热处理技术图解手册

马伯龙　杨满　编著

以图示+解析说明的方式编写

提高读者的阅读效率和工作效率

内容突出系统性、全面性和实用性

热处理工程技术人员案头必备工具书

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

热处理技术图解手册

马伯龙　杨　满　编著

机 械 工 业 出 版 社

本手册是一本关于热处理技术的图解工具书。其主要内容包括：热处理技术理论基础、常用钢的热处理工艺基础曲线、钢的整体热处理技术、铸铁的整体热处理技术、表面热处理技术、化学热处理技术、非铁金属及其合金的热处理技术、粉末冶金材料的热处理技术、功能合金的热处理技术、热处理常见缺陷及其影响因素等。本手册以图示为主，辅以必要的解析说明，理论与实际兼顾，这种编写形式有利于读者提高阅读效率和工作效率，实用性强。

本手册可供热处理工程技术人员和工人使用，也可供相关专业在校师生和科研人员使用。

图书在版编目（CIP）数据

热处理技术图解手册/马伯龙，杨满编著. —北京：机械工业出版社，2015.3

ISBN 978-7-111-49328-0

Ⅰ.①热… Ⅱ.①马…②杨… Ⅲ.①热处理—图解 Ⅳ.①TG15—64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 028826 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：陈保华 王 珑 版式设计：霍永明

责任校对：樊钟英 封面设计：路恩中 责任印制：

印刷厂印刷

2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm · 37.25 印张 · 2 插页 · 832 千字

— 册

标准书号：ISBN 978-7-111-49328-0

定价： 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务 网络服务

服务咨询热线：010-88361066 机 工 官 网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294 机 工 官 博：weibo.com/cmp1952

010-88379203 金 书 网：www.golden-book.com

编 辑 热 线：010-88379734 教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

随着我国机械工业的快速发展和技术水平的日益提高，各行业对机械产品的使用性能和使用寿命提出了更高要求。

热处理技术作为机械工业的重要组成部分，对发挥金属材料潜力、提高零件的使用性能、降低能耗、保证和提高机械产品使用寿命有着重要意义。为了充分发挥热处理技术的作用，保证和提高热处理质量，热处理工程技术人员既要能够制订正确、合理的热处理工艺，也要能够在传统工艺的基础上不断创新，特别是在当今以创新为主流的形势下，单靠引用一些数据作为编制工艺的依据往往是不够的，必须有所创新才是大幅度提高技术水平和产品质量的途径。

实践表明，创新的灵感之一往往来源于对某些理论知识和科学试验结果的规律性的掌握，大量技术图书和期刊中的插图恰恰反映出了一定的或某些变化的规律。利用这些规律，可以举一反三，研发出新工艺和新成果。为此，我们将多年来所掌握和搜集到的大量热处理技术资料经优选整理后，编写成这本《热处理技术图解手册》。

本手册内容共分10章。其主要内容包括：热处理技术理论基础、常用钢的热处理工艺基础曲线、钢的整体热处理技术、铸铁的整体热处理技术、表面热处理技术、化学热处理技术、非铁金属及其合金的热处理技术、粉末冶金材料的热处理技术、功能合金的热处理技术、热处理常见缺陷及其影响因素等。本手册以图示为主，辅以必要的解析说明，理论与实际兼顾，这种编写形式有利于读者提高阅读效率和工作效率，实用性强。

