



教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

热处理 技术基础

韩静国 / 主编 焦中庆 / 副主编 佟晓辉 / 主审



YZLI 0890093318



RECHULI
JISHUJICHU

焊接结构生产、熔焊过程控制与焊接工艺
焊接方法与设备、焊接检测及技能训练
金属材料、热处理技术基础
热处理设备、金属材料检测技术
热处理技能操作训练、铸造合金熔炼及控制
铸造生产及工艺工装设计、特种铸造
铸造工艺CAM优化设计、铸造技能基础实训

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

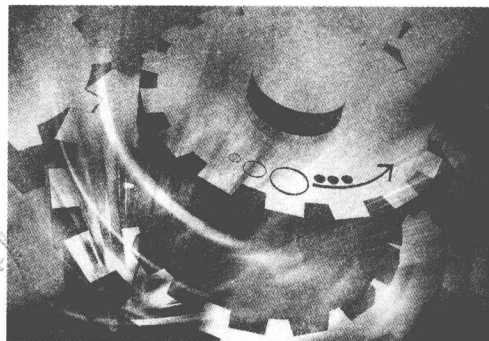
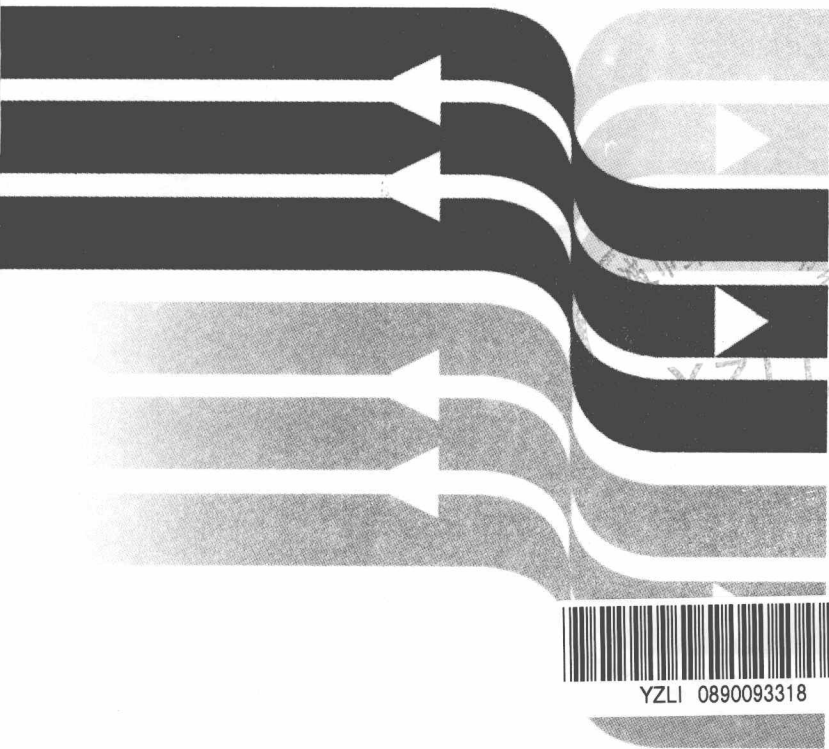


教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

热处理 技术基础

韩静国 / 主编 焦中庆 / 副主编 佟晓辉 / 主审



YZLI 0890093318



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

热处理技术基础/韩静国主编. —长沙:中南大学出版社,2010.7
ISBN 978-7-81105-858-1

I. 热... II. 韩... III. 热处理 - 高等学校 - 教材
IV. TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 132497 号

热处理技术基础

主 编 韩静国

☐责任编辑 周兴武

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 9.75 ☐字数 237 千字 插页

☐版 次 2010 年 7 月第 1 版 ☐2010 年 7 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-858-1

☐定 价 22.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介



本书是教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材。

本书以热处理工艺师的具体工作过程为导向,通过对相关行业企业调研,邀请企业专家对金属材料热处理专业职业岗位进行工作任务和职业能力分析,在编写过程中,以培养工程能力为核心,以构建综合职业能力为主线,精选、整合和优化课程结构和内容。

本课程以任务为驱动,包含5个模块,共计48~56学时。主要内容包括钢在加热时的组织转变、钢在冷却时的组织转变、淬火钢的回火转变及热处理、快速加热快速冷却组织以及热处理技术基础实验中钢的奥氏体晶粒度的显示和测定、等温 C 曲线的测定、回火温度对淬火钢组织和性能的影响、非平衡组织观察等4个实验。

