



JIXIEGONGREN
GONGZUO SHOUCHE XILIE

机械工人

工作手册系列

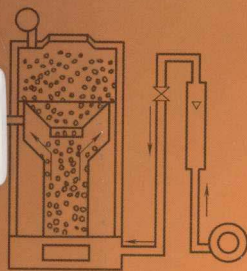
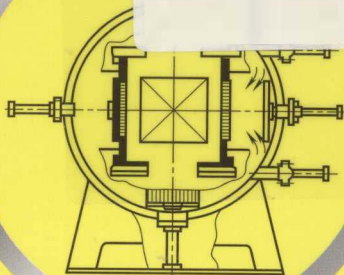
内容权威 针对一线
一册在手 工作无忧

RECHULIGONG
GONGZUO SHOUCHE

热处理工

〔工作手册〕

■ 赵宝荣 主编





RECHULIGONG
GONGZUO SHOUCE

热处理工

〔工作手册〕

■ 赵宝荣 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书较为详细地介绍了金属热处理的基础知识、金属热处理加热与冷却、钢铁件的整体热处理、表面加热热处理、化学热处理、形变热处理、铁基合金的热处理、非铁金属的热处理、典型零件热处理和热处理常用特性曲线及参数等内容。

本书是金属材料行业与机械制造行业从业人员，特别是材料研究、产品设计、制造加工、管理销售和教学人员必备的工具书，也可作为机械加工专业人员的专用教材。

图书在版编目(CIP)数据

热处理工作手册/赵宝荣主编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-122-14664-9

I. 热… II. 赵… III. 热处理-技术手册 IV. TG156-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142842 号

责任编辑: 邢 涛

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 17½ 插页 2 字数 645 千字

2012 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

金属热处理是在固态下将金属或合金加热到一定的温度、保持一定的时间，然后用不同的冷却速度冷却下来，通过对加热速度、加热温度、保温时间、冷却速度四个要素的有机配合，使其发生相的转变，形成各种各样的组织结构，从而获得所需要的使用性能的一种热加工工艺。为保证机械产品的质量和使用寿命，通常重要的机械零件都是要经过热处理的。例如，机床制造业中有 60%~70% 的零件要进行热处理，汽车和拖拉机制造业中有 70%~80% 的零件要进行热处理，工模具制造业中则 100% 要进行热处理。而且，只要选材合适，热处理得当，就能使机械零件的使用寿命成倍提高，达到事半功倍的效果。因此，热处理是机械零件和工模具制造过程中的关键工序，也是机械工业的一项重要基础技术，它对于充分发挥金属材料性能潜力，提高产品的内在质量、延长产品的使用寿命、提高经济效益都具有十分重要的意义。

国外热处理技术发展很快，包括可控气氛热处理、真空热处理、离子热处理、化学热处理、高能率热处理以及电子计算机、激光技术与电子束技术在热处理中的应用等。此外节能节材的工艺和设备也在不断地发展。我国的热处理技术也有了很大的发展，目前，全国各类热处理专业厂、热处理设备制造厂、热处理工艺材料生产厂以及主机厂的热处理分厂、车间约 15000 家。其中全民所有制企业占 80%，约 12000 家；民营和股份制企业占 20%，约 3000 家。全国员工总数约 37 万人。全国热处理加热设备（以 75kW 为一标准台）约 15 万台，装机容量 1100 万千瓦。每台设备平均生产率 100kg/h，15 万台加热设备的年生产能力近 4500 万吨。

虽然我国在热处理的基础理论研究和某些热处理新工艺研究方面与工业发达国家的差距不大，但在热处理设备和实际生产水平方面却存在着较大的差距，还没有完全扭转热处理工艺和热处理设备

落后、氧化脱碳严重、产品质量差、生产效率低、能耗大、成本高、污染严重等局面。为促进我国热处理技术的发展，应全面了解国内外热处理技术的现状和水平，掌握其发展趋势，大力发展先进的热处理新技术、新工艺、新材料、新设备，用高新技术改造传统的热处理技术，实现“优质、高效、节能、降耗、无污染、低成本、专业化生产”。

