

# 热处理 实用技术 问答

杨 满 编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 热处理实用技术问答

杨 满 编著



机械工业出版社

本书以问答的形式全面系统地介绍了热处理生产技术。内容包括热处理基础知识、钢的退火和正火、钢的淬火和回火、钢的表面淬火、钢的化学热处理、铸铁的热处理、非铁金属及合金的热处理、典型零件的热处理、热处理设备及其操作技术、热处理质量检验技术,共计300多个问题。该书实用性和针对性强,便于读者有针对性地快速查阅、分析和解决热处理生产中的技术问题,以达到改善热处理件质量、提高生产效率的目的。

本书适合于热处理技术人员、工人阅读,也可供相关专业在校师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

热处理实用技术问答/杨满编著. —北京:机械工业出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-111-26878-9

I. 热… II. 杨… III. 热处理-问答 IV. TG15-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第060913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:陈保华 版式设计:张世琴 责任校对:张莉娟  
封面设计:姚毅 责任印制:乔宇  
北京京丰印刷厂印刷

2009年6月第1版·第1次印刷  
148mm×210mm·13.75印张·405千字  
0 001—3 000册  
标准书号:ISBN 978-7-111-26878-9  
定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294  
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643  
编辑热线电话:(010) 88379734  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

热处理是提高机械零件质量和延长寿命的关键。热处理零件寿命实现一顶几,就意味着材料资源的节约、能源的节约、人力资源的节约。随着科学技术的飞速发展,热处理技术也有了显著进步,新技术、新工艺、新设备不断出现,并广泛应用于生产实践中。

提高热处理水平,技术人员是关键。首先,要能够制订正确的热处理工艺,熟悉热处理设备;其次,要能够正确地指导操作者执行工艺,才能保证热处理质量不断提高。本书的编写目的是使广大热处理技术人员和工人熟悉热处理原理,并使自身能力得到提高,适应新形势和生产的发展,更好地指导生产,解决好生产中出现的各种技术难题。

本书以问答的形式全面系统地介绍了热处理原理与工艺技术,便于读者根据问题有针对性地快速查阅。全书共分10章,第1章介绍了热处理基础知识;第2~7章介绍了钢、铸铁及非铁金属的热处理原理、工艺及操作方法;第8章内容为弹簧、轴承、工具、量具等典型零件的热处理,第9、10章为热处理设备和检验设备的原理及操作方法。除常规热处理外,还对离子热处理、真空热处理、激光热处理等新技术作了简要介绍。全书采用了大量图表加以说明,并尽可能地配以应用实例。

书中采用了最新的国家标准、热处理标准及金属材料表示方法等,以适应新标准,贯彻新标准,如热处理工艺术语、检验标准、非铁金属的热处理代号、铝合金牌号的表示方法等。

在本书编写过程中,得到机械工业出版社的大力支持,孙韵生、王新利、杨鸿雁参加了部分编写、资料搜集和书稿整理工作,在此表示感谢!

由于水平有限,书中难免存在缺点、错误,欢迎批评指正。

作者

# 目 录

## 前言

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| <b>第1章 热处理基础知识</b> .....                                 | 1  |
| 1.1 什么是 Fe-Fe <sub>3</sub> C 合金相图? .....                 | 1  |
| 1.2 Fe-Fe <sub>3</sub> C 合金相图中的基本组织有哪些? 各种组织的性能如何? ..... | 2  |
| 1.3 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图中特性点的温度、碳含量及其物理意义是什么? .....   | 3  |
| 1.4 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图中特性线的含义是什么? .....             | 4  |
| 1.5 合金元素对 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图有什么影响? .....            | 4  |
| 1.6 共析钢在缓慢冷却时的组织是怎样转变的? .....                            | 5  |
| 1.7 亚共析钢在缓慢冷却时的组织是怎样转变的? .....                           | 7  |
| 1.8 过共析钢在缓慢冷却时的组织是怎样转变的? .....                           | 8  |
| 1.9 奥氏体是怎样形成的? .....                                     | 9  |
| 1.10 影响奥氏体晶粒长大的因素是什么? .....                              | 11 |
| 1.11 什么是过冷奥氏体等温转变图? .....                                | 12 |
| 1.12 过冷奥氏体等温转变的产物是什么? .....                              | 14 |
| 1.13 马氏体的特点是什么? .....                                    | 17 |
| 1.14 在实际生产中如何应用过冷奥氏体等温转变图? .....                         | 18 |
| <b>第2章 钢的退火和正火</b> .....                                 | 20 |
| 2.1 什么叫退火? 退火的目的是什么? .....                               | 20 |
| 2.2 均匀化退火的目的是什么? 如何进行均匀化退火? .....                        | 20 |
| 2.3 什么是再结晶? 如何制订再结晶退火工艺? .....                           | 21 |
| 2.4 如何制订去应力退火工艺? .....                                   | 22 |
| 2.5 完全退火的目的是什么? 如何制订完全退火工艺? .....                        | 23 |
| 2.6 什么是不完全退火? 如何制订不完全退火工艺? .....                         | 24 |
| 2.7 什么是等温退火? 如何制订等温退火工艺? .....                           | 25 |
| 2.8 球化退火的目的是什么? 如何制订球化退火工艺? .....                        | 26 |
| 2.9 退火操作时要注意什么? .....                                    | 27 |

