

热处理工艺方法

300种

雷廷权 傅家骐 编

中国农业机械出版社

TG156

7

3

热处理工艺方法300种

雷廷权 傅家骥 编

605.12

中国农业机械出版社



A

927599

前 言

热处理工艺在机械零件制造中占有十分重要的地位。随着机械工业生产过程的现代化和质量管理体系的发展，热处理工艺的重要性必将与日俱增。当前，热处理工艺方法名目繁多，种类庞杂，尚缺乏系统的整理与科学的归纳。比如同一钢种、同一零件的同一性能要求，因生产批量、使用能源或组织管理的不同，可能采用截然不同的热处理工艺。另一方面，对材料组织变化规律认识的日益加深，对零件使用性能要求的不断提高，也都激励着原有热处理工艺的改进，促进了新热处理方法的出现。

本书的目的在于为从事热处理工作的科技人员和工人提供一个对热处理工艺比较完整的了解，同时指出一些对改进热处理工艺的可能的途径。为了达到上述目的，书中除了包括现有较为成熟的各种经典工艺外，还搜集了相当一部分近年来国内外正在试用或尚在研究的新工艺。按照热处理工艺分类的原则，全书分退火与正火、淬火、回火与时效、表面淬火、化学热处理及形变热处理等六章，共列出各种工艺方法 300 种。由于编者水平的限制及资料的不全，书中难免有不妥或错误之处，敬希广大读者指正。

编 者

一九八〇年八月

目 录

第一章 退火与正火

1. 完全退火	2
2. 不完全退火	6
3. 扩散退火 (均匀化退火)	8
4. 低温退火	9
5. 等温退火	11
6. 中间退火 (软化退火)	12
7. 再结晶退火	13
8. 去应力退火	17
9. 去氢退火 (消除白点退火)	21
10. 晶粒粗化退火	23
11. 球化退火	24
12. 超声球化退火	33
13. 钠燃烧无氧化退火	34
14. 盐浴退火	34
15. 装箱退火	36
16. 真空退火	36
17. 局部退火	37
18. 石墨钢的石墨化退火	38
19. 脱碳退火	39
20. 球墨铸铁石墨化退火	40
21. 可锻化退火	42
22. 快速可锻化退火	44

IV

23. 球状石墨化退火	44
24. 铸铁的低温石墨化退火	46
25. 余热退火	47
26. 普通正火	47
27. 等温正火	48
28. 水冷正火	49
29. 风冷正火	49
30. 多次正火	50
31. 球墨铸铁的正火	50

第二章 淬火

32. 完全淬火	54
33. 不完全淬火	57
34. 临界区淬火 (亚温淬火)	60
35. 低于临界温度的淬火 (低温淬火)	62
36. 高速钢部分淬火	62
37. 高速钢低温淬火	63
38. 直接淬火 (余热淬火)	64
39. 二次 (重新) 加热淬火	65
40. 两次淬火	66
41. 预热淬火 (阶梯式加热淬火)	68
42. 预冷淬火 (降温淬火、延迟淬火)	69
43. 局部淬火	69
44. 短时加热淬火	70
45. 快速加热淬火	72
46. 光亮淬火	73
47. 真空淬火	74
48. 涂层淬火	77

49. 包装淬火	79
50. 硼酸防护光亮淬火	79
51. 浮动粒子炉加热淬火	80
52. 脉冲加热淬火	82
53. 感应穿透加热淬火	83
54. 通电加热淬火	84
55. 盐浴加热淬火	85
56. 盐浴静止加热淬火	86
57. 单液淬火	86
58. 空淬及风淬 (压缩空气淬火)	91
59. 双液淬火 (双介质淬火)	93
60. 单槽双液淬火	94
61. 三液淬火	94
62. 间断淬火	95
63. 动液淬火	95
64. 喷液淬火	96
65. 悬浮液淬火	96
66. 磁场冷却淬火	97
67. 浮动粒子炉淬火冷却	98
68. 浅冷淬火	99
69. 冷处理	100
70. 超低温淬火 (液氮淬火)	101
71. 马氏体分级淬火	102
72. 马氏体等温淬火	106
73. 贝氏体等温淬火	107
74. 等温分级淬火	111
75. 分级等温淬火	111