为了普及金属热处理工艺的基础知识，推广并宣传热处理工艺技术及其研究与应用成果，中国兵工学会材料委员会与山东兵工学会组织编写了本书，参加本书编写的还有郭强等，全书共 10 章，较为详细地介绍了金属热处理的基础知识、金属热处理加热与冷却、钢铁件的整体热处理、表面加热热处理、化学热处理、形变热处理、铁基合金的热处理、非铁金属的热处理、典型零件热处理和热处理常用特性曲线及参数等内容。本书是金属材料行业与机械制造行业从业人员，特别是材料研究、产品设计、制造加工、管理销售和教学人员必备的工具书，也可作为机械加工专业人员良好的参考专用教材。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，侧重用实用数据和实例说明问题，语言精练，数据可靠，图文并茂，可查阅性强。相信本书的出版发行能对我国的金属热处理工艺技术的发展及普及有一定的促进或推动作用。

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

2012 年 4 月

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 概念与术语	1
一、金属热处理工艺的基本概念与术语 (GB/T 7232—1999)	1
二、热处理工艺材料的基本概念与术语 (GB/T 8121—2002)	19
第二节 元素对金属性能的影响	24
一、合金元素对钢性能的影响	24
二、化学元素对有色金属性能的影响	26
第三节 热处理技术要求在零件图样上的表示方法 (JB/T 8555—1997)	28
一、热处理技术条件采用的符号表示法	28
二、基本表示方法	29
三、正火、退火及淬火回火 (含调质) 零件	30
四、表面淬火零件	30
五、渗碳和碳氮共渗零件	33
六、渗氮 (氮化) 零件	34
第四节 合金相图	36
一、铁碳系合金相图	36
二、其他铁基合金相图	40
三、铝基、铜基及钛基合金相图	45
第二章 加热与冷却	51
第一节 金属热处理的加热	51
一、简介	51
二、可控气氛热处理	58
三、加热熔盐	90
四、流态床	94
五、真空中的加热	99
第二节 金属热处理的冷却	113
一、热处理的各种冷却方式与特点	113
二、热处理用空气冷却器	114
三、淬火冷却介质	117

第三章 钢铁件的整体热处理	141
第一节 钢件热处理	141
一、钢件的退火与正火	143
二、钢的淬火 (GB/T 16921—2005)	162
三、钢的回火	177
四、钢的感应穿透加热调质	187
第二节 铸铁的热处理	189
一、铸铁热处理基础	189
二、灰铸铁的常规热处理	191
三、球墨铸铁的热处理	200
四、白口铸铁的热处理	211
五、可锻铸铁的热处理	215
第四章 表面加热热处理	225
第一节 感应加热表面热处理	225
一、感应加热基本原理	225
二、感应淬火工艺	226
三、超高频脉冲和大功率脉冲感应淬火	244
四、感应淬火件的回火	245
五、高频感应加热表面淬火后的组织与性能	246
六、感应加热表面淬火的常见质量缺陷及返工措施	249
第二节 火焰加热表面淬火	251
一、加热温度的控制	251
二、淬火介质及冷却方式	252
第三节 激光热处理	255
一、激光热处理法	255
二、激光热处理应用实例	255
第四节 电子束热处理	256
一、电子束加热表面淬火	256
二、电子束表面合金化	256
第五章 化学热处理	258
第一节 简介	258
一、常用化学热处理方法与作用	258
二、化学热处理的过程与工艺参数	258
第二节 钢的渗碳	259
一、渗碳工艺	259