本书为高职高专类学校金属材料与热处理技术专业教材,也可作为高职、中职类相近专业的参考教材,还可供从事金属热处理工作的工程技术人员参考阅读。





教育部高职高专材料类专业教学指导委员会 工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会 (排名不分先后)

主 任

王纪安 承德石油高等专科学校

任慧平 内蒙古科技大学

副主任

曹朝霞 包头职业技术学院

谭银元 武汉船舶职业技术学院

凌爱林 山西机电职业技术学院

佟晓辉 中国热处理行业协会

王红英 深圳职业技术学院

赵丽萍 内蒙古科技大学

姜敏凤 无锡职业技术学院

委 员

张连生 承德石油高等专科学校

韩小峰 陕西工业职业技术学院

王泽忠 四川工程职业技术学院

阎庆斌 山西机电职业技术学院

李荣雪 北京电子科技职业学院

彭显平 四川工程职业技术学院

陈长江 武汉船舶职业技术学院

杨坤玉 长沙航空职业技术学院

诸小丽 南宁职业技术学院

蔡建刚 兰州石化职业技术学院

白星良 山东工业职业学院

杨 跃 四川工程职业技术学院

李学哲 沈阳职业技术学院

张 伟 洛阳理工学院

赵 峰 天津中德职业技术学院

杨兵兵 陕西工业职业技术学院

李 慧 新疆农业职业技术学院

谢长林 株洲电焊条股份有限公司

尹英杰 石家庄铁路职业技术学院

孟宪斌 齐鲁石化建设公司

苏海青 承德石油高等专科学校

石 富 内蒙古机电职业技术学院

邱葭菲 衡阳财经工业职业技术学院

范洪远 四川大学

许利民 承德石油高等专科学校

杨 崑 西华大学

王建勋 兰州石化职业技术学院

曹喻强 陕西工业职业技术学院

韩静国 山西机电职业技术学院

王晓江 陕西工业职业技术学院

王书田 包头职业技术学院

付 俊 四川工程职业技术学院

郝晨生 黑龙江工程学院

柴腾飞 太原理工大学长治学院

总 序



当前,高等职业教育改革方兴未艾,各院校积极贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号文)和教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号文)文件精神,探索“工学结合”的改革发展之路,取得了很多很好的教学成果。

教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺分委员会,主要负责工程材料及成形工艺类专业与课程改革建设的指导工作。分教指委组织编写了《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》,并已由中南大学出版社正式出版,向全国推广发行,它是对高职院校教学改革的阶段性探索和成果的总结,对开办相关专业的院校有较好的指导意义和参考价值。为了适应工程材料与成形工艺类专业教学改革的新形势,分教指委还积极开展了工程材料与成形工艺类专业高职高专规划教材的建设工作,并成立了高职高专工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会,编审委员会由教指委委员、分指委专家、企业专家及教学名师组成。教指委及规划教材编审委员会在长沙中南大学召开了教材建设研讨会,会上讨论了焊接技术及自动化专业、金属材料热处理专业、材料成形与控制技术专业(铸造方向、锻压方向、铸热复合)以及工程材料与成形工艺基础等一系列教材的编写大纲,统一了整套书的编写思路、定位、特色、编写模式、体例等。

历经几年的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本套教材体系完整、内容丰富。归纳起来,有如下特色:①根据教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业制定的教学规划和课程标准组织编写;②统一规划,结构严谨,体现科学性、创新性、应用性;③贯彻以工作过程和行动为导向,工学结合的教育理念;④以专业技能培养为主线,构建专业知识与职业资格认证、社会能力、方法能力培养相结合的课程体系;⑤注重创新,反映工程材料与成形工艺领域的新知识、新技术、新工艺、新方法和新标准;⑥教材体系立体化,提供电子课件、电子教案、教学与学习指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源平台。

教材的生命力在于质量与特色，希望本系列教材编审委员会及出版社能做到与时俱进，根据高职高专教育改革和发展的形势及产业调整、专业技术发展的趋势，不断对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应高职人才培养的需要，也希望他们能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，不断开拓，出版更多的精品教材，为高职教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料类高职高专教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，一大批高素质、应用型、高技能人才脱颖而出，为经济社会发展和企业发展建功立业。

王纪安

王纪安：教授，教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会委员，工程材料与成形工艺分委员会主任。