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.10       | 何谓正火? 如何编制正火工艺规范? .....                                     | 28        |
| 2.11       | 正火操作要点是什么? .....                                            | 29        |
| 2.12       | 常见退火和正火缺陷有哪些? 怎样防止? .....                                   | 29        |
| <b>第3章</b> | <b>钢的淬火和回火 .....</b>                                        | <b>31</b> |
| 3.1        | 什么是淬火? 淬火的目的是什么? .....                                      | 31        |
| 3.2        | 什么是钢的淬透性? 它与哪些因素有关? .....                                   | 31        |
| 3.3        | 什么是淬透性曲线? 如何测定? .....                                       | 32        |
| 3.4        | 什么是临界直径? 常用钢的临界直径是多少? .....                                 | 34        |
| 3.5        | 淬透性在生产实践中有何重要意义? .....                                      | 35        |
| 3.6        | 什么是钢的淬硬性? 它与哪些因素有关? .....                                   | 36        |
| 3.7        | 什么是理想淬火冷却曲线? .....                                          | 37        |
| 3.8        | 如何选择钢的淬火温度? .....                                           | 38        |
| 3.9        | 如何确定零件的有效厚度? .....                                          | 40        |
| 3.10       | 如何计算淬火加热时间? .....                                           | 41        |
| 3.11       | 常用淬火方法有几种? 如何正确地选择淬火方法? .....                               | 43        |
| 3.12       | 如何正确地选择工件淬入冷却介质的方式? .....                                   | 47        |
| 3.13       | 为防止工件氧化和脱碳, 一般采取哪些措施? 以空气为<br>加热介质时, 防止氧化和脱碳的常用方法有哪些? ..... | 48        |
| 3.14       | 什么是可控气氛? 可控气氛有几种? .....                                     | 49        |
| 3.15       | 水是最常用的淬火介质, 其冷却能力有何特点? .....                                | 52        |
| 3.16       | 常用无机物水溶液淬火介质有哪些? 其冷却性能如何? 适<br>用于哪些钢种? .....                | 54        |
| 3.17       | 常用淬火油有哪些? 其冷却性能如何? 适用于哪些钢种? .....                           | 55        |
| 3.18       | 常用有机物水溶液淬火介质有哪些? 其冷却性能如何? 适<br>用于哪些钢种? .....                | 57        |
| 3.19       | 常用分级淬火和等温淬火盐浴有哪些? .....                                     | 59        |
| 3.20       | 什么是流态床淬火介质? .....                                           | 60        |
| 3.21       | 进行水-油双介质淬火时, 如何控制工件在水中停留的<br>时间? .....                      | 62        |
| 3.22       | 如何测定有机物水溶性淬火介质的浓度? .....                                    | 62        |
| 3.23       | 常用盐浴成分有哪些? .....                                            | 64        |
| 3.24       | 常用盐浴校正剂有哪些? 有何特点? .....                                     | 66        |
| 3.25       | 如何进行盐浴校正操作? .....                                           | 66        |
| 3.26       | 淬火操作注意事项有哪些? .....                                          | 67        |