在本手册编写过程中，参阅了大量各种版本的有关资料，并加以引用和加工。在此，谨对本手册所引用的文献和资料的作者致以衷心的感谢。

由于我们水平有限，不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编　者

目　录

前言

第 1 章　热处理技术理论基础 …… 1

1.1　Fe-Fe_3C 合金相图 …… 1

1.1.1　Fe-Fe_3C 合金相图的结构特点 …… 1

1.1.2　典型铁碳合金在相图上的基本组织 …… 2

1.1.3　典型铁碳合金的显微组织 …… 2

1.1.4　Fe-Fe_3C 合金相图中常用的热处理加热温度区间 …… 3

1.1.5　碳含量对钢的组织和力学性能的影响规律 …… 4

1.1.6　合金元素及其含量对钢组织的影响 …… 4

1.1.7　典型的 Fe-Fe_3C-Me 三元合金相图 …… 5

1.1.8　铁碳合金成分、组织和性能的关系 …… 6

1.2　奥氏体等温转变图的结构及其变化规律 …… 7

1.2.1　奥氏体等温转变图的结构特点 …… 7

1.2.2　奥氏体等温转变不同组织的形成机制及特征 …… 9

1.2.3　钢中碳含量及合金含量对其 *Ms* 点温度的影响 …… 10

1.2.4　钢中碳含量及合金含量对残留奥氏体量的影响 …… 11

1.2.5　奥氏体等温转变图的主要类型 …… 11

1.3　奥氏体连续冷却转变图的结构特点及主要类型 …… 13

1.3.1　奥氏体连续冷却转变图的结构特点 …… 13

1.3.2　奥氏体连续冷却转变图的主要类型 …… 13

1.4　钢的淬透性 …… 14

1.4.1　钢的淬透性和临界淬透直径及淬透性曲线 …… 14

1.4.2　钢的淬透性变化规律 …… 16

1.5　钢加热时的组织转变 …… 17

1.5.1　钢等温加热时的组织转变 …… 17

1.5.2　钢连续加热时的组织转变 …… 18

1.5.3　钢加热时晶粒度的变化规律 …… 19

1.6　热处理的加热 …… 20

1.6.1　各种加热方法及其加热时间 …… 20

1.6.2　固态加热介质 …… 22

1.6.3　气态加热介质 …… 22

1.6.4　液态加热介质 …… 28

1.7　热处理的冷却 …… 29

1.7.1　淬火的理想冷却速度 …… 29

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1.7.2　水基淬火冷却介质的冷却特性 …… 29
1.7.3　淬火油的冷却特性 …… 34
1.7.4　有机聚合物淬火冷却介质的冷却特性 …… 35
1.7.5　分级和等温淬火冷却介质的特性 …… 36
第2章　常用钢的热处理工艺基础曲线 …… 38
2.1　结构钢 …… 38
2.1.1　08钢 …… 38
2.1.2　10钢 …… 38
2.1.3　15钢 …… 39
2.1.4　20钢 …… 39
2.1.5　25钢 …… 40
2.1.6　30钢 …… 40
2.1.7　35钢 …… 41
2.1.8　40钢 …… 43
2.1.9　45钢 …… 44
2.1.10　50钢 …… 45
2.1.11　55钢 …… 46
2.1.12　60钢 …… 48
2.1.13　15Mn、16Mn钢 …… 48
2.1.14　20Mn钢 …… 49
2.1.15　30Mn钢 …… 50
2.1.16　40Mn钢 …… 52
2.1.17　45Mn钢 …… 52
2.1.18　50Mn钢 …… 52
2.1.19　55Mn …… 53
2.1.20　20Mn2钢 …… 53
2.1.21　30Mn2钢 …… 54
2.1.22　35Mn2钢 …… 55
2.1.23　40Mn2钢 …… 56
2.1.24　45Mn2钢 …… 57
2.1.25　50Mn2钢 …… 57
2.1.26　30MnV钢 …… 57
2.1.27　25Mn2V钢 …… 58
2.1.28　27SiMn钢 …… 58
2.1.29　35SiMn钢 …… 59
2.1.30　42SiMn钢 …… 60
2.1.31　45SiMn2钢 …… 60
2.1.32　40B钢 …… 61
2.1.33　45B钢 …… 61