前言



本书以“工学结合”的职业教育特色为目标,是教育部高职高专材料类专业教学指导委员会系列规划教材之一。

本课程以任务为驱动,包含5个模块,共计48~56学时。通过“学习指南—任务书—知识链接”形成了“提出问题—明确要求—寻求解决”这样的模式,课程结构清晰。同时,努力突出学生学习的主体地位,激发学生学习的积极性与主动性。

学习指南提出内容的指导意见和教学目标、重点、难点等,为教师教学和学生提供学习参考;任务书包括了项目、目的和要求,明确提出了通过学习本内容学生最终达到的目标,激发学生主动寻求答案和解决方案;知识链接中深入浅出地阐述了相关基础理论和基本概念,将先进性、科学性与实践性相结合,切实对培养学生的综合职业能力起到指导作用。

本书的“课程概述”、“模块一”由山西机电职业技术学院韩静国、韩俊霞编写;“模块二”由洛阳理工学院刘乐庆、闫红彦编写;“模块三”由山西淮海机电有限公司教授级高工焦中庆、山西机电职业技术学院孙佳佳编写;“模块四”由包头职业技术学院戴丽娟编写;“模块五”由包头职业技术学院徐斌编写。

全书由韩静国担任主编,焦中庆担任副主编。中国热处理行业协会秘书长佟晓辉教授级高工对全书进行了审阅。本书在编写过程中,得到了山西机电职业技术学院凌爱林教授、洛阳理工学院张伟博士、包头职业技术学院王书田副教授、杭州前进齿轮箱集团涂小龙高工以及山西长治热处理中心王俊龙工程师、史国锋工程师等行业专家的关心与大力支持,谨致衷心感谢!

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2010年7月



目 录

课程概述	(1)
------------	-----

模块一 钢在加热时的组织转变	(4)
----------------------	-----

课题一 奥氏体及其特点	(4)
-------------------	-----

1. 奥氏体	(5)
--------------	-----

2. 奥氏体性能	(7)
----------------	-----

课题二 钢中的奥氏体转变	(9)
--------------------	-----

1. 奥氏体的转变机理	(9)
-------------------	-----

2. 奥氏体转变的影响因素	(12)
---------------------	------

3. 连续加热奥氏体转变特点	(14)
----------------------	------

课题三 奥氏体晶粒长大及控制	(16)
----------------------	------

1. 奥氏体晶粒度	(16)
-----------------	------

2. 奥氏体晶粒长大与控制	(17)
---------------------	------

课题四 非平衡组织加热的奥氏体转变	(21)
-------------------------	------

1. 针状奥氏体与颗粒状奥氏体	(21)
-----------------------	------

2. 非平衡组织加热转变的影响因素	(22)
-------------------------	------

3. 组织遗传现象及控制	(22)
--------------------	------

复习与思考	(23)
-------------	------

模块二 钢在冷却时的组织转变	(24)
----------------------	------

课题一 过冷奥氏体等温转变	(24)
---------------------	------

1. 过冷奥氏体等温转变动力学图	(25)
------------------------	------

2. 过冷奥氏体等温转变动力学图的基本形式	(27)
-----------------------------	------

课题二 过冷奥氏体连续冷却转变	(31)
1. 过冷奥氏体连续冷却转变动力学图的建立	(32)
2. 过冷奥氏体连续冷却转变动力学图	(32)
3. CCT 与 TTT 图的比较	(34)
4. 钢的临界冷却速度	(35)
5. 过冷奥氏体转变图的应用	(35)
课题三 珠光体转变	(37)
1. 珠光体	(37)
2. 珠光体的力学性能	(40)
3. 片状珠光体的形成机制	(42)
4. 球状珠光体的形成机制	(44)
5. 亚(过)共析钢珠光体转变	(45)
6. 珠光体转变的影响因素	(47)
课题四 马氏体转变	(51)
1. 马氏体	(52)
2. 马氏体的晶体结构和转变特点	(52)
3. 马氏体转变的切变模型	(56)
4. 马氏体的组织形态	(58)
5. 马氏体转变的热力学和动力学	(62)
6. 马氏体的力学性能	(66)
7. 热弹性马氏体与形状记忆效应	(68)
课题五 贝氏体转变	(72)
1. 贝氏体	(72)
2. 贝氏体的组织形态和亚结构	(73)
3. 贝氏体转变特点和晶体学	(75)
4. 贝氏体转变过程及热力学分析	(76)
5. 贝氏体转变机理概述	(77)
6. 贝氏体转变的动力学	(79)
7. 贝氏体的性能	(81)