|            |                                               |           |
|------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 3.27       | 什么是快速加热淬火? .....                              | 69        |
| 3.28       | 什么是调质处理? 其工艺规范如何? 调质与正火、退火相比, 力学性能有何优点? ..... | 69        |
| 3.29       | 工件淬火后产生硬度不足和软点的原因是什么? 其预防措施是什么? 如何补救? .....   | 71        |
| 3.30       | 工件淬火后产生过热和过烧的原因是什么? 其预防措施是什么? 如何处理? .....     | 72        |
| 3.31       | 淬火工件产生畸变和开裂的原因是什么? 不同工件淬火时畸变的规律是什么? .....     | 73        |
| 3.32       | 如何预防工件产生淬火畸变和开裂? .....                        | 75        |
| 3.33       | 对已经变形的工件如何进行校正? .....                         | 76        |
| 3.34       | 什么叫回火? 回火的目的是什么? .....                        | 78        |
| 3.35       | 淬火钢在回火时组织会产生什么变化? .....                       | 79        |
| 3.36       | 回火对力学性能有什么影响? .....                           | 81        |
| 3.37       | 合金元素对回火过程有什么影响? .....                         | 82        |
| 3.38       | 如何确定回火温度? .....                               | 83        |
| 3.39       | 如何确定回火时间, 基本原则是什么? .....                      | 86        |
| 3.40       | 什么是回火脆性? 其产生原因是什么? 如何防止回火脆性的产生? .....         | 86        |
| 3.41       | 回火方法有哪几种? .....                               | 87        |
| 3.42       | 回火操作要点是什么? .....                              | 88        |
| 3.43       | 工件回火后可能出现哪些缺陷? 其产生原因是什么? 如何预防? .....          | 89        |
| 3.44       | 什么是冷处理? 钢件淬火后为什么要进行冷处理? .....                 | 90        |
| 3.45       | 常用制冷剂有哪些? 它们的物理性能如何? 冷处理时获得低温的方法有几种? .....    | 90        |
| 3.46       | 如何制订冷处理工艺? .....                              | 92        |
| 3.47       | 进行冷处理操作时应注意哪些安全技术? .....                      | 94        |
| <b>第4章</b> | <b>钢的表面淬火</b> .....                           | <b>95</b> |
| 4.1        | 感应淬火的基本原理是什么? 交变电流具有哪些物理特性? .....             | 95        |
| 4.2        | 钢件高频感应淬火后得到什么样的组织? 对工件的性能有何影响? .....          | 98        |
| 4.3        | 感应淬火方法有哪些? .....                              | 100       |

|            |                                           |            |
|------------|-------------------------------------------|------------|
| 4.4        | 如何选择感应淬火的加热温度? .....                      | 102        |
| 4.5        | 感应淬火的冷却方法有几种? 淬火介质如何选用? .....             | 105        |
| 4.6        | 选择感应加热设备的依据是什么? 如何选择设备频率? 如何选择设备功率? ..... | 106        |
| 4.7        | 如何选择高频感应加热的电参数? 怎样调整? .....               | 110        |
| 4.8        | 如何调整中频发电机的电参数? .....                      | 111        |
| 4.9        | 如何设计感应器? .....                            | 112        |
| 4.10       | 常用高频、超音频感应加热感应器有哪些种类? 适宜加热哪些工件? .....     | 118        |
| 4.11       | 常用中频感应加热感应器有哪些种类? 适宜加热哪些工件? .....         | 120        |
| 4.12       | 高频感应淬火时如何操作? .....                        | 124        |
| 4.13       | 感应淬火后怎样回火? .....                          | 125        |
| 4.14       | 如何进行深层感应淬火? .....                         | 128        |
| 4.15       | 感应淬火操作时应注意什么? .....                       | 129        |
| 4.16       | 感应淬火有哪些常见缺陷? 如何解决? .....                  | 130        |
| 4.17       | 火焰淬火常用燃料有哪些? 氧乙炔火焰具有哪些特性? .....           | 131        |
| 4.18       | 火焰淬火方法分为哪几种? .....                        | 132        |
| 4.19       | 如何制订火焰淬火工艺? .....                         | 135        |
| 4.20       | 常用火焰喷射工具有哪些? .....                        | 137        |
| 4.21       | 怎样进行火焰淬火, 操作时应注意哪些安全技术? .....             | 139        |
| 4.22       | 火焰淬火后有哪些常见缺陷? 如何防止? .....                 | 141        |
| 4.23       | 接触电阻加热淬火的原理是什么? 接触电阻加热淬火设备的结构如何? .....    | 142        |
| 4.24       | 如何制订接触电阻加热淬火工艺? .....                     | 143        |
| 4.25       | 什么是激光淬火? 有何特点? .....                      | 144        |
| 4.26       | 如何制订激光淬火工艺? .....                         | 144        |
| 4.27       | 常用黑化处理的方法有哪些? .....                       | 145        |
| 4.28       | 什么是电解液淬火? 有何特点? .....                     | 146        |
| 4.29       | 如何制订电解液淬火工艺? .....                        | 147        |
| <b>第5章</b> | <b>钢的化学热处理</b> .....                      | <b>148</b> |
| 5.1        | 化学热处理是由哪三个基本过程组成的? .....                  | 148        |
| 5.2        | 常用气体渗碳剂有哪些? .....                         | 149        |
| 5.3        | 对渗碳层的技术要求有哪些? .....                       | 150        |