76. 二次贝氏体等温淬火.....	113
77. 珠光体等温淬火.....	114
78. 预冷等温淬火.....	115
79. 预淬等温淬火.....	116
80. 碳化物微细化淬火.....	118
81. 晶粒超细化淬火.....	121
82. 低碳钢强烈淬火.....	123
83. 中碳钢的过热淬火.....	124
84. 渗碳件四步处理法.....	126
85. 渗碳冷处理.....	127
86. 自回火淬火.....	127
87. 反淬火.....	128
88. 无变形淬火.....	128
89. 预应力淬火.....	129
90. 修复淬火.....	130
91. 碎裂化淬火.....	131
92. 固溶化淬火（固溶处理）.....	132
93. 水韧处理.....	133

第三章 回火与时效

94. 低温回火.....	135
95. 中温回火.....	136
96. 高温回火.....	137
97. 调质处理.....	138
98. 调质球化.....	140
99. 高速钢低温回火.....	140
100. 带温回火.....	142
101. 振动回火.....	143

102. 通电加热回火	144
103. 快速回火	147
104. 渗碳二次硬化处理	149
105. 多次回火	151
106. 淬回火	152
107. 感应回火	153
108. 自回火	153
109. 去氢回火	154
110. 铁板回火	154
111. 去应力回火	155
112. 压力回火	155
113. 局部回火	155
114. 砂浴回火	156
115. 自然时效	156
116. 回归处理	157
117. 人工时效	158
118. 分区时效	160
119. 恒温时效	160
120. 振动时效	160
121. 分级时效	161
122. 两次时效	162
123. 铸铁稳定化处理	163
124. 合金钢稳定化时效(残余奥氏体稳定处理).....	164
125. 奥氏体稳定化处理	165
126. 奥氏体调节处理	166

第四章 表面淬火

127. 感应加热表面淬火	167
---------------------	-----

128. 高频表面淬火	169
129. 中频表面淬火	171
130. 工频表面淬火	172
131. 感应表面淬火时的加热方法	172
132. 喷液及浸液表面淬火	173
133. 埋油表面淬火	176
134. 超音频感应加热淬火	177
135. 双频淬火	177
136. 混合加热表面淬火	178
137. 渗碳感应表面淬火	178
138. 渗氮感应表面淬火	179
139. 高频预正火淬火	180
140. 火焰表面淬火	180
141. 电接触加热表面淬火	181
142. 电解液加热表面淬火	183
143. 盐浴加热表面淬火	184
144. 激光加热表面淬火	185
145. 激光表面合金化	186
146. 电子束表面淬火	187
147. 电子束表面合金化	188
148. 电火花表面强化	189

第五章 化学热处理

149. 渗碳	191
150. 装箱固体渗碳	192
151. 分段固体渗碳	193
152. 无箱固体渗碳	194
153. 放电粉末渗碳	194

154. 膏剂渗碳	195
155. 高频加热膏剂渗碳	196
156. 液体渗碳	196
157. 普通(含氰)盐浴渗碳	197
158. 低氰盐浴渗碳	197
159. 原料无氰盐浴渗碳	198
160. 无毒盐浴渗碳	199
161. 通气盐浴渗碳	200
162. 超声波盐浴渗碳	200
163. 盐浴高温渗碳	201
164. 盐浴电解渗碳	201
165. 高频加热液体渗碳	202
166. 液体放电渗碳	203
167. 铸铁浴渗碳	203
168. 直接通电液体渗碳	204
169. 气体渗碳	205
170. 滴注式气体渗碳	205
171. 通气式气体渗碳	206
172. 真空渗碳	207
173. 高压气体渗碳	207
174. 感应加热气体渗碳	208
175. 火焰渗碳	208
176. 真空离子渗碳	209
177. 分段气体渗碳	210
178. 局部渗碳	212
179. 修复渗碳	213
180. 穿透渗碳	213

181. 中碳及高碳钢的渗碳	214
182. 二重渗碳	214
183. 高浓度渗碳	215
184. 深层渗碳	215
185. 浮动粒子炉渗碳	217
186. 浮动粒子炉高温渗碳	218
187. 渗氮	218
188. 等温渗氮	219
189. 二段渗氮	220
190. 三段渗氮	221
191. 退氮处理	223
192. 抗蚀渗氮	224
193. 局部渗氮	224
194. 不锈钢渗氮	224
195. 纯氮渗氮	225
196. 氨氮混合气体渗氮	226
197. 化学催化渗氮	226
198. 钛催化渗氮	227
199. 电解气相催化渗氮	228
200. 压力渗氮	231
201. 液氨滴注渗氮	231
202. 离子渗氮	231
203. 低温离子渗氮	232
204. 盐浴渗氮	234
205. 压力盐浴渗氮	234
206. 高频加热气体渗氮	235
207. 浮动粒子炉渗氮	235

