉冲镀镍及其合金	88
95. 脉冲镀锌及其合金	89
96. 脉冲镀铬	90
第十五节 电刷镀	90
97. 电刷镀镍	92
98. 电刷镀镍合金	93
99. 电刷镀铜	93
100. 电刷镀铁	94
101. 电刷镀锡、锌、铟、镉	94
参考文献	95
第二章 化学镀	97
第一节 化学镀镍及其合金	97
102. 胍系化学镀镍	97
103. 酸性化学镀镍磷	98
104. 碱性化学镀镍磷	99

105. 中低温化学镀镍磷	100
106. 化学镀镍硼	100
107. 化学镀镍钴合金	102
108. 化学镀镍铁合金	103
109. 化学镀镍钨合金	104
110. 化学镀镍锡合金	105
111. 化学镀镍铈合金	106
112. 化学镀镍铜合金	107
第二节 化学镀铜	107
113. 酒石酸盐型化学镀铜	108
114. EDTA 型化学镀铜	108
115. 混合络合剂型化学镀铜	109
第三节 化学镀银	110
116. 化学镀银	110
第四节 化学镀金	111
117. 置换法化学镀金	111
118. 还原法化学镀金	112
第五节 化学镀钯及其合金	113
119. 化学镀钯	113
120. 化学镀钯基合金	113
第六节 化学镀钴及其合金	114
121. 化学镀钴	114
122. 化学镀钴基合金	116
第七节 化学镀锡及其合金	117
123. 化学镀锡	117
124. 化学镀锡铅合金	118
第八节 化学复合镀	118
125. 化学镀镍基耐磨复合镀	119
126. 化学镀镍基自润滑复合镀	120
参考文献	121
第三章 化学、电化学转化	123
第一节 化学氧化处理	123

127. 钢铁碱性化学氧化 (发蓝)	123
128. 钢铁酸性化学氧化 (常温发黑)	124
129. 钢铁的无碱化学氧化	125
130. 铝及其合金碱性化学氧化	125
131. 铝及其合金酸性化学氧化	126
132. 镁合金的化学氧化	127
133. 铜及其合金的化学氧化	128
第二节 阳极氧化处理	129
134. 铝及其合金硫酸阳极氧化	129
135. 铝及其合金草酸阳极氧化	130
136. 铝及其合金铬酸阳极氧化	130
137. 铝及其合金磷酸阳极氧化	131
138. 铝及其合金硬质阳极氧化	132
139. 铝及其合金瓷质阳极氧化	133
140. 铜及其合金的阳极氧化	134
141. 镁合金的阳极氧化	134
142. 锌和镉的阳极氧化	135
第三节 微弧氧化处理	136
143. 铝及其合金的微弧氧化	136
144. 镁及其合金微弧氧化	137
145. 钛及其合金微弧氧化	138
第四节 磷化处理	138
146. 钢铁的高温磷化	139
147. 钢铁的中温磷化	139
148. 钢铁的常温磷化	140
149. 铝及其合金的磷化	141
150. 锌合金及锌、镉镀层磷化	141
第五节 铬酸盐处理	142
151. 锌和镉的铬酸盐处理	142
152. 镁合金的铬酸盐处理	143
153. 铜及其合金的铬酸盐处理	144
154. 铝及其合金铬酸盐处理	144
第六节 钝化处理	145

155. 铜及其合金钝化处理	145
156. 不锈钢的钝化	146
157. 锌及其合金钝化处理	146
158. 银的钝化	147
第七节 着色处理	148
159. 不锈钢着色	148
160. 铝及其合金着色	149
161. 铜及铜合金着色	150
162. 银及其合金着色	151
163. 锌及其合金着色	151
参考文献	152
第四章 涂装	154
第一节 一般涂装法	154
164. 刷涂	154
165. 滚涂	155
166. 刮涂	155
167. 擦涂	155
168. 浸涂	155
169. 淋涂	156
170. 压缩空气喷涂	156
171. 高压无空气喷涂	156
第二节 静电喷涂	157
172. 手提式静电喷涂	158
173. 旋杯式静电喷涂	158
174. 转盘式静电喷涂	158
第三节 电泳涂装	158
175. 阳极电泳涂装	159
176. 阴极电泳涂装	159
第四节 粉末涂装	160
177. 熔射法	160
178. 流化床法	161
179. 静电流化床浸渍法	161

180. 粉末静电涂装法	162
181. 粉末静电振荡涂装法	162
第五节 辊涂法	162
182. 辊涂法	163
第六节 达克罗涂覆技术	164
183. 达克罗工艺	164
参考文献	165
第五章 热喷涂	166
第一节 火焰喷涂	167
184. 气体火焰线(棒)材喷涂	167
185. 气体火焰粉末喷涂	168
186. 氧-乙炔火焰喷熔	168
187. 爆炸喷涂	169
188. 高速火焰喷涂(HVOF)	169
第二节 电弧喷涂	170
189. 常规电弧喷涂	170
190. 超声速电弧喷涂	171
第三节 等离子喷涂	171
191. 常规等离子喷涂	172
192. 低压等离子喷涂	173
193. 微等离子喷涂	174
194. 三阴极等离子喷涂	174
195. 水稳等离子喷涂	174
第四节 激光喷涂	175
196. 激光喷涂和喷焊	175
第五节 电热热源喷涂	176
197. 脉冲放电线爆喷涂	176
198. 高频喷涂	177
199. 冷喷	177
参考文献	178
第六章 堆焊	179
第一节 火焰堆焊	179