2.1.34 20Mn2B、20Mn2 钢 …… 62
2.1.35 40MnB 钢 …… 64
2.1.36 20MnMoB 钢 …… 66
2.1.37 20MnVB 钢 …… 67
2.1.38 40MnVB 钢 …… 68
2.1.39 20MnTiB 钢 …… 69
2.1.40 20Mn2TiB 钢 …… 69
2.1.41 25MnTiBRE 钢 …… 70
2.1.42 15Cr 钢 …… 71
2.1.43 20Cr 钢 …… 71
2.1.44 30Cr 钢 …… 73
2.1.45 40Cr 钢 …… 75
2.1.46 45Cr 钢 …… 77
2.1.47 50Cr 钢 …… 77
2.1.48 20CrMo 钢 …… 79
2.1.49 30CrMo、30CrMoA 钢 …… 80
2.1.50 35CrMo 钢 …… 80
2.1.51 42CrMo 钢 …… 81
2.1.52 45CrMo 钢 …… 83
2.1.53 25Cr2MoV、25Cr2MoVA 钢 …… 83
2.1.54 35CrMoV 钢 …… 85
2.1.55 40Cr2MoV 钢 …… 85
2.1.56 38CrMoAl、38CrMoAlA 钢 …… 86
2.1.57 20CrV 钢 …… 87
2.1.58 40CrV、40CrVA 钢 …… 87
2.1.59 45CrV 钢 …… 88
2.1.60 15CrMn 钢 …… 89
2.1.61 20CrMn 钢 …… 90
2.1.62 35CrMn2 钢 …… 90
2.1.63 30CrMnSi 钢 …… 91
2.1.64 35CrMnSiA 钢 …… 93
2.1.65 15CrMnMo 钢 …… 94
2.1.66 18CrMnMo 钢 …… 94
2.1.67 20CrMnMo 钢 …… 95
2.1.68 20Cr2MnMo 钢 …… 96
2.1.69 22CrMnMo 钢 …… 96
2.1.70 30CrMnMo 钢 …… 97
2.1.71 40CrMnMo 钢 …… 97
2.1.72 18CrMnTi 钢 …… 98

2.1.73　20CrMnTi 钢 …… 99
2.1.74　30CrMnTi 钢 …… 100
2.1.75　35CrMnTi 钢 …… 100
2.1.76　40CrMnTi 钢 …… 101
2.1.77　20CrNi 钢 …… 102
2.1.78　40CrNi 钢 …… 104
2.1.79　50CrNi 钢 …… 105
2.1.80　12CrNi2 钢 …… 105
2.1.81　18CrNi2 钢 …… 106
2.1.82　12Cr2Ni2 钢 …… 107
2.1.83　12CrNi3 钢 …… 108
2.1.84　20CrNi3、20CrNi3A 钢 …… 110
2.1.85　30CrNi3 钢 …… 111
2.1.86　37CrNi3A 钢 …… 112
2.1.87　12Cr2Ni4、12CrNi4A 钢 …… 113
2.1.88　20Cr2Ni4、20Cr2Ni4A 钢 …… 114
2.1.89　20CrNiMo 钢 …… 116
2.1.90　30CrNiMo 钢 …… 117
2.1.91　40CrNiMo、40CrNiMoA 钢 …… 118
2.1.92　50CrNiMoVA …… 121
2.1.93　18CrNiWA 钢 …… 121
2.1.94　18Cr2Ni4W 钢 …… 122
2.1.95　Mn13 钢 …… 122
2.2　弹簧钢 …… 123
2.2.1　65 钢 …… 123
2.2.2　85 钢 …… 124
2.2.3　65Mn 钢 …… 125
2.2.4　55SiMnVB 钢 …… 126
2.2.5　65Mn 钢 …… 127
2.2.6　55Si2Mn 钢 …… 128
2.2.7　60Si2Mn 钢 …… 128
2.2.8　50CrMn 钢 …… 129
2.2.9　50CrVA 钢 …… 130
2.2.10　50CrMnVA 钢 …… 131
2.2.11　55SiMnMoV 钢 …… 132
2.3　滚动轴承钢 …… 133
2.3.1　GCr6 钢 …… 133
2.3.2　GCr6SiMn 钢 …… 134
2.3.3　GCr9 钢 …… 134