|      |                                             |     |
|------|---------------------------------------------|-----|
| 5.4  | 如何计算渗碳层的深度? .....                           | 152 |
| 5.5  | 气体渗碳时对不需要渗碳的部位如何进行防渗处理? .....               | 152 |
| 5.6  | 如何制订气体渗碳工艺? .....                           | 153 |
| 5.7  | 列表说明常用渗碳钢的热处理规范。 .....                      | 156 |
| 5.8  | 怎样进行气体渗碳操作? 操作注意事项是什么? .....                | 157 |
| 5.9  | 煤油+甲醇滴注式渗碳有何特点? .....                       | 159 |
| 5.10 | 什么是滴注式可控气氛渗碳? 如何实现对炉气碳势的控制? .....           | 160 |
| 5.11 | 什么是吸热式可控气氛渗碳? 其原理如何? .....                  | 161 |
| 5.12 | 什么是氮基气氛渗碳? 其特点是什么? .....                    | 162 |
| 5.13 | 什么是固体渗碳? 常用固体渗碳剂有哪些? 怎样配制? .....            | 163 |
| 5.14 | 怎样制订固体渗碳工艺? .....                           | 165 |
| 5.15 | 怎样进行固体渗碳操作? .....                           | 167 |
| 5.16 | 什么是液体渗碳? 其特点是什么? 液体渗碳常用渗碳盐浴是由哪些成分组成的? ..... | 169 |
| 5.17 | 如何制订液体渗碳工艺? 操作中应注意什么? .....                 | 169 |
| 5.18 | 什么是真空渗碳? 其特点是什么? .....                      | 171 |
| 5.19 | 如何制订真空渗碳工艺? .....                           | 171 |
| 5.20 | 怎样进行真空渗碳淬火操作? .....                         | 172 |
| 5.21 | 工件渗碳后的热处理方法通常有哪几种? .....                    | 173 |
| 5.22 | 如何减少高强度合金渗碳钢工件渗碳淬火后的残留奥氏体含量? .....          | 176 |
| 5.23 | 常见渗碳缺陷有哪些? 如何防止? .....                      | 177 |
| 5.24 | 什么是碳氮共渗? 碳氮共渗有何特点? .....                    | 179 |
| 5.25 | 如何编制中温气体碳氮共渗工艺? 常用共渗剂有哪些? .....             | 180 |
| 5.26 | 如何进行液体碳氮共渗? .....                           | 183 |
| 5.27 | 碳氮共渗常见缺陷有哪些? 如何防止 .....                     | 185 |
| 5.28 | 工件在渗氮前应进行哪些预备热处理? 为什么? .....                | 187 |
| 5.29 | 怎样制订气体渗氮工艺? .....                           | 188 |
| 5.30 | 什么是一段渗氮、二段渗氮和三段渗氮? 各有何优缺点? .....            | 189 |
| 5.31 | 列表说明常用钢的气体渗氮工艺参数。 .....                     | 192 |
| 5.32 | 气体渗氮时, 工件的非渗氮部位如何保护? .....                  | 193 |
| 5.33 | 什么是抗蚀渗氮? .....                              | 194 |
| 5.34 | 怎样进行气体渗氮操作? .....                           | 194 |

|            |                                             |            |
|------------|---------------------------------------------|------------|
| 5.35       | 如何测定氨分解率? 怎样使用氨分解率测定计? .....                | 196        |
| 5.36       | 气体渗氮有哪些缺陷? 如何防止? .....                      | 196        |
| 5.37       | 离子渗氮的基本原理是什么? 离子渗氮时氮原子是怎样渗入<br>金属表面的? ..... | 198        |
| 5.38       | 怎样制订离子渗氮工艺规范? .....                         | 201        |
| 5.39       | 怎样进行离子渗氮操作? .....                           | 203        |
| 5.40       | 离子渗氮常见问题有哪些? 如何防止? .....                    | 205        |
| 5.41       | 什么是气体氮碳共渗? 有何特点? .....                      | 206        |
| 5.42       | 常用气体氮碳共渗剂有哪几种? 如何制订气体氮碳共渗<br>工艺? .....      | 206        |
| 5.43       | 什么是盐浴渗硼? 常用盐浴渗硼配方及工艺有哪些? .....              | 207        |
| 5.44       | 什么是粉末渗硼? 怎样进行粉末渗硼? .....                    | 208        |
| 5.45       | 什么是膏剂渗硼? 怎样进行膏剂渗硼? .....                    | 209        |
| 5.46       | 渗硼层的组织及性能如何? .....                          | 210        |
| 5.47       | 渗硼常见缺陷有哪些? 如何防止? .....                      | 211        |
| 5.48       | 固体渗铬剂有哪些? 如何配制? 固体渗铬原理是什么? .....            | 212        |
| 5.49       | 固体渗铬如何操作? .....                             | 213        |
| 5.50       | 液体渗铬的盐浴组成有哪些? 怎样制订液体渗铬工艺? .....             | 214        |
| 5.51       | 渗铬层的组织和性能如何? .....                          | 215        |
| 5.52       | 渗铬缺陷有哪些? 如何防止? .....                        | 216        |
| 5.53       | 什么是粉末渗铝? 其原理如何? .....                       | 217        |
| 5.54       | 怎样进行粉末渗铝? .....                             | 217        |
| 5.55       | 什么是热浸镀铝? 如何制订热浸镀铝工艺? .....                  | 218        |
| <b>第6章</b> | <b>铸铁的热处理</b> .....                         | <b>220</b> |
| 6.1        | 灰铸铁分哪几类? 其性能与组织有什么关系? .....                 | 220        |
| 6.2        | 与钢相比, 在制订铸铁热处理工艺时或实际操作中有什么<br>特点? .....     | 222        |
| 6.3        | 如何进行灰铸铁的去应力退火? .....                        | 223        |
| 6.4        | 如何进行灰铸铁的石墨化退火? .....                        | 225        |
| 6.5        | 灰铸铁正火的目的是什么? 如何进行? .....                    | 226        |
| 6.6        | 灰铸铁淬火方法有哪几种? .....                          | 227        |
| 6.7        | 可锻铸铁是怎样得到的? 有哪几种? .....                     | 228        |
| 6.8        | 黑心可锻铸铁是如何获得的? .....                         | 229        |
| 6.9        | 珠光体可锻铸铁是如何获得的? .....                        | 231        |

