



高职高专规划教材

机械制造 基础与实训

赵玉奇 主编





浙江工商 512 2 00461378

高职高专规划教材

机械制造基础与实训

主 编 赵玉奇
副主编 常新中
参 编 李凤银 张九强
主 审 张恩祥

江苏工业学院图书馆
藏书用章



机械工业出版社

本书由高职高专制冷与空调专业规划教材编写委员会组织编写。

本书根据“机械制造基础与实训”教学大纲,并在广泛进行教学调研,吸取各校实训教学成果的基础上组织编写的,是理论教学与实训教学相结合的一体化教材。

本书内容除绪论外,包括机械工程材料、铸造、金属压力加工、金属的焊接与切割、金属切削加工、钳工、管工共计七部分内容。本书注重理论与实践相结合,根据培养目标的需要,其中五个部分中共计安排 47 个有针对性的实训课题。按照知识学习、技能形成的认知规律,实训从设备器械的识别、选择、调节、使用入手,到工艺参数的选择、技能技术的学习训练,使技能技巧的形成由简单到复杂、由具体到综合,逐步深化,从而实现全面素质与综合职业能力的培养。实训课题之后附有相应的考核标准,以便实训教学与考核。本书图文并茂,直观易学。

本书系高职高专工程技术类各专业的教学用书。也可作为其他类型的职业技术学校教学实训用书,以及有关工程技术人员、技术工人的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础与实训/赵玉奇主编. —北京:机械工业出版社, 2003.8

高职高专规划教材

ISBN 7-111-12385-9

I. 机... II. 赵... III. 机械制造工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 047214 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:倪少秋

责任编辑:冯 钺 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:饶 薇 责任印制:路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 23 印张 · 534 千字

定价:31.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

高职高专制冷与空调专业规划教材编写说明

随着科技发展、社会进步和人民生活水平的不断提高,制冷与空调设备的应用几乎遍及生产、生活的各个方面,运行和维护制冷与空调设备需要大批专门技术人才,尤其我国加入 WTO,融入国际竞争的大潮,社会对制冷空调设备的安装、维修、管理专业高级技术人才的需求量也愈来愈大。为了满足和适应社会不断增长的需要,全国已有数十所高职高专院先后开设了“制冷与空调”专业,以加速制冷与空调专业应用型高级技术人才的培养。

为了编写出既有行业特色,又有较宽覆盖面,适应性、实用性强的专业教材,我们组织了全国十几所不同行业高等院校具有丰富教学和工程实践经验的教师编写了这套高职高专制冷与空调专业规划教材。书目见封四。

本套教材在编写过程中,结合我国制冷与空调专业的发展以及行业对高职高专人才的实际要求,在形式和内容上都进行了有益探索。在专业面向上,既涉及家用、商用制冷与空调设备,又涉及工业制冷空调设备,其覆盖范围广;在内容安排上,既介绍传统的制冷空调原理、方法、设备,又补充了大量的新技术、新工艺、新设备,立足专业最前沿;在课程组织上,基本理论力求深入浅出、通俗易懂,实验、实训力求贴近生产,强调实际、实用;特别强调突出能力培养,体现高职特色,既可作为高职高专院校的专用教材,也可作为社会从业人员岗位培训教材。

本套教材编写过程中,得到了有关设计、施工、管理、生产企业和有关专家学者的大力支持,提出了许多宝贵意见,提供了大量技术资料和工程实例,使得教材内容更加丰富、详实,在此表示衷心感谢!

由于受理论水平、专业能力和知识面的限制,加之时间短促,全套教材中难免有疏漏和错误,恳请广大师生和读者批评指正,以便再版时修订、补充,不断完善和提高。

高职高专制冷与空调专业教材编审委员会

2003年3月

前言

本教材是为了满足高职高专工程技术专业教学工作的需要,依据教育部《高职高专教育专门课课程基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》文件精神,按照《高职高专制冷与空调专业教学指导方案》和“机械制造基础与实训”教学大纲编写。

本教材编写的目的有两个:一是阐述机械加工过程的基本理论、基本知识,以帮助学生掌握机械制造的基础理论,指导生产实践;二是通过具体的实训,建立感性认识及理论与实践的有机联系,形成一定的技能、技巧与工程素质,为后续的学习及从事实际工作打下基础。