2.3.4 GCr9SiMn 钢 …… 135
2.3.5 GCr15 钢 …… 135
2.3.6 GCr15SiMn 钢 …… 137
2.3.7 GCr15SiMo 钢 …… 139
2.3.8 GSiMnMoV 钢 …… 139
2.4 工具钢 …… 140
2.4.1 T7、T7A 钢 …… 140
2.4.2 T8、T8A 钢 …… 141
2.4.3 T8Mn 钢 …… 142
2.4.4 T9、T9A 钢 …… 142
2.4.5 T10、T10A 钢 …… 143
2.4.6 T11、T11A 钢 …… 144
2.4.7 T12、T12A 钢 …… 145
2.4.8 9SiCr 钢 …… 147
2.4.9 Cr06 钢 …… 148
2.4.10 Cr 钢 …… 148
2.4.11 Cr2 钢 …… 148
2.4.12 9Cr2 钢 …… 149
2.4.13 W 钢 …… 149
2.4.14 5W2CrSiV 钢 …… 150
2.4.15 Cr12 钢 …… 150
2.4.16 Cr12MoV 钢 …… 151
2.4.17 9Mn2V 钢 …… 152
2.4.18 CrWMn 钢 …… 153
2.4.19 9CrWMn 钢 …… 154
2.4.20 Cr4W2MoV 钢 …… 154
2.4.21 4CrMnSiMoV 钢 …… 154
2.4.22 8Cr2SiMnMoV 钢 …… 155
2.4.23 5CrMnMo、4CrMnMo 钢 …… 155
2.4.24 5CrNiMo、5CrNiMoV 钢 …… 157
2.4.25 3Cr2W8V 钢 …… 159
2.4.26 4Cr5MoSiV 钢 …… 160
2.4.27 4Cr5W2V1Si 钢 …… 161
2.4.28 4Cr5W2VSi 钢 …… 162
2.4.29 W3Mo2Cr4VSi 钢 …… 162
2.4.30 W18Cr4V 钢 …… 163
2.4.31 W9Cr4V2 钢 …… 165
2.4.32 CW9Mo3Cr4VN 钢 …… 165
2.4.33 W6Mo5Cr4V、W6Mo5Cr4V2 钢 …… 165

2.4.34　W6Mo5Cr4V2Al 钢 …… 167
2.4.35　W6Mo5Cr4V2Co5 钢 …… 167
2.4.36　W2Mo9Cr4VCo8 钢 …… 168
2.4.37　W12Mo2Cr4VRE 钢 …… 168
2.5　不锈钢和耐热钢 …… 170
2.5.1　06Cr13 钢 …… 170
2.5.2　12Cr13 钢 …… 170
2.5.3　20Cr13 钢 …… 171
2.5.4　30Cr13 钢 …… 172
2.5.5　40Cr13 钢 …… 173
2.5.6　95Cr18 钢 …… 173
2.5.7　Cr17 钢 …… 174
2.5.8　14Cr17Ni2 钢 …… 174
2.5.9　14Cr11MoV 钢 …… 174
2.5.10　42Cr9Si2 钢 …… 175
2.5.11　40Cr10Si2Mo 钢 …… 175
第 3 章　钢的整体热处理技术 …… 176
3.1　钢的预备热处理工艺及其应用 …… 176
3.1.1　钢的正火工艺及其应用 …… 176
3.1.2　钢的退火工艺及其应用 …… 178
3.2　钢的最终热处理工艺及其应用 …… 184
3.2.1　钢的淬火工艺及其应用 …… 184
3.2.2　钢的冷处理工艺及其应用 …… 197
3.2.3　钢的回火工艺及其应用 …… 198
3.2.4　钢的时效工艺及其应用 …… 201
3.2.5　钢的强韧化工艺及其应用 …… 203
3.3　钢的形变热处理工艺及其应用 …… 209
3.3.1　钢的高温形变热处理工艺及其应用 …… 209
3.3.2　钢的锻轧余热热处理工艺及其应用 …… 211
3.3.3　钢的其他形变热处理工艺及其应用 …… 211
第 4 章　铸铁的整体热处理技术 …… 214
4.1　Fe-C-Si 三元合金相图 …… 214
4.1.1　Fe-C-Si 三元合金准稳定相图 …… 214
4.1.2　Fe-C-Si 三元合金稳定相图 …… 214
4.1.3　硅和锰对铸铁临界温度的影响 …… 215
4.1.4　普通铸铁中碳和硅的含量 …… 215
4.2　铸铁的奥氏体等温冷却转变 …… 216
4.2.1　灰铸铁奥氏体等温冷却转变 …… 216
4.2.2　合金元素对铸铁淬透性的影响 …… 217