208. 短时气体渗氮	236
209. 磁场中渗氮	237
210. 碳氮共渗	238
211. 中温碳氮共渗	238
212. 通气式气体碳氮共渗	240
213. 滴注通气式气体碳氮共渗	241
214. 滴注式气体碳氮共渗	242
215. 分段气体碳氮共渗	243
216. 厚层气体碳氮共渗	244
217. 高浓度气体碳氮共渗	245
218. 离子碳氮共渗	246
219. 高频加热气体碳氮共渗	246
220. 液体碳氮共渗 (盐浴氰化)	247
221. 双浴液体碳氮共渗	348
222. 无毒盐浴碳氮共渗	249
223. 高频加热盐浴碳氮共渗	249
224. 高频加热液体碳氮共渗	249
225. 固体碳氮共渗	250
226. 膏剂碳氮共渗	250
227. 高频加热膏剂碳氮共渗	250
228. 低温碳氮共渗	251
229. 低温液体碳氮共渗	251
230. 低温气体碳氮共渗	253
231. 低温固体碳氮共渗	254
232. 真空加氧低温碳氮共渗	255
233. 辉光离子低温碳氮共渗	255
234. 分级淬火-低温碳氮共渗	256

235. 低温碳氮共渗-重新加热淬火	257
236. 渗硼	257
237. 粉末渗硼	259
238. 低温固体渗硼	260
239. 膏剂渗硼	261
240. 盐浴渗硼	262
241. 盐浴电解渗硼	264
242. 气体渗硼	265
243. 渗碳渗硼	265
244. 碳氮硼三元共渗	266
245. 硼及其它元素的共渗	267
246. 渗硫	268
247. 硫氮共渗	269
248. 低温碳氮硫三元共渗	271
249. 碳氮硫三元共渗	271
250. 蒸汽处理	272
251. 渗氮蒸汽处理	273
252. 硫氮共渗蒸汽处理	273
253. 氧化处理	274
254. 磷化	275
255. 渗铝	276
256. 渗铬	277
257. 真空渗铬	279
258. 渗铬后渗碳或渗氮	281
259. 真空溅射沉积碳化钛	281
260. 渗锡	282
261. 盐浴渗钒	282

262. 渗硅	284
263. 渗锌	285
264. 铬铝共渗	286
265. 铬硅共渗	287
266. 铬铝硅三元共渗	288
267. 熔盐涂覆碳化钛	288
268. 气相沉积碳化钛	288
269. 硼砂浴覆层法 (TD 法)	289
270. 镍-磷覆层法	289
271. 二氧化钛覆层	290

第六章 形变热处理

272. 低温形变淬火	292
273. 高温形变淬火	299
274. 亚温形变淬火	304
275. 锻热淬火	305
276. 轧热淬火	308
277. 高温形变等温淬火	308
278. 高温形变正火	309
279. 等温形变淬火	310
280. 低温形变等温淬火	312
281. 连续冷却形变处理	313
282. 珠光体温形变	313
283. 珠光体冷形变	314
284. 诱发马氏体的形变热处理	314
285. 马氏体、回火马氏体、贝氏体的形变时效	317
286. 过饱和固溶体形变时效	320
287. 利用形变强化效果遗传性的形变热处理	321

288. 预先形变热处理	324
289. 多边化强化处理	327
290. 表面形变时效	331
291. 表面高温形变淬火	332
292. 复合形变淬火	333
293. 低温形变淬火与马氏体形变时效相结合的 形变热处理	334
294. 高温形变淬火与马氏体形变时效相结合的 形变热处理	335
295. 冷形变渗碳淬火	336
296. 锻热渗碳淬火	337
297. 锻热淬火渗氮	338
298. 低温形变淬火硫化	338
299. 渗碳表面高温形变淬火	338
300. 渗碳表面形变时效	339
参考文献	340