为了实现“理论联系实际,形成技能技巧、发展应用能力、直观宜教乐学”的功能,在进行广泛的教学调查研究,吸取了各校机械制造实训教学宝贵经验的基础上,在教材的编写过程中,做了以下几方面的工作:

以机械制造过程的内在规律“材料与热处理——毛坯制造——零件制造”为线索,安排教学序列。全书主体内容包括机械工程材料、铸造、金属压力加工、金属的焊接与切割、金属切削加工、钳工、管工七个部分。

为了加强理论与实践联系,便于实施现场教学、边学边做,本书采用了理论与实训一体化的编写模式,实训内容紧随理论之后,理论与实训内容进行合理的配置与构建。

全书共计安排了47个实训课题,实训以职业技能技巧的形成为核心,难度适当,便于组织落实,制定科学的技术操作规程和具体操作步骤。为了增强实训的目的性和考核的透明度,实训课题之后附有相应的考核标准。考核标准既重视实训结果的考核,又重视对实训过程的考核。

为了使教师宜教、学生宜学、直观生动,书中采用了大量的图文对照形式。

本书由高职高专制冷与空调专业规划教材编写委员会组织编写。赵玉奇任主编(兼编绪论、第二部分、第四部分),常新中任副主编(兼编第一部分、第七部分),参加编写工作的有李凤银(第三部分、第六部分),张九强(第五部分)。张恩祥教授担任主审。本书在编写过程中得到机械工业出版社、高职高专制冷与空调专业规划教材编写委员会、编者所在学校的大力支持,蔡庄红