|            |                                      |            |
|------------|--------------------------------------|------------|
| 6.10       | 如何加速可锻化退火? .....                     | 233        |
| 6.11       | 球墨铸铁的退火有哪几种? 其目的是什么? 工艺方法如何? .....   | 233        |
| 6.12       | 球墨铸铁正火方法有哪两种? 如何制订正火工艺? .....        | 235        |
| 6.13       | 如何制订球墨铸铁淬火与回火工艺? .....               | 237        |
| 6.14       | 如何制订球墨铸铁调质处理工艺? .....                | 239        |
| 6.15       | 如何制订球墨铸铁等温淬火工艺? .....                | 239        |
| 6.16       | 球墨铸铁感应淬火前为什么要进行预备热处理? 如何进行淬火? .....  | 241        |
| 6.17       | 铸铁退火和正火时应注意哪些事项? .....               | 241        |
| 6.18       | 铸铁淬火及回火时应注意什么? .....                 | 242        |
| 6.19       | 铸铁热处理常见缺陷有哪些? 如何防止及补救? .....         | 242        |
| <b>第7章</b> | <b>非铁金属及合金的热处理 .....</b>             | <b>244</b> |
| 7.1        | 常用非铁金属及合金的代号及表示方法是怎样规定的? .....       | 244        |
| 7.2        | 工业纯铜再结晶退火的目的是什么? 如何处理? .....         | 245        |
| 7.3        | 黄铜的退火方法有哪两种? 目的是什么? 如何制订退火工艺? .....  | 246        |
| 7.4        | 锡青铜的退火方法有哪三种? 目的是什么? 如何处理? .....     | 248        |
| 7.5        | 铝青铜的热处理主要有退火、固溶处理和时效, 如何制订工艺? .....  | 249        |
| 7.6        | 铍青铜的热处理方法有哪些? 如何进行? .....            | 249        |
| 7.7        | 白铜的退火方法有哪几种? 目的是什么? 如何制订工艺? .....    | 250        |
| 7.8        | 铜及铜合金热处理时, 如何选择加热炉炉气类型? .....        | 251        |
| 7.9        | 铜及铜合金的热处理操作应注意哪些事项? .....            | 252        |
| 7.10       | 变形铝及铝合金的基础状态代号及热处理状态代号是怎样表示的? .....  | 253        |
| 7.11       | 变形铝合金退火方法有哪几种? 退火的目的是什么? 如何处理? ..... | 254        |
| 7.12       | 变形铝合金固溶处理的目的是什么? 如何编制固溶处理工艺? .....   | 256        |
| 7.13       | 变形铝合金为什么要进行时效处理? .....               | 259        |
| 7.14       | 什么是回归? 变形铝合金能否再时效? .....             | 261        |
| 7.15       | 变形铝合金热处理操作时应注意什么? .....              | 262        |
| 7.16       | 铸造铝合金热处理类型及代号怎样表示? .....             | 262        |