4.3 球墨铸铁奥氏体冷却转变 …… 222
4.3.1 球墨铸铁奥氏体等温冷却转变 …… 222
4.3.2 球墨铸铁奥氏体连续冷却转变 …… 223
4.4 铸铁力学性能与其影响因素的关系 …… 227
4.5 常用铸铁的整体热处理 …… 229
4.5.1 白口铸铁的整体热处理 …… 229
4.5.2 灰铸铁的整体热处理 …… 231
4.5.3 球墨铸铁的整体热处理 …… 237
4.5.4 可锻铸铁的整体热处理 …… 249
第5章 表面热处理技术 …… 253
5.1 感应淬火 …… 253
5.1.1 感应加热的理论基础 …… 253
5.1.2 常用高频感应器的结构及其应用 …… 259
5.1.3 常用中频感应器的结构及其应用 …… 261
5.1.4 感应淬火方法及工艺参数 …… 263
5.1.5 感应淬火应用实例 …… 271
5.2 火焰淬火 …… 276
5.2.1 火焰淬火方法 …… 276
5.2.2 火焰淬火工艺参数 …… 279
5.2.3 火焰淬火应用实例 …… 283
5.3 接触电阻加热表面淬火 …… 284
5.3.1 接触电阻加热淬火原理 …… 284
5.3.2 接触电阻加热淬火设备 …… 285
5.4 激光热处理 …… 285
5.5 电子束热处理 …… 293
第6章 化学热处理技术 …… 295
6.1 渗碳和碳氮共渗 …… 295
6.1.1 渗碳工艺参数 …… 295
6.1.2 渗碳后淬火、回火工艺参数 …… 304
6.1.3 碳氮共渗工艺参数 …… 306
6.1.4 碳氮共渗后淬火、回火工艺参数 …… 309
6.1.5 渗碳工艺的应用实例 …… 311
6.1.6 碳氮共渗工艺的应用实例 …… 316
6.2 渗氮和氮碳共渗 …… 318
6.2.1 渗氮工艺参数 …… 318
6.2.2 渗氮和氮碳共渗工艺应用实例 …… 323
6.3 渗硼 …… 327
6.3.1 渗硼工艺参数 …… 327
6.3.2 渗硼工艺应用实例 …… 329

需要全本请访问 www.ertongbook.com

6.4 渗硫 …… 330
6.4.1 渗硫工艺参数 …… 330
6.4.2 渗硫工艺应用实例 …… 331
6.5 渗硅 …… 332
6.5.1 渗硅工艺参数 …… 332
6.5.2 渗硅工艺应用实例 …… 333
6.6 渗铝 …… 334
6.6.1 渗铝工艺参数 …… 334
6.6.2 渗铝工艺应用实例 …… 335
6.7 渗铬 …… 336
6.7.1 渗铬工艺参数 …… 336
6.7.2 渗铬工艺应用实例 …… 337
6.8 渗锌 …… 338
6.8.1 渗锌工艺参数 …… 338
6.8.2 渗锌工艺应用实例 …… 339
6.9 二元、三元、多元共渗工艺应用实例 …… 339
6.9.1 二元共渗工艺应用实例 …… 339
6.9.2 三元共渗工艺应用实例 …… 343
6.9.3 多元共渗工艺应用实例 …… 346
6.9.4 气相沉积工艺应用实例 …… 347
6.9.5 化合物覆层工艺应用实例 …… 348
第 7 章 非铁金属及其合金的热处理技术 …… 350
7.1 常用非铁金属及其合金的特点 …… 350
7.1.1 铝系二元合金的特点 …… 350
7.1.2 铜系二元合金的特点 …… 354
7.1.3 镁系二元合金的特点 …… 359
7.1.4 钛系二元合金的特点 …… 360
7.2 常用非铁金属及其合金的热处理 …… 361
7.2.1 铝及铝合金的热处理工艺及应用 …… 361
7.2.2 铜及铜合金的热处理工艺及应用 …… 366
7.2.3 镁合金的热处理工艺及应用 …… 370
7.2.4 钛及钛合金的热处理工艺及应用 …… 372
第 8 章 粉末冶金材料的热处理技术 …… 373
8.1 铁基粉末冶金件的热处理 …… 373
8.1.1 铁基粉末冶金件的整体热处理 …… 373
8.1.2 铁基粉末冶金件的化学热处理 …… 374
8.2 钢结硬质合金件的热处理 …… 377
8.2.1 钢结硬质合金件退火工艺 …… 377
8.2.2 钢结硬质合金件淬火、回火工艺 …… 379