做了大量的文字整理工作，在此一并表示由衷的谢意。

鉴于编者水平有限，教材中难免存在某些缺点和错误，恳切地希望同志们在教学过程中发现问题，及时提出批评指正。

编者

2003年2月26日

1001 第一章 绪论

第一章 绪论

1001 第一节 绪论

1001 第二节 绪论

1001 第三节 绪论

1001 第四节 绪论

1001 第五节 绪论

1001 第六节 绪论

1001 第七节 绪论

1001 第八节 绪论

1001 第九节 绪论

1001 第十节 绪论

1001 第十一节 绪论

1001 第十二节 绪论

1001 第十三节 绪论

1001 第十四节 绪论

1001 第十五节 绪论

1001 第十六节 绪论

1001 第十七节 绪论

1001 第十八节 绪论

1001 第十九节 绪论

1001 第二十节 绪论

第二章 绪论

1001 第一节 绪论

1001 第二节 绪论

1001 第三节 绪论

1001 第四节 绪论

1001 第五节 绪论

1001 第六节 绪论

1001 第七节 绪论

1001 第八节 绪论

1001 第九节 绪论

1001 第十节 绪论

1001 第十一节 绪论

1001 第十二节 绪论

1001 第十三节 绪论

1001 第十四节 绪论

1001 第十五节 绪论

1001 第十六节 绪论

1001 第十七节 绪论

1 第一节 绪论

2 第二节 绪论

3 第三节 绪论

4 第四节 绪论

5 第五节 绪论

6 第六节 绪论

7 第七节 绪论

8 第八节 绪论

9 第九节 绪论

10 第十节 绪论

11 第十一节 绪论

12 第十二节 绪论

13 第十三节 绪论

14 第十四节 绪论

15 第十五节 绪论

16 第十六节 绪论

17 第十七节 绪论

18 第十八节 绪论

19 第十九节 绪论

20 第二十节 绪论

21 第二十一节 绪论

22 第二十二节 绪论

23 第二十三节 绪论

24 第二十四节 绪论

25 第二十五节 绪论

26 第二十六节 绪论

27 第二十七节 绪论

28 第二十八节 绪论

29 第二十九节 绪论

30 第三十节 绪论

31 第三十一节 绪论

32 第三十二节 绪论

33 第三十三节 绪论

34 第三十四节 绪论

35 第三十五节 绪论

目 录

编写说明

前言

绪论 1

第一部分

机械工程材料 3

第一节 金属材料的性能 4

第二节 金属的晶体构造 7

第三节 铁碳合金 12

第四节 钢的分类和编号 18

第五节 合金钢 23

第六节 铸铁 27

第七节 有色金属 32

第八节 非金属材料 36

复习思考题 38

实训一 金属材料强度和塑性的测定 38

实训二 金属材料硬度的测定 42

实训三 金属材料冲击韧度的测定 49

实训四 钢的热处理 51

实训五 金属材料的火花鉴别 54

第二部分

铸造 59

第一节 砂型的制造 61

第二节 铸造工艺的制订 68

第三节 铸造合金和熔炼 71

第四节 浇注、落砂和清理 75

第五节 铸件的常见缺陷和防止方法 75

第六节 特种铸造 77

复习思考题 79

第三部分

金属压力加工 81

第一节 金属的加热和锻造温度范围 83

第二节 自由锻和模锻 86

第三节 板料冲压 97

第四节 轧制、拉制和挤压 100

复习思考题 102

第四部分

金属的焊接与切割 103

第一节 焊条电弧焊 105

第二节 气焊与气割 113

第三节 其他焊接方法 120

第四节 常用金属材料的焊接性与特点 124

第五节 焊接缺陷及焊缝质量的分析

与检验 127

复习思考题 131

实训一 焊条电弧焊设备、工具的

安装与调整 131

实训二 电焊条的识别、使用与保管 141

实训三 填写焊接工艺细则卡 144

实训四 焊条电弧焊的引弧 146

实训五 平敷焊 149

实训六 I形坡口平对接双面焊 154

实训七 V形坡口平对接双面焊技术 158

实训八 气焊、气割设备安装 162

实训九 钢板的气焊 166

实训十 钢板的气割 171

第五部分

金属切削加工 177

第一节 加工精度和表面粗糙度 178

第二节 切削运动和切削要素 183

第三节 金属切削刀具 184

第四节 金属切削过程及其物理现象 188

第五节 生产率和切削加工性的概念 192

第六节 金属切削机床的分类与型号 193

复习思考题 195

车削加工 196

实训一 卧式车床的组成 197

实训二 工件的装夹及其所用附件 198

实训三 车床的调整与空车练习 202

实训四 车刀种类及车床工作 205

实训五 车削加工(车外圆、端面、圆锥、切槽、切断及成形面)	209
实训六 车削综合练习(轴类、盘套类) ...	216
刨削加工	219
实训七 牛头刨床的组成及运动	219
实训八 刨刀的种类及刨削工作	221
实训九 牛头刨床的调整、空车练习及试切削	224
实训十 刨削加工(刨平面、刨沟槽、刨成形面)	226
铣削加工	228
实训十一 铣床的组成(立铣、卧铣)	229
实训十二 铣床附件	230
实训十三 铣刀的种类及铣削工作	232
实训十四 铣床的调整、空车练习及试切削	236
实训十五 铣削加工(铣平面、沟槽及成形面)	238
磨削加工	240
实训十六 磨削加工	241

第六部分

钳工	247
----------	-----

钳工入门	248
实训一 常用量具的使用	250
实训二 划线	257
实训三 錾削	267
实训四 锯削	272
实训五 锉削	277
实训六 钻孔与铰孔	282
实训七 攻螺纹与套螺纹	288
实训八 综合训练	293
实训九 机械装置的拆卸	301
实训十 装配	309

第七部分

管工	327
实训一 管材	328
实训二 管材的下料	333
实训三 钢管弯曲	337
实训四 管螺纹加工	343
实训五 管件	347
实训六 管道安装	353

参考文献	357
------------	-----

绪论

在人类改造客观世界的过程中,大量地使用了各种各样的机器与设备,如交通运输中的汽车、火车、轮船、飞机、航天飞船;建筑施工中的起重设备;石油、化工、轻工行业中的管道、压力容器;机械加工中的各种机床;工业、民用制冷空调机组等等。这些机械产品都经历设计、制造、使用三个循环阶段。其中制造阶段是将设计蓝图变为现实产品,保证产品质量和使用性能的关键阶段,也是一个复杂的生产过程。

一、机械制造的过程

机器是由零件组成的,而零件都是由工程材料(钢铁、有色金属、工程塑料等)制成的。简单的零件可以直接由型材加工制成;对于形状复杂的零件,可以通过铸造、压力加工、焊接方法形成毛坯(也可直接制成零件),再经过切削加工制成零件。在由材料制成零件的过程中,可以安排热处理工艺,以改善材料的加工工艺性能。零件经检验装配后制成机器。机械制造的过程是“毛坯制造——零件加工——机器装配”的过程,如图0-1所示。