8. 魏氏组织	(83)
复习与思考	(85)
模块三 淬火钢的回火转变及热处理	(87)
课题一 淬火碳钢回火过程的组织变化	(87)
1. 回火	(88)
2. 淬火碳钢回火过程的组织变化	(88)
课题二 合金元素对回火转变的影响	(91)
1. 合金元素对马氏体分解的影响	(91)
2. 合金元素对残余奥氏体转变的影响	(92)
3. 合金元素对碳化物类型变化的影响	(92)
4. 合金元素对碳化物聚集长大的影响	(92)
5. 合金元素对 α 相状态变化的影响	(93)
课题三 淬火钢回火时力学性能的变化	(94)
1. 硬度的变化	(95)
2. 强度、塑性及韧性的变化	(95)
3. 钢的回火脆性	(95)
课题四 回火工艺的制订过程	(99)
1. 回火温度的选择和确定	(99)
2. 回火时间的确定	(101)
3. 回火后的冷却	(102)
课题五 常规热处理及热处理新技术、新设备	(103)
1. 常规热处理	(103)
2. 热处理新工艺、新设备	(113)
复习与思考	(115)
模块四 快速加热和快速冷却组织	(116)
课题一 快速加热表面淬火时相变特点	(116)
1. 快速加热对钢中临界点的影响	(117)

2. 快速加热使奥氏体成分不均匀	(119)
3. 快速加热使奥氏体晶粒显著细化	(121)
4. 快速加热淬火的马氏体形态变化	(123)
5. 快速加热淬火对回火转变的影响	(123)
课题二 表面加热淬火后的组织与性能	(125)
1. 表面加热淬火后的金相组织	(125)
2. 表面加热淬火后的力学性能	(127)
复习与思考	(130)
模块五 热处理技术基础实验	(131)
课题一 钢的奥氏体晶粒度的显示和测定	(131)
课题二 等温 C 曲线的测定	(134)
课题三 回火温度对淬火钢组织和性能的影响(不同回火温度及其性能测定) ...	(137)
课题四 非平衡组织观察	(139)
参考文献	(141)



课程概述

一、本课程研究的内容和任务

《热处理技术基础》着重讲述金属及合金固态相变的基本原理和热处理组织与性能之间的关系；讨论金属及合金在固态下的相变规律、影响因素、热力学、动力学、非平衡转变，以及在热处理中的应用，研究热处理组织和性能之间的关系，等等。

从金属材料服役条件出发提出：选择什么样的材料？如何对材料进行处理？在使用和处理过程中会出现什么问题？如何解决出现的问题，最终可能得到什么样的性能？如何改进现有材料、挖掘其潜力，试制新材料？这些无不需要掌握热处理技术基础。

热处理是将钢在固态下加热到预定温度，保温一定的时间，然后以预定的方式冷却到室温的一种热加工工艺。钢铁显微组织复杂，可以通过热处理予以控制。其工艺曲线： $T \sim t$ ，包括加热、保温、冷却三个过程。

热处理利用材料在加热和冷却过程中的相变，改变内部的组织与结构，改善材料的性能，充分发挥材料的潜力。固态相变理论的发展，不仅推动了热处理技术的发展，还有力地推动了新材料的研发，如形状记忆合金、增韧陶瓷等新材料的出现，均与固态相变理论的发展有关。

二、热处理技术发展概况

人们从开始使用金属材料起，就开始使用热处理，其发展过程大体上经历了三个阶段：民间技艺阶段、技术科学（实验科学）——金相学阶段、建立了一定的理论体系——热处理科学阶段。

1. 民间技艺阶段

在从石器时代进展到铜器时代和铁器时代的过程中，热处理的作用逐渐为人们所认识。公元前 770—前 222 年，中国人在生产实践中就已发现，铜铁的性能会因温度和加压变形的影响而变化。白口铸铁的柔化处理就是制造农具的重要工艺。

公元前 6 世纪，钢铁兵器逐渐被采用，为了提高兵器的硬度，淬火工艺遂得到迅速发展。中国河北省易县燕下都出土的两把剑和一把戟，其显微组织中都有马氏体存在，说明是经过淬火的。

根据现有文物考证，在战国时期即出现了淬火处理，据秦始皇陵开发证明，当时已有炼铁技术，兵马俑中的武士佩剑制作精良，距今已有两千多年的历史，出土后表面光亮完好，令世人赞叹。古书有“炼钢赤刀，用之切玉如泥也”，可见当时热处理技术发展的水平。