8.2.3 钢结硬质合金件时效硬化工艺 …… 380
8.3 粉末高速工具钢的热处理 …… 380
8.3.1 冷压烧结粉末高速工具钢热处理工艺 …… 380
8.3.2 热等静压粉末高速工具钢热处理工艺 …… 381
8.3.3 热挤压粉末高速工具钢热处理工艺 …… 381
8.4 硬质合金的热处理 …… 381
8.4.1 硬质合金的退火工艺 …… 381
8.4.2 硬质合金的时效硬化工艺 …… 382
第 9 章 功能合金的热处理技术 …… 384
9.1 电性合金的热处理 …… 384
9.1.1 导电合金的热处理工艺 …… 384
9.1.2 电阻合金的热处理工艺 …… 387
9.2 磁性合金的热处理 …… 390
9.2.1 软磁合金的热处理工艺 …… 390
9.2.2 永磁合金的热处理工艺 …… 401
9.3 膨胀合金的热处理 …… 413
9.3.1 低膨胀合金的热处理工艺 …… 413
9.3.2 铁磁性定膨胀合金的热处理工艺 …… 418
9.3.3 无磁性定膨胀合金的热处理工艺 …… 421
9.3.4 高膨胀合金的热处理工艺 …… 424
9.4 弹性合金的热处理 …… 425
9.4.1 高弹性合金的热处理工艺 …… 425
9.4.2 恒弹性合金的热处理工艺 …… 437
第 10 章 热处理常见缺陷及其影响因素 …… 443
10.1 热处理内应力及其影响因素 …… 443
10.1.1 热处理内应力的种类及其特征 …… 443
10.1.2 热处理内应力的主要影响因素 …… 445
10.1.3 回火对淬火应力的消减作用 …… 454
10.2 热处理变形及其主要影响因素 …… 456
10.2.1 热处理变形的基本形式 …… 456
10.2.2 热处理变形的基本规律 …… 457
10.2.3 热处理变形的主要影响因素 …… 460
10.2.4 减少热处理变形的各种措施 …… 479
10.2.5 热处理变形的矫正方法 …… 496
10.2.6 热处理变形问题的归纳总结 …… 501
10.3 热处理裂纹及其主要影响因素 …… 504
10.3.1 热处理裂纹的形式及其特征 …… 504
10.3.2 产生热处理裂纹的主要影响因素 …… 508
10.3.3 预防产生淬火裂纹的各种措施 …… 516

10.3.4　热处理裂纹的补救措施 …… 523
10.4　内部组织结构不良与热处理的关系 …… 525
10.4.1　氧化和脱碳的典型显微组织 …… 525
10.4.2　过热和过烧的典型显微组织 …… 526
10.4.3　整体热处理的内部不良组织 …… 528
10.4.4　零件表面淬火前预处理的不良组织 …… 542
10.4.5　表面淬火硬化层的不良组织 …… 544
10.4.6　化学热处理前预备热处理的不良组织 …… 545
10.4.7　化学热处理渗层的不良组织 …… 546
10.4.8　渗碳和碳氮共渗淬火后心部的不良组织 …… 550
10.4.9　非铁金属及合金的不良组织 …… 551
附录 …… 554
附录 A　常用钢的临界温度 …… 554
附录 B　加热时间的计算 …… 557
附录 C　常用钢淬火推荐的预冷温度范围 …… 558
附录 D　常用钢产生回火脆性的温度范围 …… 558
附录 E　碳钢回火色和温度的关系 …… 559
附录 F　常用钢表面淬火时推荐的加热温度（喷水冷却） …… 559
附录 G　常用非铁金属材料的热处理工艺参数 …… 560
附录 H　钢结硬质合金热处理工艺参数 …… 569
附录 I　电性合金的化学成分、热处理工艺及性能 …… 570
附录 J　磁性合金的热处理工艺参数 …… 573
附录 K　弹性合金的热处理和力学性能 …… 576
参考文献 …… 580