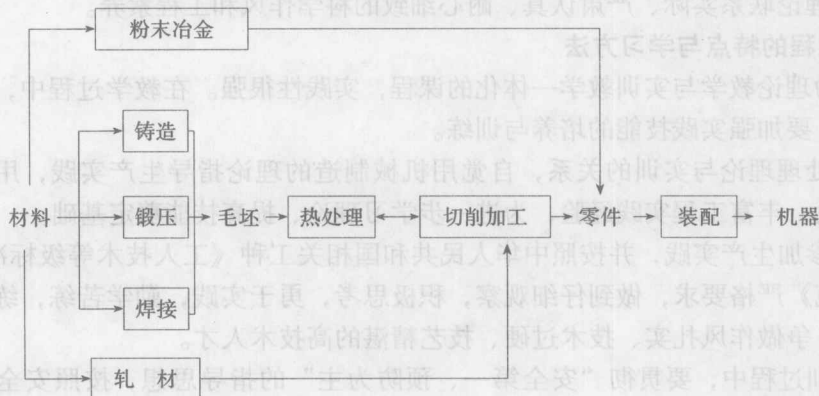


图 0-1 机械制造的过程

二、本课程的性质与任务

“机械制造基础与实训”就是研究机械工程材料和机械制造工艺过程一般规律,指导实训教学的综合性技术课程。本课程是工科高职高专学校多数专业必修的一门技术基础课。主要任务是通过理论教学、实训教学使学生获得机械工程材料和机械制造的基本知识和操作技能,为后续课程的学习和从事技术工作奠定坚实的基础。

1. 理论教学目标

- 1) 初步掌握常用金属材料的种类、牌号、性能及应用,了解非金属材料类型、特性和用途。
- 2) 了解金属热处理的基本原理,掌握常用热处理方法及其使用范围。
- 3) 了解铸造、锻造、焊接、金属切削加工的基本原理,熟悉工艺特点、工艺设计的

基本知识和应用范围。

4) 熟悉零件结构工艺性的基本知识,具有分析零件结构工艺性的初步能力。

5) 了解选择材料、毛坯和加工方法的原则,具有选择材料、毛坯、加工方法和制订加工工艺路线的能力。

2. 实训教学目标

1) 具有对常用金属材料鉴别、性能测定的能力,了解碳钢热处理的过程。

2) 了解铸造、锻压、焊接、切削加工的生产过程及其工艺特点。

3) 了解焊条电弧焊、氧气焊接与切割所用设备、工具的结构、性能、用途,掌握其使用方法;掌握焊条电弧焊、氧气焊接与切割的基本操作技术。

4) 了解车、刨、铣、磨所用设备、工具、附件的结构、性能、用途及其使用方法;掌握车削加工、刨削加工的基本技术。

5) 掌握钳工设备、工具的结构、性能、用途及其使用方法;熟练掌握锯、锉、钻孔、攻螺纹、机器装拆的基本技能。

6) 掌握管材、管工设备、工具的结构与性能、用途及其使用方法;掌握钢管下料、弯曲、管螺纹加工、管道安装的技术。

7) 掌握各相关工种的安全技术操作规程,做到安全生产、安全实训。

8) 培养理论联系实际、严肃认真、耐心细致的科学作风和工程素养。

三、本课程的特点与学习方法

本课程为理论教学与实训教学一体化的课程,实践性很强。在教学过程中,要注意理论联系实际,要加强实践技能的培养与训练。

1) 正确处理理论与实训的关系,自觉用机械制造的理论指导生产实践,用实训检验机械制造理论,丰富工程实践经验,为进一步学习理论、提高技能奠定基础。

2) 积极参加生产实践,并按照中华人民共和国相关工种《工人技术等级标准》《职业技能鉴定规范》严格要求,做到仔细观察,积极思考,勇于实践,勤学苦练,练好基本功和基本技能,争做作风扎实、技术过硬、技艺精湛的高技术人才。

3) 在实训过程中,要贯彻“安全第一、预防为主”的指导思想,按照安全技术操作规程科学、文明生产。

材料科学与工程。材料科学与工程是研究材料的组成、结构、性能、制备、应用的一门学科。材料科学与工程是材料科学与工程。材料科学与工程是研究材料的组成、结构、性能、制备、应用的一门学科。材料科学与工程是研究材料的组成、结构、性能、制备、应用的一门学科。