|            |                                           |            |
|------------|-------------------------------------------|------------|
| 7.17       | 怎样制订铸造铝合金的固溶处理及时效工艺? .....                | 263        |
| 7.18       | 铸造铝合金热处理操作应注意哪些事项? .....                  | 265        |
| 7.19       | 镁合金热处理类型及代号怎样表示? .....                    | 265        |
| 7.20       | 镁合金的退火主要有哪两种? 怎样进行? .....                 | 266        |
| 7.21       | 镁合金的热处理方法有几种? 如何制订镁合金的热处理工艺? .....        | 267        |
| 7.22       | 镁合金热处理操作技术的要点是什么? 如何进行安全操作? .....         | 268        |
| 7.23       | 钛合金的退火方法主要有哪几种? 各种退火是怎样进行的? .....         | 269        |
| 7.24       | 如何制订钛合金固溶处理和时效工艺? .....                   | 273        |
| <b>第8章</b> | <b>典型零件的热处理</b> .....                     | <b>275</b> |
| 8.1        | 齿轮感应淬火硬化层分布形式有几种? 其强化效果如何? .....          | 275        |
| 8.2        | 全齿同时加热感应淬火时, 不同模数齿轮如何选择最佳加热频率? .....      | 276        |
| 8.3        | 全齿同时感应淬火时, 如何确定设备的输出功率? .....             | 277        |
| 8.4        | 齿轮全齿加热淬火感应器有哪些? 如何设计? .....               | 278        |
| 8.5        | 什么是单齿同时加热淬火与单齿连续加热淬火? 如何制作感应器? .....      | 281        |
| 8.6        | 如何制作单齿沿齿沟感应淬火感应器? .....                   | 283        |
| 8.7        | 不同模数的低淬透性钢齿轮, 如何选择感应加热频率? .....           | 284        |
| 8.8        | 齿轮感应淬火操作要点是什么? .....                      | 285        |
| 8.9        | 齿轮如何实现火焰淬火? .....                         | 286        |
| 8.10       | 如何制订齿轮火焰淬火工艺? .....                       | 287        |
| 8.11       | 齿轮表面淬火常见缺陷有哪些? 如何防止? .....                | 288        |
| 8.12       | 渗碳和碳氮共渗齿轮毛坯为什么要进行预备热处理? 其预备热处理工艺如何? ..... | 289        |
| 8.13       | 怎样制订齿轮渗碳工艺? .....                         | 290        |
| 8.14       | 怎样制订齿轮的碳氮共渗工艺? .....                      | 293        |
| 8.15       | 怎样制订齿轮渗氮工艺? .....                         | 294        |
| 8.16       | 热成形弹簧如何进行热处理? .....                       | 296        |
| 8.17       | 硬态冷成形弹簧如何进行热处理? .....                     | 297        |
| 8.18       | 如何制订常用弹簧钢的淬火和回火工艺规范? .....                | 298        |
| 8.19       | 轴承钢在淬火前为什么要进行球化退火? 如何进行球化                 |            |

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 退火? .....                                                         | 299 |
| 8.20 轴承钢正火的目的是什么? 如何制订轴承钢正火工艺? .....                              | 301 |
| 8.21 什么是轴承钢双细化处理工艺? .....                                         | 301 |
| 8.22 如何制订轴承钢淬火和回火工艺? .....                                        | 303 |
| 8.23 怎样提高精密轴承的尺寸稳定性? .....                                        | 304 |
| 8.24 工具钢的预备热处理方法有哪几种? .....                                       | 305 |
| 8.25 怎样制订工具钢的淬火和回火工艺? .....                                       | 307 |
| 8.26 高速钢为什么要进行预备热处理? 如何进行? .....                                  | 311 |
| 8.27 如何制订高速钢淬火工艺? .....                                           | 312 |
| 8.28 高速钢的淬火工艺中哪一种淬火方法应用最广? 它具有<br>哪些优点? .....                     | 316 |
| 8.29 高速钢的回火温度为什么确定为 550 ~ 570℃? 回火次数为<br>什么不少于三次? 回火时应注意什么? ..... | 316 |
| 8.30 如何制订常用高速钢的热处理工艺规范? .....                                     | 318 |
| 8.31 高速钢热处理操作时应注意什么? .....                                        | 319 |
| 8.32 怎样编制 Cr12 型冷作模具钢的热处理工艺? .....                                | 320 |
| 8.33 如何制订 5CrNiMo 与 5CrMnMo 钢制锻模热处理工艺? .....                      | 322 |
| 8.34 锤锻模燕尾部分如何处理? .....                                           | 325 |
| 8.35 怎样制订 3Cr2W8V 铝钎合金压铸模具的热处理工艺? .....                           | 325 |
| 8.36 如何制订量具的热处理工艺? .....                                          | 327 |
| <b>第9章 热处理设备及其操作技术</b> .....                                      | 332 |
| 9.1 说明箱式电阻炉的结构。 .....                                             | 332 |
| 9.2 如何正确、安全地操作箱式电阻炉? .....                                        | 334 |
| 9.3 说明井式电阻炉的结构。 .....                                             | 334 |
| 9.4 如何正确、安全地操作井式电阻炉? .....                                        | 335 |
| 9.5 说明井式气体渗碳炉的构造。 .....                                           | 336 |
| 9.6 如何正确、安全地操作井式气体渗碳炉? .....                                      | 337 |
| 9.7 如何对电阻炉进行保养和维修? .....                                          | 338 |
| 9.8 电极式盐浴炉的结构如何? 埋入式电极盐浴炉有何优点? .....                              | 339 |
| 9.9 电极式盐浴炉的电极是如何布置的? 各有什么优缺点? .....                               | 340 |
| 9.10 盐浴炉变压器有哪几种? .....                                            | 342 |
| 9.11 什么是磁性调压器? .....                                              | 343 |
| 9.12 埋入式电极盐浴炉变压器的接法与插入式电极盐浴炉有<br>什么区别? 如何改接? .....                | 343 |