二、气体渗碳·····	262
三、液体渗碳·····	264
四、固体渗碳·····	266
五、渗碳后的热处理·····	268
六、渗碳件常见缺陷及防止措施·····	270
第三节 钢的渗氮·····	272
一、气体渗氮·····	272
二、离子渗氮·····	277
第四节 钢的碳氮共渗·····	279
一、钢的碳氮共渗（以渗碳为主）·····	279
二、钢的氮碳共渗（软氮化）·····	286
第五节 渗金属热处理·····	289
一、钢的渗铬·····	289
二、渗铝·····	290
三、以渗铝为主的共渗·····	290
四、渗锌·····	292
五、渗硅、钛、铌、钒、锰·····	293
第六节 钢的渗非金属热处理·····	296
一、钢的渗硼·····	296
二、钢的渗硫·····	298
第六章 形变热处理 ·····	300
第一节 简介·····	300
第二节 低温形变热处理·····	303
一、工艺过程·····	303
二、钢低温形变热处理后的力学性能·····	303
三、等温形变热处理·····	307
第三节 高温形变热处理·····	310
一、钢高温形变热处理后的力学性能·····	310
二、钢的锻热淬火·····	311
三、非调质钢·····	313
第四节 表面形变热处理·····	313
一、表面高温形变淬火·····	313
二、预冷形变表面形变热处理·····	315
第七章 铁基粉末合金、硬质合金与高温合金的热处理 ·····	318
第一节 铁基合金的热处理·····	318

一、铁基粉末冶金件的热处理 (JB/T 7712—2007)	318
二、铁基粉末冶金件热处理实例与性能	332
第二节 粉末高速钢的热处理	336
一、粉末高速钢的类别和性能	336
二、热等静压和热挤压粉末高速钢	337
第三节 钢结硬质合金的热处理	338
一、热处理工艺	338
二、热处理后钢结硬质合金的组织与性能	341
第四节 硬质合金的热处理	347
一、退火	347
二、淬火	347
三、时效硬化	347
第五节 高温合金的热处理	348
一、铁基、镍基高温合金的热处理	348
二、钴基高温合金的热处理	351
三、铸造高温合金热处理	351
四、高温合金的退火	352
第八章 有色金属热处理	354
第一节 铝和铝合金的热处理	354
一、变形铝合金的热处理	355
二、铸造铝合金的热处理	361
三、铝合金的热处理缺陷	366
第二节 铜和铜合金的热处理	371
一、黄铜的热处理	371
二、青铜的热处理	374
三、白铜及其热处理	381
第三节 钛及钛合金的热处理	382
一、钛及钛合金的常规热处理工艺	382
二、钛合金热处理的改进工艺	386
三、钛合金热处理后的性能	387
第四节 镁合金的热处理	390
一、镁合金的热处理的主要方法	390
二、热处理设备和工艺过程	390
三、镁合金各品种的热处理工艺参数与规范	391
四、热处理缺陷及防止方法	395

第五节 贵金属基合金的热处理	396
一、银基合金	396
二、金基合金	398
三、铂基、钯基合金	404
第九章 典型零件热处理	408
第一节 零件热处理工艺的制定	408
第二节 齿轮的热处理与检验	411
一、齿轮受力状态和失效特征	411
二、齿轮材料	412
三、齿轮的热处理与检验	412
四、球墨铸铁齿轮的热处理	424
第三节 轴承的热处理	425
一、轴承钢的热处理	425
二、轴承零件的热处理	427
第四节 大型锻件的热处理	453
一、大型锻件的缺陷与锻后热处理	453
二、大型锻件的最终热处理	454
第五节 弹簧的热处理与检验	461
一、常见弹簧钢的种类、钢种和热处理工艺规范	461
二、弹簧的热处理	461
第六节 模具的热处理	464
一、冷作模具钢的热处理	464
二、热作模具钢的热处理	465
三、3Cr2W8V 钢制铝合金压铸模的热处理	465
第七节 工具钢的热处理	468
一、刃具钢	468
二、低合金工具钢的热处理	470
三、高速钢的热处理	471
四、刀具的热处理	473
第八节 量具的热处理	475
一、量具的热处理	475
二、GCr15 块规的热处理	476
第九节 典型调质零件的热处理	477
一、汽车半轴的热处理	477
二、连杆螺栓的热处理	479