200. 丝(棒)材氧-乙炔焰堆焊	179
201. 粉末氧-乙炔焰堆焊	180
第二节 电弧堆焊	180
202. 常规焊条电弧堆焊	180
203. 熔化极气体保护电弧堆焊	181
204. 自保护电弧堆焊	181
205. 钨极氩弧堆焊	182
206. 振动电弧堆焊	182
第三节 埋弧堆焊	183
207. 单丝埋弧堆焊	183
208. 多丝埋弧堆焊	184
209. 带极埋弧堆焊	184
第四节 等离子弧堆焊	184
210. 粉末等离子弧堆焊	185
211. 填丝等离子弧堆焊	185
第五节 电渣堆焊	186
212. 电渣堆焊	186
参考文献	187

第七章 表面淬火热处理

第一节 感应加热表面淬火	188
213. 高频感应加热表面淬火	188
214. 渗碳后高频感应加热表面淬火	191
215. 渗氮后高频感应加热表面淬火	192
216. 超高频脉冲淬火	192
217. 大功率高频脉冲淬火	193
218. 超声频感应加热淬火	193
219. 中频感应加热淬火	193
220. 双频感应加热淬火	194
221. 工频感应加热淬火	194
第二节 火焰淬火	194
222. 火焰加热表面淬火	195
第三节 电解液淬火	195

223. 电解液加热表面淬火	196
第四节 电接触淬火	196
224. 电接触加热表面淬火	197
第五节 其他方法	197
225. IR 淬火	197
226. 混合加热表面淬火	198
227. 浴炉加热表面淬火	198
参考文献	198
第八章 化学热处理	200
第一节 渗碳	200
228. 滴注式气体渗碳	201
229. 吸热式气氛渗碳	204
230. 氨基气氛渗碳	204
231. 高压气体渗碳	205
232. 固体渗碳	205
233. 分段固体渗碳	207
234. 膏剂渗碳	207
235. 高频加热膏剂渗碳	208
236. 液体渗碳	208
237. 氰化盐浴渗碳	209
238. 低氰盐浴渗碳	209
239. “603”盐浴渗碳	209
240. 碳化硅盐浴渗碳	210
241. 无毒盐浴渗碳	210
242. 通气盐浴渗碳	211
243. 超声波盐浴渗碳	212
244. 高温盐浴渗碳	212
245. 真空渗碳	212
246. 脉冲式真空渗碳	213
247. 摆动式真空渗碳	213
248. 离子渗碳	214
249. 高温离子渗碳	214
250. 流态炉渗碳	215

251. 稀土催化渗碳	215
第二节 渗氮	216
252. 气体等温渗氮	217
253. 二段渗氮	217
254. 循环二段渗氮	218
255. 三段渗氮	218
256. 氨氮混合气体渗氮	218
257. 短时渗氮	219
258. 可控渗氮	219
259. 氰化盐浴渗氮	220
260. 无氰盐浴渗氮	220
261. 固态渗氮	221
262. 流态炉渗氮	221
263. 脉冲真空渗氮	221
264. 离子渗氮	221
265. 氨气预处理离子渗氮	222
266. 低温离子渗氮	222
267. 稀土催化渗氮	222
268. 抗蚀渗氮	223
269. 洁净渗氮	223
270. 高频加热气体渗氮	223
第三节 碳氮共渗	224
271. 通气式中温气体碳氮共渗	224
272. 滴注通气式中温气体碳氮共渗	226
273. 滴注式中温气体碳氮共渗	226
274. 分段式中温气体碳氮共渗	227
275. 真空中温碳氮共渗	227
276. 中温氰化盐浴碳氮共渗	227
277. 无毒盐浴碳氮共渗	229
278. 高频加热盐浴碳氮共渗	229
279. 高频加热液体碳氮共渗	229
280. 中温固体碳氮共渗	229
281. 中温膏剂碳氮共渗	229
282. 高频感应加热膏剂碳氮共渗	230

283. 高频感应加热气体碳氮共渗	230
284. 高温分段气体碳氮共渗	230
285. 高温厚层气体碳氮共渗	230
286. 高温氰化盐浴碳氮共渗	231
287. 石墨粒子流态炉高温碳氮共渗	231
288. 低中温碳氮共渗	231
289. 低温气体碳氮共渗	232
290. 氮基气氛低温碳氮共渗	232
291. 稀土低温碳氮共渗	232
292. 低温液体碳氮共渗	233
293. 低温固体碳氮共渗	233
294. 低温无毒固体碳氮共渗	233
295. 快速低温固体碳氮共渗	234
296. 辉光离子低温碳氮共渗	234
297. 稀土离子低温碳氮共渗	235
第四节 渗金属	235
298. 粉末渗铝	236
299. 低温粉末渗铝	236
300. 热浸渗铝	236
301. 高频感应加热膏剂渗铝	237
302. 气体渗铝	237
303. 喷涂扩散渗铝	237
304. 铝稀土共渗	237
305. 固体渗铬	238
306. 液体渗铬	238
307. 气体渗铬	239
308. 真空渗铬	239
309. 辉光离子渗铬	239
310. 铬稀土共渗	239
311. 固体渗钛	239
312. 固体膏剂渗钛	240
313. 盐浴渗钛	240
314. 气体渗钛	240
315. 真空钛铝共渗	240