|      |                                         |     |
|------|-----------------------------------------|-----|
| 9.13 | 如何用电阻加热器启动电极式盐浴炉? .....                 | 344 |
| 9.14 | 除电阻加热器外,还可以用哪些方法启动电极盐浴炉? .....          | 346 |
| 9.15 | 如何正确、安全地操作盐浴炉? .....                    | 347 |
| 9.16 | 怎样正确维护保养盐浴炉? .....                      | 349 |
| 9.17 | 电子管式高频感应加热装置的工作原理是什么? .....             | 349 |
| 9.18 | 电子管式高频感应加热装置主要由哪些部分组成? 各部分有何作用? .....   | 350 |
| 9.19 | 机式中频电源变频原理是什么? 变频装置是由哪些部分组成的? .....     | 351 |
| 9.20 | 晶闸管中频电源的变频原理是什么? 主要组成部分是什么? 有何特点? ..... | 352 |
| 9.21 | 如何正确、安全地操作高频感应加热装置? .....               | 353 |
| 9.22 | 如何正确维护和保养感应加热装置? .....                  | 355 |
| 9.23 | 怎样正确使用与维护振荡管与瓷介电容器? .....               | 356 |
| 9.24 | 什么是离子渗氮炉? 主要由哪些部分组成? .....              | 356 |
| 9.25 | 如何正确操作离子渗氮炉? .....                      | 360 |
| 9.26 | 真空热处理炉加热的特点是什么? 其结构有哪些特殊之处? .....       | 362 |
| 9.27 | 什么是气淬真空炉? 其包括哪些类型? .....                | 362 |
| 9.28 | 单室、双室气淬真空炉的结构如何? .....                  | 363 |
| 9.29 | 油淬真空炉的结构特点是什么? .....                    | 365 |
| 9.30 | 真空回火炉是怎样工作的? .....                      | 366 |
| 9.31 | 操作真空炉时应注意些什么? .....                     | 366 |
| 9.32 | 怎样选择和操作液压校直机? .....                     | 367 |
| 9.33 | 带有移动式顶尖装置液压校直机的结构如何? 怎样操作? .....        | 367 |
| 9.34 | 液压校直机操作要点是什么? .....                     | 368 |
| 9.35 | 淬火槽由哪些部分组成? 应具有哪些功能? .....              | 369 |
| 9.36 | 什么是淬火介质循环冷却系统? .....                    | 373 |
| 9.37 | 淬火槽操作要点是什么? .....                       | 374 |
| 9.38 | 冷处理设备有哪几种? .....                        | 374 |
| 9.39 | 以液化气体为制冷剂的深冷处理设备是如何工作的? .....           | 375 |
| 9.40 | 冷冻机式冷处理设备是如何工作的? 有何优缺点? .....           | 375 |
| 9.41 | 吸热式可控气氛是怎样产生的? .....                    | 377 |
| 9.42 | 热电偶的测温原理是什么? 热电偶产生的热电势有何                |     |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 特点?                             | 378 |
| 9.43 热电偶分为哪两类?各自的使用温度如何?        | 378 |
| 9.44 热电偶在使用中应注意什么?              | 380 |
| 9.45 毫伏计是如何工作的?                 | 381 |
| 9.46 怎样正确使用毫伏计?                 | 381 |
| 9.47 什么是电子电位差计?                 | 382 |
| 9.48 如何正确使用电子电位差计?              | 383 |
| 9.49 光学高温计的原理及构造是什么?            | 383 |
| 9.50 如何正确使用光学高温计?               | 384 |
| 9.51 辐射温度计的测温原理是什么?如何正确使用辐射温度计? | 385 |
| 9.52 什么是数字式温度显示调节仪表?它具有哪些功能?    | 386 |
| <b>第10章 热处理质量检验技术</b>           | 387 |
| 10.1 简述布氏硬度试验原理。                | 387 |
| 10.2 如何用锤击式布氏硬度计检测硬度?           | 387 |
| 10.3 布氏硬度试验操作要注意什么?             | 388 |
| 10.4 简述洛氏硬度试验原理。常用洛氏硬度试验有几种?    | 390 |
| 10.5 使用洛氏硬度计有哪些注意事项?            | 391 |
| 10.6 简述维氏硬度试验原理。                | 391 |
| 10.7 什么是小负荷维氏硬度试验?              | 392 |
| 10.8 什么是显微硬度试验?                 | 393 |
| 10.9 怎样进行维氏硬度试验操作?              | 393 |
| 10.10 什么是里氏硬度试验?                | 394 |
| 10.11 什么是金相检验?如何准备试样?           | 395 |
| 10.12 什么是静拉伸试验?如何制作拉伸试样?        | 396 |
| 10.13 什么是力-变形曲线?                | 397 |
| 10.14 什么是应力-应变曲线?               | 397 |
| 10.15 什么是断面收缩率?如何测定?            | 399 |
| 10.16 什么是磁粉检测?磁粉检测原理是什么?        | 399 |
| 10.17 磁化方法有哪几种?                 | 400 |
| 10.18 磁粉检测后如何退磁?                | 403 |
| 10.19 磁粉有哪几种?                   | 403 |
| 10.20 什么是渗透检测?                  | 403 |
| 10.21 什么是超声波检测?                 | 404 |