第十节 活塞销的热处理·····	479
第十章 热处理工艺参数 ·····	482
第一节 金属材料热处理工艺参考数据·····	482
一、钢·····	482
二、高温合金·····	524
第二节 常用钢回火方程·····	536
参考文献 ·····	539

第一章

基础知识

第一节 概念与术语

一、金属热处理工艺的基本概念与术语 (GB/T 7232—1999)

(一) 综合类

(1) 热处理 采用适当的方式对金属材料或工件(以下简称工件)进行加热、保温和冷却以获得预期的组织结构与性能的工艺。

(2) 整体热处理 对工件整体进行穿透加热的处理。

(3) 化学热处理 将工件置于适当的活性介质中加热、保温,使一种或几种元素渗入它的表层,以改变其化学成分、组织和性能的热处理。

(4) 化合物层 化学热处理、物理气相沉积和化学气相沉积时在工件表面形成的沉积物称为化合物层。

(5) 扩散层 化学热处理时工件化合物层之下的渗层和化学气相沉积时化合物溶解并进行扩散的内层,统称扩散层。

(6) 表面热处理 为改变工件表面的组织和性能,仅对其表面进行热处理的工艺。

(7) 局部热处理 仅对工件的某一部位或几个部位进行热处理的工艺。

(8) 预备热处理 为调整原始组织,以保证工件最终热处理或(和)切削加工质量,预先进行热处理的工艺。

(9) 真空热处理 在低于 1×10^5 Pa(通常是 $10^{-1} \sim 10^{-3}$ Pa)的环境中加热的热处理工艺。

(10) 光亮热处理 工件在热处理过程中基本不氧化,表面保持光亮的热处理。

(11) 磁场热处理 为改变某些铁磁性材料的磁性能而在磁场中进行的热处理。

(12) 可控气氛热处理 为达到无氧化、无脱碳或按要求增碳的目的,在成分可控的炉气中进行的热处理。

(13) 保护气氛热处理 在工件表面不氧化的气氛或惰性气体中进行的热处理。

(14) 离子轰击热处理 在低于 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ (通常 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ Pa}$) 的特定气氛中利用工件(阴极)和阳极之间等离子体辉光放电进行的热处理。

(15) 流态床热处理 工件在由气流和悬浮其中的固体粉粒构成的流化层中进行的热处理。

(16) 高能束热处理 利用激光、电子束、等离子弧、感应涡流或火焰等高功率密度能源加热工件的热处理工艺的总称。

(17) 稳定化热处理 为使工件在长期服役的条件下形状和尺寸变化能够保持在规定范围内的热处理。

(18) 形变热处理 将塑性变形和热处理结合,以提高工件力学性能的复合工艺。

(19) 复合热处理 将多种热处理工艺合理组合,以便更有效地改善工件使用性能的复合工艺。

(20) 修复热处理 指对长期运行后的热处理件(工件)在尚未发生不可恢复的损伤之前,通过一定的热处理工艺,使其组织结构得以改善,使用性能或(和)几何尺寸得以恢复,服役寿命得以延长的热处理技术。

(21) 清洁热处理 作为一种可持续发展的生产方式之一的清洁热处理,主要包括少、无污染,少、无氧化与节能的热处理技术。它反映了经济效益、社会效益与环境效益的统一。