第一部分

机械 工程 材料

第一节 金属材料的性能

第二节 金属的晶体构造

第三节 铁碳合金

第四节 钢的分类和编号

第五节 合金钢

第六节 铸铁

第七节 有色金属

第八节 非金属材料

实训一 金属材料强度和塑性的测定

实训二 金属材料硬度的测定

实训三 金属材料冲击韧度的测定

实训四 钢的热处理

实训五 金属材料的火花鉴别

12

金属材料性能测试 1-1 图

1

工程材料是现代工业、农业、国防和科学技术赖以存在和发展的物质基础。工程材料分金属材料和非金属材料两大类。常用的金属材料有黑色金属、有色金属及其合金、粉末冶金、高分子材料、陶瓷材料和复合材料等。目前,金属材料仍然是机械工程中应用的主要材料,这是因为它具有加工过程和使用过程中所需要的各种性能。为了合理地选用材料,必须研究材料的结构、组织与性能之间的关系,以充分发挥材料的潜力,改善和提高材料的性能。

第一节 金属材料的性能

金属材料的性能主要包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指金属材料对各种加工工艺适应的能力,它包括铸造、锻造、焊接、切削加工和热处理工艺性能等。为了能够正确地选择和使用金属材料,就应当了解和掌握金属材料的各种性能。

一、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的性能。力学性能是金属材料的主要性能,是机械设计、制造过程中选择材料的主要依据。其主要性能指标有强度、塑性、冲击韧度、疲劳强度等。

金属材料在加工和使用过程中所受到的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,它又可分为静载荷、冲击载荷及疲劳载荷等三种。

(一) 强度

强度是指金属材料在载荷作用下抵抗永久变形(塑性变形)和断裂的能力。根据载荷的作用形式不同,强度又分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度和抗剪强度等五种。工程上常以屈服点和抗拉强度作为强度指标。

强度指标一般是通过金属的拉伸实验来测定的。按照标准规定,把拉伸试样装夹在试验机上,在对试样逐渐施加拉伸载荷的同时连续测量力和相应的伸长量,直到拉断为止,根据测得数据绘力-伸长曲线,求出相关的力学性能指标。

1. 低碳钢的力-伸长曲线

退火低碳钢的力-伸长曲线如图 1-1 所示。图中纵坐标表示力 F , 单位为 N; 横坐标表示试样伸长量 Δl , 单位为 mm。由图可见, 低碳钢试样在拉伸过程中, 有以下几个变形阶段:

(1) OE ——弹性变形阶段 这时由于载荷 F 不超过 F_e , 伸长量与拉力成正比, 试样只产生弹性变形, 当外力去除后, 试样能恢复到原来的长度。 F_e 为能恢复原状的最大拉力。

(2) ES ——屈服阶段 当载荷超过 F_e 时, 试样除产生弹性变形外, 还产生部分塑性变形,

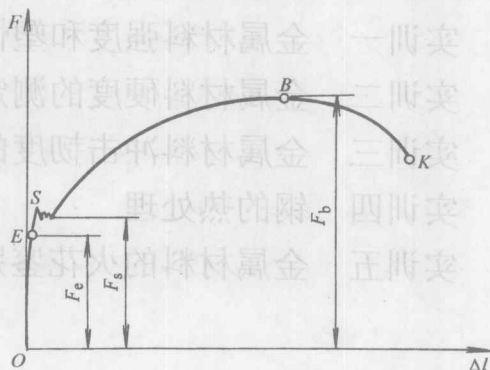


图 1-1 低碳钢的力-伸长曲线

此时若卸载, 试样则不能恢复原来的长度。当外力达到 F_s 时, 力-伸长曲线上会出现一段水平或锯齿形线段, 表示当 F_s 不变或略有变化的情况下, 试样继续发生明显的塑性变形。这种现象称为屈服, F_s 称为屈服载荷。

(3) SB ——强化阶段 当载荷超过 F_s 后, 试样的伸长量与载荷又成曲线关系上升。由图可看出, 在载荷增加不大的情况下, 而变形量却很大, 表明当载荷超过 F_s 值后, 试样开始产生大量的塑性变形。图中 F_b 为拉伸试验时的最大载荷。

(4) BK ——缩颈阶段 当载荷达到 F_b 时, 试样的局部截面缩小, 这种现象称为“缩颈”。由于试样局部截面的逐渐减小, 故载荷也逐渐降低, 当达到曲线上的 K 点时, 试样被拉断。