第 1 章　热处理技术理论基础

1.1　Fe-Fe_3C 合金相图

1.1.1　Fe-Fe_3C 合金相图的结构特点

Fe-Fe_3C 合金相图见图 1-1。

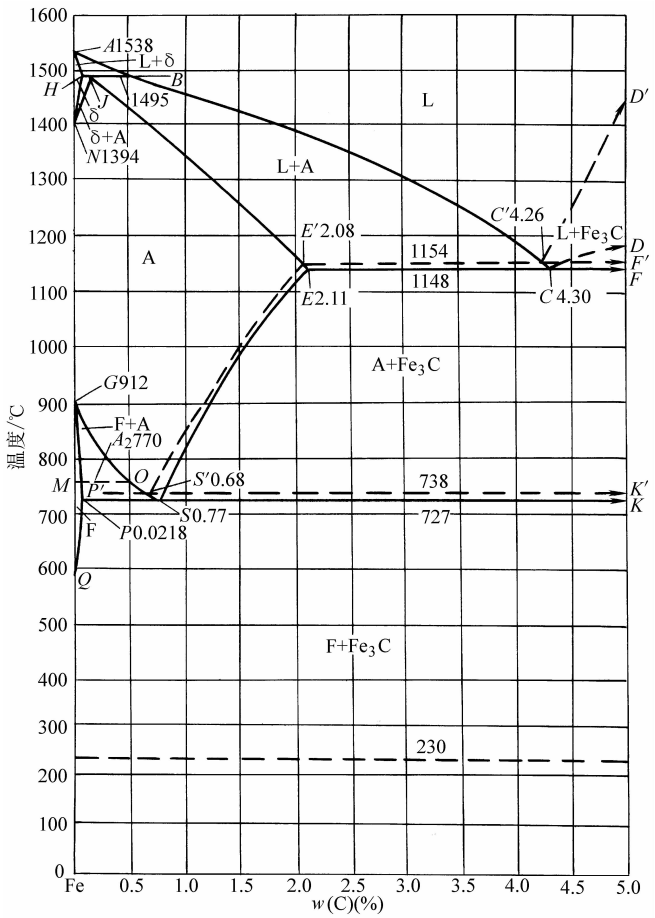


图 1-1　Fe-Fe_3C 合金相图

图 1-1 解析

Fe-Fe_3C 合金相图的结构特点如下：

1）有三条水平线（*PK* 为共析线，*EF* 为共晶线，*HB* 为包晶线）。

2）每条水平线上分别有三个点（*P*、*S*、*K* 和 *E*、*C*、*F* 及 *H*、*J*、*B*）。其中，*S* 为共析点，*C* 为共晶点，*J* 为包晶点。

3）从每个点分别只引出三条线（直线或曲线）与对应点相交。至此构成全部图形。

4）每个点都具有特定意义。其中，*A* 为纯铁熔点，*D* 为渗碳体熔点，*E* 为碳在奥氏体中的最大溶解度，*Q* 为碳在铁素体中的溶解度，*P* 为碳在铁素体中的最大溶解度，*M* 为铁素体的磁性转变点，*N* 点发生 γ-Fe→δ-Fe 的同素异构转变，*G* 点发生 α-Fe→γ-Fe 的同素异构转变。

5）由相关曲线构成四个单相区，即液态（L）、奥氏体（A）、铁素体（δ-Fe）和铁素体（α-Fe）区域。

6）每两个单相区之间相夹的是双相区，双相区的成分由该两相组成。

7）每条曲线都具有特定意义，如 A_3 和 A_{cm} 分别为亚共析钢和过共析钢的上临界点温度、A_1 为其下临界点温度、*AHJECF* 为固相线、*ABCD* 为液相线等。

8）每一点都有对应的温度和碳含量。

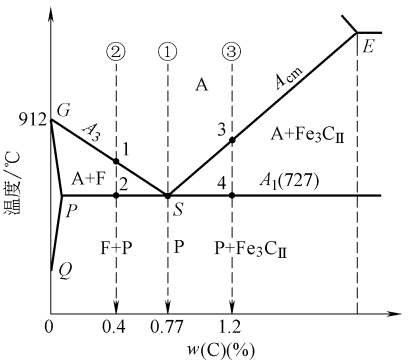


图 1-2　典型铁碳合金在相图上的基本组织

1.1.2　典型铁碳合金在相图上的基本组织（图 1-2）

图 1-2 解析

分别以碳的质量分数 0.4%、0.77% 和 1.2% 三种铁碳合金为例进行解析。

合金①为共析钢（碳的质量分数 0.77%）。在温度 *S* 点（727℃）以上为奥氏体（A），即碳全部溶于 γ-Fe 中的间隙固溶体；在 *S* 点以下为珠光体（P），即由铁素体和渗碳体组成的机械混合物。