(22) 热处理工艺周期 通过加热、保温、冷却,完成一种热处理工艺过程的周期。

(23) 加热制度 对一个工艺周期内工件或加热介质在加热阶段温度变化的规定。

(24) 预热 为减少畸变,避免开裂,在工件加热至最终温度前进行的一次或数次阶段性加热保温过程。

(25) 加热速度 在给定温度区间,单位时间内工件或介质温度的平均增值。

(26) 差温加热 有目的地在工件中产生温度梯度的加热。

(27) 纵向移动加热 工件在热源内纵向连续移动或热源沿工件纵向连续移动进行的加热。

(28) 旋转加热 工件在热源内(外)旋转进行的加热。

(29) 保温 工件或加热介质在工艺规定温度下恒温保持一定时间的操作。恒温保持的时间和温度分别称保温时间和保温温度。

(30) 有效厚度 工件各部位壁厚不同时,如按某处壁厚确定加热时间以保证热处理质量,则该处的壁厚称为工件的有效厚度。

(31) 奥氏体化 工件加热至 A_{c3} 或 A_{c1} 以上,以全部或部分获得奥氏体组

织的操作称为奥氏体化。工件进行奥氏体化的保温温度和保温时间分别称为奥氏体化温度和奥氏体化时间。

(32) 可控气氛 成分可按氧化-还原、增碳-脱碳效果控制的炉中气体混合物。其中包括放热式气氛、吸热式气氛、放热-吸热式气氛、有机液体裂解气氛、氮基气氛、氮制备气氛、木炭制备气氛和氢气气氛等。

(33) 吸热式气氛 将气体燃料和空气以一定比例混合，在一定的温度与催化剂作用下通过吸热反应裂解生成的气氛。可燃，易爆，具有还原性。一般用作工件的无脱碳加热介质或渗碳时的载气。

(34) 放热式气氛 将气体燃料和空气以接近完全燃烧的比例混合，通过燃烧、冷却、除尘等过程而制备的气氛。根据 H_2 、 CO 的含量可分为浓型和淡型两种。浓型可燃，易爆，可作为退火、正火和淬火的无氧化、微脱碳加热保护气氛。淡型不可燃，不易爆，可作为无氧化加热保护气氛和使用吸热式气氛时排除炉中空气的置换气氛。

(35) 放热-吸热式气氛 用吸热式气氛发生器原理制备，吸热式气氛的热源是放热式的燃烧反应。燃烧产物加少量燃料即可进行吸热式反应。这种气氛兼有吸热和放热两种气氛的用途，且制备成本低，具有节能效果。

(36) 滴注式气氛 把含碳有机液体（一般用甲醇）定量滴入加热到一定温度、密封良好的炉内，在炉内裂解形成的气氛。甲醇裂解气可用作渗碳载气，添加乙酸乙酯、丙酮、异丙醇、煤油等可提高碳势，作为渗碳气氛。

(37) 氮基气氛 一般指含氮在 90% 以上的混合气体，精净化放热式气氛、空气液化分馏氮气、用碳分子筛常温空气分离制氮和薄膜空分制氮的气氛都属此类。目前两种气氛使用较多。氮基气氛，即使是高纯氮也含微量氧，直接使用不能使工件获得无氧化加热效果，一般需添加少量甲醇。氮基气氛可用作工件无氧化加热保护气氛，也可用作渗碳载气。

(38) 合成气氛 把纯氮和甲醇裂解气按一定比例混合可视作吸热式气氛作为渗碳载气，此即合成气氛。碳分子筛和薄膜空分制氮法问世后，配制合成气氛被认为是一种便宜和节能的可控气氛制备方法。尤其是在我国，采用合成气氛是解决制备可控气氛气源的一种主要途径。

(39) 直生式气氛 将气体燃料和空气按吸热式气氛的比例配好，直接通入渗碳炉中，在炉内裂解成所需成分的气氛。利用氧探头和微处理机以及碳势控制系统，可以实现这种气氛的碳势精确控制。采用直生式气氛省略了气体发生炉，可以减少能耗。