随着淬火技术的发展，人们逐渐发现淬火剂对淬火质量的影响。三国蜀人蒲元曾在今陕西斜谷为诸葛亮打制 3000 把刀，相传是派人到成都取水淬火的。

我国西汉时代就出现了经淬火处理的钢制宝剑，（公元前 206—公元 24）中山靖王墓中的

宝剑，心部含碳量为 0.15% ~ 0.4%，而表面含碳量却达 0.6% 以上，说明已应用了渗碳工艺。但当时作为个人“手艺”的秘密，不肯外传，因而发展很慢。

虽然我们的祖先很有聪明才智，掌握了很多热处理技术，但是把热处理发展成一门科学还是近百年的事。在这方面，西方和俄国的学者走在了前面，新中国成立以后，我国的科学家也作出了很大的贡献。

2. 技术科学(实验科学)——金相学阶段

此阶段大约从 1665—1895 年，主要表现为实验技术的发展阶段。

1665 年：显示了 Ag - Pt 组织、钢刀片的组织；

1772 年：首次用显微镜检查了钢的断口；

1808 年：首次显示了陨铁的组织，后称魏氏组织；

1831 年：应用显微镜研究了钢的组织和大马士革剑；

1863 年：英国金相学家和地质学家展示了钢铁在显微镜下的六种不同的金相组织，证明了钢在加热和冷却时，内部会发生组织改变，钢中高温时的相在急冷时转变为一种较硬的相。

1864 年：发现了索氏体；

1868 年：法国人奥斯蒙德确立的铁的同素异构理论，发现了钢的临界点，英国人奥斯汀建立了铁碳相图，为现代热处理工艺初步奠定了理论基础；同时，人们还研究了在金属加热过程的保护方法，以避免加热时金属的氧化和脱碳等；

1871 年：英国学者 T. A. Blyth 著《金相学作为独立的科学》在伦敦出版；

1850—1880 年：对于应用各种气体(诸如氢气、煤气、一氧化碳等)进行保护加热曾有一系列专利；

1889—1890 年：英国人莱克获得多种金属光亮热处理的专利；

1895 年：发现了马氏体。

3. 建立了一定的理论体系——热处理科学阶段

C 曲线的研究，马氏体结构的确定及研究，K - S 关系的发现，对马氏体的结构有了新的认识等，建立了完整的热处理理论体系。

1901—1925 年，在工业生产中应用转筒炉进行气体渗碳。

20 世纪 30 年代出现露点电位差计，使炉内气氛的碳势达到可控，以后又研究出用二氧化碳红外仪、氧探头等进一步控制炉内气氛碳势的方法。

20 世纪 60 年代，热处理技术运用了等离子场的作用，发展了离子渗氮、渗碳工艺；激光、电子束技术的应用，又使金属获得了新的表面热处理和化学热处理方法。

现代理论科学阶段：X - ray、SEM、TEM 等检测手段的提高和应用，极大地促进了材料科学研究和应用的进一步发展。

三、热处理的目的与作用

热处理目的是改变钢的内部组织结构，以改变钢的性能。其作用主要有：

1. 改善材料工艺性能和使用性能，延长零件的寿命。

2. 强化金属材料，充分挖掘材料的潜力，降低结构重量，提高产品质量，节约材料和能源。



3. 消除铸、锻、焊等热加工工艺造成的缺陷、细化晶粒、消除偏析、降低内应力,使组织和性能更加均匀。

4. 是机器零件加工中的重要工序。

5. 赋予零件特殊的物理化学性能。

四、本课程相关规律

一个规律:组织-成分-结构-工艺-性能

二个文件:Fe-Fe₃C相图、TTT图(C曲线)

三个过程:加热、保温、冷却

四把火:淬火、回火、正火、退火

五大相变:奥氏体转变、珠光体转变、马氏体转变、贝氏体转变、回火转变(合金时效)

六大方面:晶体学、形态学、热力学、动力学、力学性能、相变机理

五、本课程相关符号

奥氏体: A、 γ

马氏体: M、 α'

珠光体: P

回火马氏体: M'

屈氏体: T

回火屈氏体: T'

索氏体: S

回火索氏体: S'

残余奥氏体: Ar、 γ_R 、A_R

铁素体: F、 α

贝氏体: B(B_上、B_下)