2. 强度指标

工程上常用的强度指标为屈服点和抗拉强度。

(1) 屈服点 材料产生屈服时的最小应力值称为屈服点, 用符号 σ_s 表示。其计算公式为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中, σ_s 是屈服点 (MPa); F_s 是试样产生屈服时的最小载荷 (N); S_0 是试样原始横截面积 (mm^2)。

(2) 抗拉强度 材料在拉断前所承受的最大拉应力称为抗拉强度, 用符号 σ_b 表示。其计算公式为

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

式中, σ_b 是抗拉强度 (MPa); F_b 是试样断裂前所承受的最大载荷 (N); S_0 是试样原始横截面积 (mm^2)。

σ_b 越大, 说明材料抵抗破坏的能力越强。因此, σ_b 也是一个重要的强度指标。

(二) 塑性

塑性是指材料在载荷作用下, 产生永久变形而不断裂的能力。常用的塑性指标是拉断后的断后伸长率和断面收缩率。

1. 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比, 用符号 δ 表示。其计算公式为

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中, l_1 是试样拉断后的标距 (mm); l_0 是试样的原始标距 (mm);

标距 $l_0 = 10d_0$ 时, 伸长率用 δ_{10} 表示; $l_0 = 5d_0$ 时, 伸长率用 δ_5 表示。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 ψ 表示。其计算公式为:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中, S_0 是试样的原始横截面积 (mm^2); S_1 是试样拉断处的最小横截面积 (mm^2)。

(三) 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬的重要性能指标, 硬度越高, 材料的耐磨性能越好。

硬度的测量方法有压入硬度试验法、划痕硬度试验法、回跳硬度试验法、超声波试验法等。在压入试验法中, 最常用的是布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法。

(四) 冲击韧度

许多机器的零件在实际工作中往往要受到冲击载荷作用, 其瞬时冲击引起的应力和变形都要比静载荷大得多, 此时材料的性能指标不能单纯用静载荷作用下的指标来衡量, 而必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。

冲击韧度是指材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力。

目前, 金属材料的冲击韧度是通过冲击试验来测定的。

(五) 疲劳强度

金属材料的疲劳 (又称疲劳断裂) 是指金属材料在循环应力作用下, 经过一定循环次数后产生裂纹或突然发生断裂的过程。据统计, 金属零件断裂的原因 80% 是由于疲劳造成的。

疲劳强度是指材料经无数次交变载荷作用而不发生断裂的最大应力, 其指标是通过疲劳试验而得到的。

二、金属材料的物理性能和化学性能

1. 金属材料的物理性能

金属材料的物理性能主要包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

(1) 密度 表示单位体积金属的质量, 是金属的特性之一。材料不同, 其密度也各不相同。利用这一特性, 可以通过测量金属的密度来鉴别金属或确定某些金属零件的致密度。

(2) 熔点 金属材料由固态向液态转变时的温度。熔点表征金属材料的耐热性能, 熔点的高低由金属材料的成分所决定。

(3) 导热性 金属材料传导热量的能力。热导率是衡量金属材料导热性的主要指标, 热导率越大导热性就越好, 其散热性也越好。

(4) 导电性 金属材料传导电流的能力。电导率是衡量金属材料导电性的主要指标。

(5) 热膨胀性 随着温度的变化金属体积发生膨胀或收缩的特性。一般金属材料是受热膨胀而冷却收缩。

(6) 磁性 金属材料在磁场中受到磁化的能力。

2. 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能主要包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

(1) 耐腐蚀性 金属材料在高温下抵抗氧、水蒸气等化学介质腐蚀破坏作用的能力。腐蚀对金属的危害性很大, 每年都有大量的金属材料因腐蚀而损耗掉。因此, 提高金属的

耐腐蚀性，对于节约材料、延长零件使用寿命具有十分重要的意义。

(2) 抗氧化性 金属材料在高温条件下抵抗氧化作用的能力。金属材料的氧化性随温度升高而加速。为避免金属材料被氧化，常在金属材料周围造成一种保护气氛。

(3) 化学稳定性 化学稳定性是金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称。

三、金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指对金属材料进行某种加工以获得优质产品的可能性或难易程度，是金属材料力学性能、物理性能、化学性能的综合。它包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。工艺性能的好坏直接影响零件加工质量和生产成本，所以它是选择材料和制定零件加工工艺必须考虑的因素之一。