(40) 中性气氛 在给定温度下不与被加热工件发生化学反应的气氛。

(41) 氧化气氛 在给定温度下与被加热工件发生氧化反应的气氛。

(42) 还原气氛 在给定温度下可使金属氧化物还原的气氛。

4 热处理工作手册

(43) 冷却制度 对工件热处理冷却条件（冷却介质、冷却速度）所作的规定。

(44) 冷却速度 热处理冷却过程中，在某一指定温度区间或某一温度下，工件温度随时间下降的速率。前者称为平均冷却速度，后者称为瞬时冷却速度。

(45) 马氏体临界冷却速度 工件淬火时可抑制非马氏体转变的冷却速度下限。

(46) 冷却曲线 显示热处理冷却过程中工件温度随时间变化的曲线。

(47) 特性冷却曲线 规定试样的心部冷却速度随温度变化的特性曲线，它反映了液态介质对试样在不同温度下的冷却速度。

(48) 炉冷 工件在热处理炉中加热保温后，切断炉子能源，使工件随炉冷却的方式。

(49) 淬冷烈度（淬火冷却烈度） 表征淬火介质从热工件中吸取热量的能力的指标，以 H 值来表示。几种介质的淬火冷却烈度 H 见表 1-1。

表 1-1 几种介质的淬火冷却烈度 H

搅动情况	空气	油	水	盐水
静止	0.02	0.25~0.30	0.9~1.0	2.0
中等	—	0.35~0.40	1.1~1.2	—
强	—	0.50~0.80	1.6~2.0	—
强烈	0.08	0.80~1.10	4.0	5.0

(50) 等温转变 工件奥氏体化后，冷却到临界点 (A_{r1} 或 A_{r3}) 以下等温保持时过冷奥氏体发生的转变。

(51) 连续冷却转变 工件奥氏体化后以不同冷却速度连续冷却时过冷奥氏体发生的转变。

(52) 等温转变图 [奥氏体等温转变图 (TTT 曲线图)] 过冷奥氏体在不同温度等温保持时，温度、时间与转变产物所占百分数（转变开始及转变终止）的关系曲线图。

(53) 连续冷却转变图 [奥氏体连续冷却转变图 (CCT 曲线图)] 工件奥氏体化后连续冷却时，过冷奥氏体开始转变及转变终止的时间、温度和转变产物与冷却速度之间的关系曲线图。

(54) 孕育期 工件的不平衡组织在给定温度恒温保持时，从到达该温度至开始发生组织转变所经历的时间。

(二) 退火类

(1) 退火 工件加热到适当温度，保持一定时间，然后缓慢冷却的热处理工艺。

(2) 再结晶退火 经冷却塑性变形加工的工件加热到再结晶温度以上，保

持适当时间，通过再结晶使冷变形过程中产生的晶体原缺陷基本消失，重新形成均匀的等轴晶粒，以消除形变强化效应和残余应力的退火。

(3) 等温退火 工件加热到高于 A_{c_3} (或 A_{c_1}) 的温度，保持适当时间后，较快地冷却到珠光体转变温度区间的适当温度并等温保持，使奥氏体转变为珠光体类组织后在空气中冷却的退火。

(4) 球化退火 为使工件中的碳化物球化而进行的退火。

(5) 预防白点退火 为防止工件在热变形加工后的冷却过程中因氢呈气态析出而形成发裂(白点)，在形变加工完后直接进行的退火。其目的是使氢扩散到工件之外。

(6) 脱氢处理 在工件组织不发生变化的条件下，通过低温加热、保温，使工件内的氢向外扩散进入大气中的退火。

(7) 光亮退火 工件在热处理过程中基本不氧化，表面保持光亮的退火。

(8) 中间退火 为消除工件形变强化效应，改善塑性，便于实施后继工序而进行的工序间退火。

(9) 均匀化退火 以减少工件化学成分和组织的不均匀程度为主要目的，将其加热到高温并长时间保温，然后缓慢冷却的退火。

(10) 稳定化退火 为使工件中微细的显微组成沉淀或球化的退火。例如某些奥氏体不锈钢在 850°C 附近进行稳定化退火，沉淀出 TiC 、 NbC 、 TaC ，防止耐晶间腐蚀性降低。