渗碳体: Fe₃C、C、Cem

六、课程学习指导

(一)学习本课程的任务

了解和掌握各种基本的热处理原理及热处理工艺对金属合金组织与性能的影响规律;了解我国热处理技术发展方向及任务,为分析制定热处理工艺和探索发展新的工艺打下基础。

(二)学习本课程的要求

1. 掌握钢铁热处理的基本工艺:退火、正火、淬火、回火、表面硬化技术的原理;
2. 熟悉提高机械零件、工具等产品质量和寿命所应采取的各种热处理方法及其强化规律和适用范围;

3. 熟悉钢铁热处理后的各种主要的组织形态及性能;

4. 了解当代热处理新技术、新设备。

(三)学习本课程的方法

1. 抓住每种热处理工艺的特殊规律或特点;

2. 抓住热处理工艺的普遍规律;

3. 注意实现某种热处理工艺的技术问题;

4. 注意与其他加工工艺之间的关系。

模块一 钢在加热时的组织转变

热处理的目的是通过加热、冷却的方法,改变金属及合金的组织结构,使其具备工程技术上所需要的性能。热处理一般是由加热、保温和冷却三个阶段组成的。

为了使钢件热处理后获得所要求的性能,对于大多数热处理工艺(如淬火、正火和普通退火等),其加热温度应高于钢的临界点,使钢件得到奥氏体组织,然后以一定的方式(或速度)冷却,以获得所需要的组织和性能。通常把钢加热(及保温)获得奥氏体的转变过程叫奥氏体化。加热时形成的奥氏体的化学成分、均匀化程度、晶粒大小以及加热后未溶入奥氏体的碳化物等过剩相的数量和分布状况,直接影响钢在冷却后的组织和性能。因此,研究钢在加热时的组织转变规律,控制加热规范以改变钢在高温下的组织状况,对于充分挖掘钢材性能潜力、保证热处理产品质量具有重要意义。

课题一

奥氏体及其特点

【学习指南】

指导意见:本课题是热处理技术的基础,了解奥氏体及其特点,对控制加热规范以改变钢在高温下的组织状况,充分挖掘钢材性能潜力、保证热处理产品质量具有重要意义。其教学效果将影响学生对热处理技术基础概念的理解及今后能否正确分析、解决热处理技术问题。

教学目标:了解奥氏体并熟悉其特点。

教学重点:奥氏体及其特点。

教学难点:奥氏体的金相形态、晶体结构及相区。



【任务书】

项目：了解奥氏体及其特点。

目的：大多数热处理工艺都是先将钢加热至相变温度以上，使其组织转变为均匀奥氏体，即“奥氏体化”。只有掌握了奥氏体组织及其特点，才能初步理解热处理技术的实质，为学生后续学习热处理工艺方法打好理论基础。

要求：通过奥氏体的金相形态、晶体结构及相区的分析，培养学生应用所学知识解决实际问题的能力。

【知识链接】

1. 奥氏体

英文名称：Austenite

字母代号：A、 γ

定义：碳及合金元素溶解在 γ -Fe 中的固溶体。

主要性能：力学性能方面，具有良好的塑性，容易进行塑性变形；低的屈服强度和硬度；利用上述性质可进行压力加工（锻造）。

物理性能方面，具有顺磁性（奥氏体钢、无磁性钢）；与钢的其他组织相比，比容最小；比其他组织线膨胀系数大；除渗碳体外导热性能最差。

1.1 奥氏体的金相形态及晶体结构

固态金属及合金都是晶体，其内部原子是按一定规律排列的，排列的方式一般有三种，即体心立方晶格结构、面心立方晶格结构和密排六方晶格结构。金属是由多晶体组成的，它的多晶体结构是在金属结晶过程中形成的。

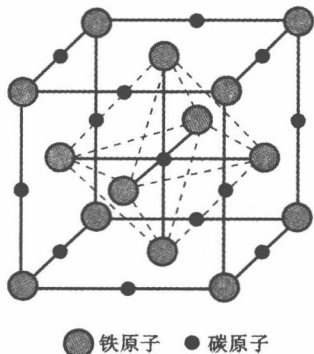


图 1-1 奥氏体的晶体结构

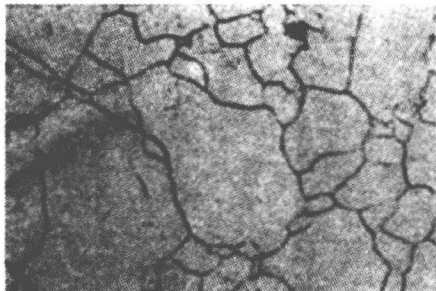


图 1-2 奥氏体的显微组织