第一章 退火与正火

将金属加热至较高温度，保持一定时间，然后缓慢冷却，以得到接近于平衡状态组织的各种工艺方法，统称为退火。退火的目的在于均匀化学成分、改善机械性能及工艺性能、消除或减小内应力，并为零件最终热处理准备合适的内部组织。

钢件退火工艺种类很多〔1、2、3〕。按加热温度可分为两大类：①临界温度（ A_{c1} 或 A_{cs} ）以上的退火（相变重结晶退火），包括完全退火、不完全退火、晶粒粗化退火、扩散退火和球化退火等；②临界温度以下的退火，包括软化退火、再结晶退火及去应力退火等。按冷却方式可分为连续冷却退火、等温退火及临界区快速冷却而后缓慢冷却的退火等。按加热冷却方法及所用设备可分为加热炉退火、盐浴退火、火焰退火、感应退火、磁场退火、装箱退火、包装退火、真空退火、氢气退火等。按零件退火体积可分为整体退火及局部退火。按零件表面状态可分为黑皮退火及光亮退火等等。

加热温度及冷却速度是决定钢材退火质量最重要的因素。各种退火工艺所用温度与Fe-C状态图的关系如图1-1。临界温度以上的各种退火工艺的质量取决于奥氏体的形成与均匀化程度，以及随后缓慢冷却时奥氏体的分解。冷却速度应严格予以控制，以期得到预定的先共析相（铁素体、碳化物）的数量、分布与珠光体组织形态、粗细程度及与此相应的各种性能。低于临界温度的各种退火工艺，由于不包含相变重结晶过程，其质量的优劣主要取决于加热温度的均匀性

及保温时间，在工艺参数控制方面并不需要十分严格。

铸铁件的退火工艺主要包括脱碳退火、各种石墨化退火及去应力退火等。有色金属工件主要有再结晶退火、去应力退火及铸态的扩散退火等。

正火与退火相似，区别在于前者加热温度较高、冷速较快，所得组织较大地偏离平衡状态等等。生产中退火与正火工艺一般多安排在最终热处理及机械加工之前，所以又称为预备热处理。

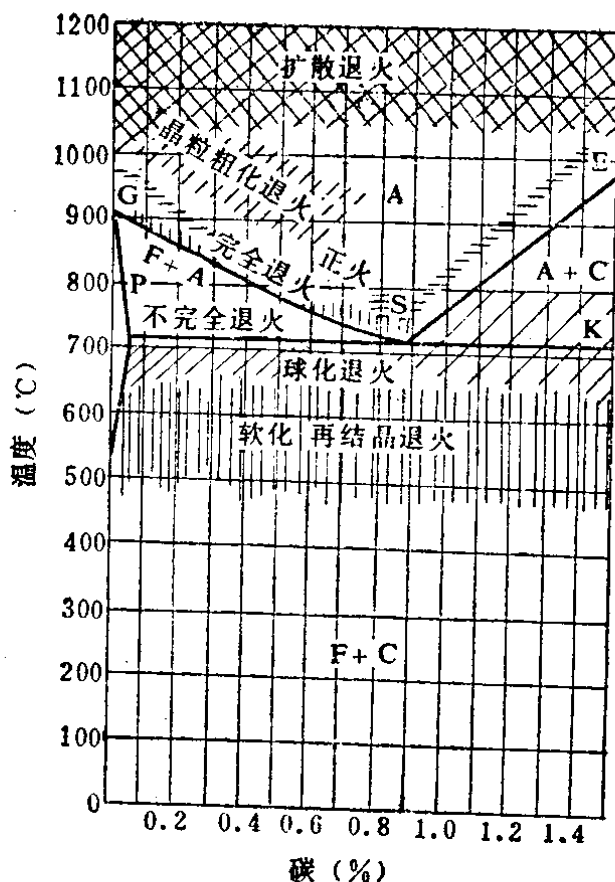


图 1-1 退火及正火加热温度区域示意图

1. 完全退火

将亚共析钢加热到 A_{c3} 以上的温度，并在此温度保持足够时间，完全奥氏体化并使成分基本均匀之后，缓慢冷却（炉冷或埋于砂中或耐火土粉中）至 600°C 左右出炉空冷，以得到铁素体及珠光体组织的热处理工艺称为完全退火（通常简称为退火）。其目的是细化晶粒、消除应力、使钢软化以便于随后的变形加工或切削加工，并为成品工件的淬火准备适宜的金相组织。这一退火工艺可应用于钢锭、锻轧及冷