(11) 去应力退火 为去除工件塑性变形加工、切削加工或焊接造成的内应力及铸件内存在的残余应力而进行的退火。

(12) 完全退火 将工件完全奥氏体化后缓慢冷却的退火。

(13) 不完全退火 将工件部分奥氏体化后缓慢冷却的退火。

(14) 晶粒粗化退火 将工件加热至比正常退火较高的温度，保持较长时间，使晶粒粗化以改善材料被切削加工性能的退火。

(15) 双联退火 中间冷至室温，前后接续的两次退火。

(16) 快速退火 采用高能束或其他能源将工件加热至比正常退火较高的温度并短暂保温的退火。

(17) 亚相变点退火 工件在低于 A_{c_1} 的温度进行退火工艺的总称。其中包括亚相变点球化退火、再结晶退火、去应力退火等。

(18) 连续退火 用连续作业炉实施的退火。

(19) 可锻化退火 使成分适宜的白口铸铁中的碳化物分解并形成团絮状石墨的退火。

(20) 石墨化退火 为使铸铁内莱氏体中的渗碳体或(和)游离渗碳体分解而进行的退火。

- (21) 装箱退火 将工件装入有保护介质的密封容器中加热的退火。
- (22) 真空退火 在低于 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ (通常是 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ Pa}$) 的环境中进行的退火。
- (23) 感应加热退火 利用感应涡流加热进行的退火。
- (24) 火焰退火 利用火焰加热进行的退火。
- (25) 等温形变珠光体化处理 工件加热奥氏体化后, 过冷到珠光体转变区的中段, 在珠光体形成过程中塑性加工成形的联合工艺。
- (26) 晶粒细化处理 以减小工件晶粒尺寸或改善组织均匀性为目的而进行的热处理。
- (27) 正火 工件加热奥氏体化后在空气中冷却的热处理工艺。
- (28) 两段正火 工件加热奥氏体化后, 在静止的空气中冷却到 A_{c1} 附近即转入炉中缓慢冷却的正火。
- (29) 等温正火 工件加热奥氏体化后, 采用强制吹风快冷到珠光体转变区的某一温度, 并保温以获得珠光体型组织, 然后在空气中冷却的正火。
- (30) 两次正火 (多重正火) 工件 (主要为铸锻件) 进行两次或两次以上的重复正火。

(三) 淬火类

- (1) 淬火 工件加热奥氏体化后以适当方式冷却获得马氏体或 (和) 贝氏体组织的热处理工艺。最常见的有水冷淬火、油冷淬火、空气淬火等。
- (2) 淬火冷却 (淬冷) 工件淬火周期中的冷却部分。
- (3) 局部淬火 仅对工件需要硬化的局部进行的淬火。
- (4) 表面淬火 仅对工件表面层进行的淬火, 其中包括感应淬火、接触电阻加热淬火、火焰淬火、激光淬火、电子束淬火等。
- (5) 气冷淬火 专指在真空中加热和在高循环的负压、常压或高压的中性及惰性气体中进行的淬火冷却。
- (6) 风冷淬火 以强迫流动的空气或压缩空气作为冷却介质的淬火冷却。
- (7) 盐水淬火 以盐类的水溶液作为冷却介质的淬火冷却。
- (8) 有机聚合物水溶液淬火 以有机高分子聚合物的水溶液作为冷却介质的淬火冷却。
- (9) 喷雾淬火 用喷射液流作为冷却介质的淬火冷却。
- (10) 喷雾冷却 工件在水和空气混合喷射的雾中进行的淬火冷却。
- (11) 热浴淬火 工件在熔盐、熔碱、熔融金属或高温油等热浴中进行的淬火冷却, 如盐浴淬火、铅浴淬火、碱浴淬火等。
- (12) 双介质淬火 (双液淬火) 工件加热奥氏体化后先浸入冷却能力强的介质, 在组织即将发生马氏体转变时立即转入冷却能力弱的介质中冷却。