---

|                   |                             |     |
|-------------------|-----------------------------|-----|
| 10.22             | 退火及正火工件如何进行质量检验? .....      | 404 |
| 10.23             | 如何对淬火与回火后的工件进行质量检验? .....   | 406 |
| 10.24             | 感应淬火件质量检验包括哪些方面? .....      | 408 |
| 10.25             | 火焰淬火件质量如何检验? .....          | 410 |
| 10.26             | 渗碳和碳氮共渗质量检验包括哪些内容? .....    | 411 |
| 10.27             | 如何进行渗氮件的质量检验? .....         | 412 |
| 10.28             | 如何对渗硼件进行质量检验? .....         | 416 |
| 10.29             | 工件渗金属后怎样进行质量检验? .....       | 416 |
| 10.30             | 什么是火花鉴别法? 火花的组成及形状如何? ..... | 417 |
| 10.31             | 碳素钢的火花有何特征? .....           | 418 |
| 10.32             | 合金元素对钢的火花有何影响? .....        | 419 |
| 10.33             | 如何进行火花鉴别? 其操作要点是什么? .....   | 420 |
| <b>参考文献</b> ..... |                             | 422 |

# 第 1 章 热处理基础知识

热处理是使固态金属通过加热、保温和冷却过程，以获得预期性能的工艺过程。热处理之所以能改变工件的性能，其根本原因就在于热处理过程中金属的内部组织结构发生了变化。

## 1.1 什么是 Fe-Fe<sub>3</sub>C 合金相图？

钢和铸铁是现代工业中应用最广泛的合金，它们的基本组成元素

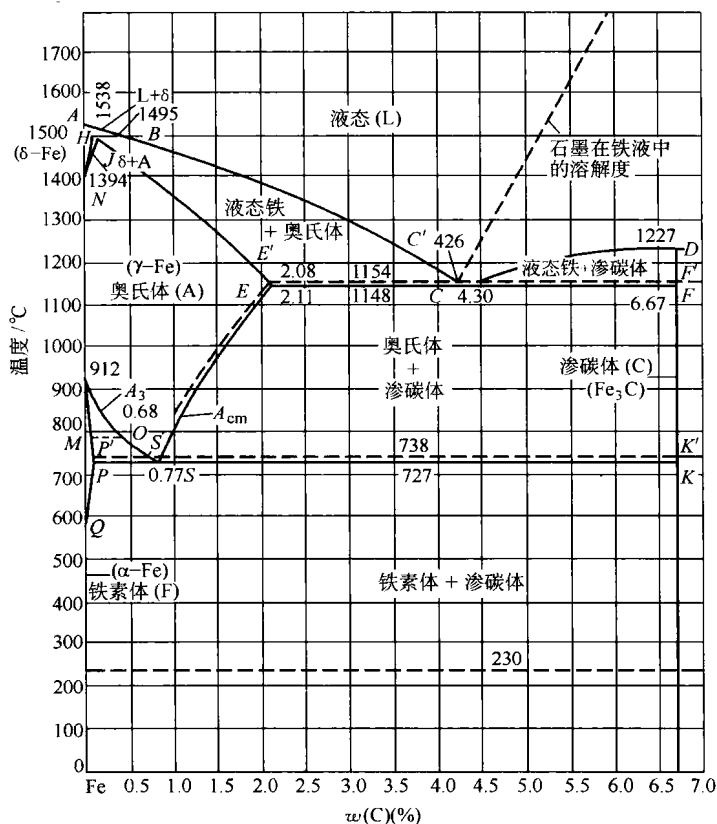


图 1-1 Fe-Fe<sub>3</sub>C 合金相图