第二节 金属的晶体构造

不同的金属材料具有不同的力学性能和某些物理与化学性能。即使是同一种金属材料，不同化学成分和不同状态下的性能也会有很大差异。差异的原因是材料内部结构的不同。

自然界中的固体物质按原子在其内部排列的特征不同可分为晶体和非晶体两大类。固态下原子按一定几何形式作有规则排列的物质称为晶体，食盐、金刚石、石墨、多数金属及合金都是晶体。晶体中原子排列情况的模型如图 1-2a 所示。而原子杂乱无序、作无规则排列的物质则称为非晶体，如普通玻璃、松香和塑料等。

一、金属晶体的结构

1. 晶格和晶胞

(1) 晶格 为了形象地表示晶体中原子的排列规律，可将原子看成是一个几何质点，用假想的线将这些点连接起来，就构成了一个具有一定几何形式的空间格子。这种表示原子在晶体中排列规律的空间格子称为晶格，如图 1-2b 所示。

(2) 晶胞 人们把晶格中能代表原子排列规则的最小几何单元称为晶胞。晶胞的各棱边长为 a 、 b 、 c ，称为晶格常数，各棱边所夹的角分别为 α 、 β 、 γ 。当 $a = b = c$ 时 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ，这种晶胞称为简单立方晶胞，如图 1-2c 所示。

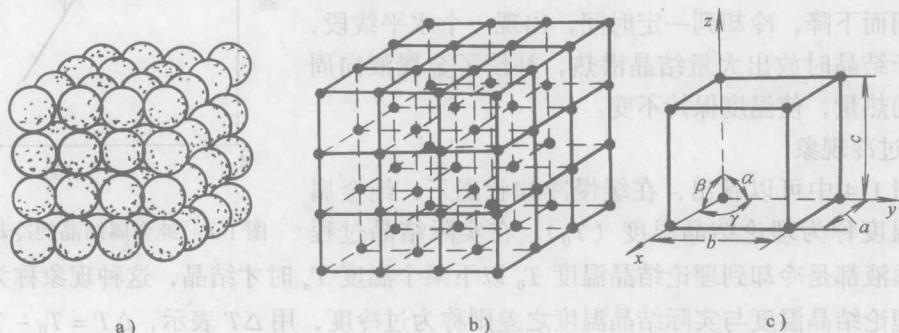


图 1-2 简单立方晶体结构示意图

a) 原子排列模型 b) 晶格 c) 晶胞

2. 金属晶格的类型

金属晶格的类型很多,但大部分金属属于下列三种晶格类型:

(1) 体心立方晶格 它的晶胞是一个立方体,立方体的八个顶角和中心各有一个原子,晶胞示意图如图 1-3a 所示。属于该晶格类型的金属有铬 (Cr)、钒 (V)、钨 (W)、钼 (Mo)、 α -铁 (α -Fe) 等金属。

(2) 面心立方晶格 它的晶胞也是一个立方体,原子位于立方体的八个顶角及六个面的中心,如图 1-3b 所示。属于该晶格类型的金属有铝 (Al)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、镍 (Ni) 及 γ -铁 (γ -Fe) 等金属。

(3) 密排六方晶格 它的晶胞是一个正六方柱体,原子排列在柱体的每个角顶上下和上、下底面的中心,另外三个原子排列在柱体内,如图 1-3c 所示。属于该晶格类型的金属有镁 (Mg)、锌 (Zn)、铍 (Be)、镉 (Cd)、 α -钛 (α -Ti) 等。

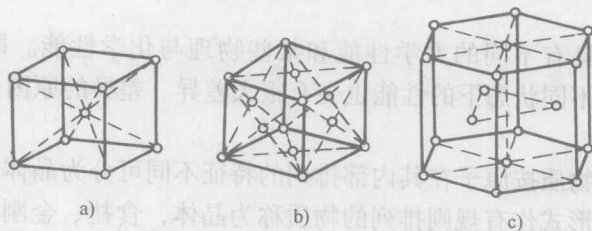


图 1-3 常见金属晶格的类型

a) 体心立方晶格 b) 面心立方晶格 c) 密排六方晶格

二、金属的结晶

1. 金属的结晶

金属由液体状态冷却后转变为晶体状态的过程称为结晶。

2. 纯金属的冷却曲线

纯金属的结晶过程可以用热分析法来研究。当金属液缓慢冷却时,观察并记录温度随时间而变化的数据,并将数据描绘在温度-时间坐标系上,得到如图 1-4 所示的纯金属的冷却曲线。从冷却曲线可看出,纯金属液温度随时间而下降,冷却到一定时间,出现一个水平线段,这是由于结晶时放出大量结晶潜热,补偿了金属液向周围散失的热量,使温度保持不变。