合金②为亚共析钢（碳的质量分数为 0.4%）。在点 1 以上为奥氏体；在点 1 ~ 点 2 之间由奥氏体与铁素体（F）两相组织组成。铁素体是碳在 α-Fe 中的间隙固溶体。在点 2 以下为 F + P。

合金③为过共析钢（碳的质量分数为 1.2%）。在点 3 以上为奥氏体；在点 3 ~ 点 4 之间由奥氏体与渗碳体（Fe_3C）两相组成。渗碳体是铁和碳的化合物，碳的质量分数为 6.69%。点 4 以下为 P + $Fe_3C_{Ⅱ}$。

1.1.3　典型铁碳合金的显微组织

1. 共析钢（珠光体）的显微组织（图 1-3）

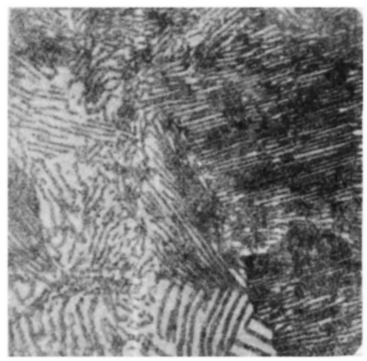


图 1-3　共析钢（珠光体）的显微组织

图 1-3 解析

共析钢的显微组织全部为珠光体。珠光体显微组织呈现黑白相间的片状，黑色为渗碳体，白色为铁素体。

2. 亚共析钢的显微组织（图 1-4）

图 1-4 解析

亚共析钢的显微组织为白色的铁素体包围着黑白相间的珠光体。

3. 过共析钢的显微组织（图 1-5）

图 1-5 解析

过共析钢的显微组织为白色的渗碳体网及黑白相间的珠光体。

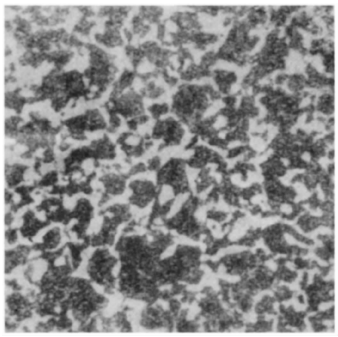


图 1-4　亚共析钢的显微组织

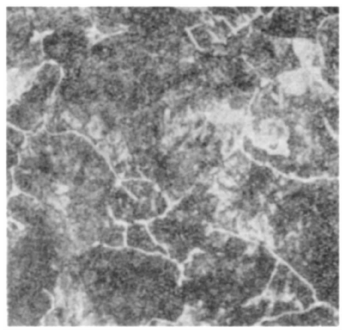


图 1-5　过共析钢的显微组织

1.1.4　Fe-Fe_3C 合金相图中常用的热处理加热温度区间（图 1-6）

图 1-6 解析

对于热处理而言，主要应用 Fe-Fe_3C 合金相图中的下半部分，如图 1-6 所示。其中，钢的各种热处理加热温度范围在图的左侧，右侧为各种铸铁的热处理加热温度。

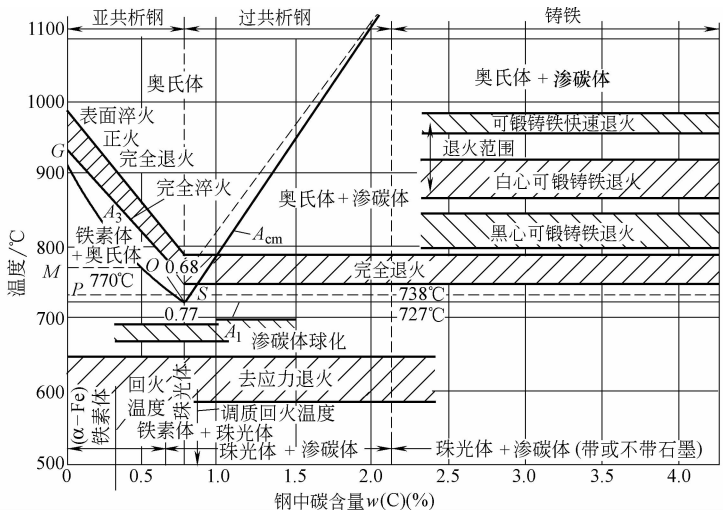


图 1-6　Fe-Fe_3C 合金相图中常用的热处理加热温度区间

需要全本请访问 www.ertongbook.com