3. 过冷现象

从图 1-4 中可以看出,在缓慢冷却状态下,纯金属的结晶温度称为理论结晶温度 (T_0)。在实际结晶过程中,金属液都是冷却到理论结晶温度 T_0 以下某个温度 T_n 时才结晶,这种现象称为过冷现象。而理论结晶温度与实际结晶温度之差则称为过冷度,用 ΔT 表示, $\Delta T = T_0 - T_n$ 。

4. 纯金属的结晶过程

金属的结晶过程由晶核的形成和晶核的长大两个基本过程组成。纯金属的结晶过程如图

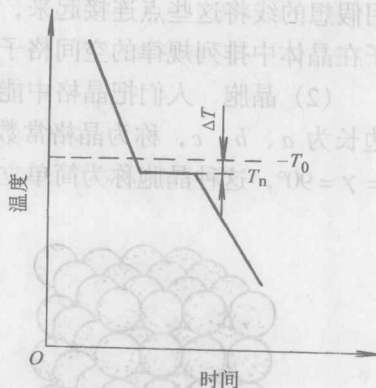


图 1-4 纯金属结晶的冷却曲线

1-5 所示。金属液冷却到结晶温度时,首先在金属液内部有一些原子自发地聚集在一起,并按金属晶体的规则排列起来,形成规则排列的原子集团而成为结晶核心,称为晶核。然后,晶核周围的原子不断地向晶核聚集,并按固有的规律排列,使晶核长大,形成许多小晶体。在小晶体长大的同时,新的晶核又继续产生。在整个结晶过程中,形核和成长不断地进行,直至金属液耗尽为止,晶体相互接触,结晶过程结束。金属结晶后,形成许多外形不规则、大小不等、排列方向不相同的小颗粒晶体。这些小颗粒晶体称为晶粒。晶粒与晶粒之间的界面称为晶界。固态金属就是由许多小颗粒晶体组成的多晶体,如图 1-6 所示。



图 1-5 纯金属的结晶过程

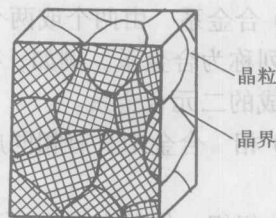


图 1-6 金属多晶体示意图

金属结晶后晶粒的大小对金属的力学性能有重大影响,晶粒越细,金属的强度和硬度越高,塑性和韧性越好。工业上为了提高金属的力学性能,常用增加过冷度、变质处理和振动的方法来细化晶粒。

三、金属的同素异构转变

大多数金属在固态下的晶格都保持不变。但是,有些金属在固态下存在两种或两种以上的晶格类型,如铁(Fe)、钛(Ti)、铬(Cr)等。

金属在固态下因温度的改变,由一种晶格转变为另一种晶格的现象,称为金属的同素异构转变。由同素异构转变所得到的不同晶格类型的晶体称为同素异构体。

铁是最典型的具有同素异构转变特性的金属,其冷却曲线如图 1-7 所示。由图可知,当液态纯铁冷却到 1538°C 时开始结晶并成为具有体心立方晶格的 δ -Fe;当继续冷却到 1394°C 时发生同素异构转变,由体心立方晶格的 δ -Fe 转变成为面心立方体晶格的 γ -Fe;再继续冷却到 912°C 时再次发生同素异构转变,由面心立方体晶格的 γ -Fe 转变成为具有体心立方晶格的 α -Fe。当再继续冷却时,晶格的类型不再改变。

同素异构转变不仅存在于纯铁中,而且还存在于以铁为基体的钢铁材料中,并能通过各种热处理进一步改善其组织与性能。

金属的同素异构转变与液态金属的结晶过程有许多相似之处,有一定的转变温度,转变时有过冷现象,放出和吸收热量,转变过程也有一个晶核形成和晶核长大的过程。通过控制冷却速度,可以改变同素异构转变后的晶粒大小,改变其性能。但同素异构转变属于固态相变。

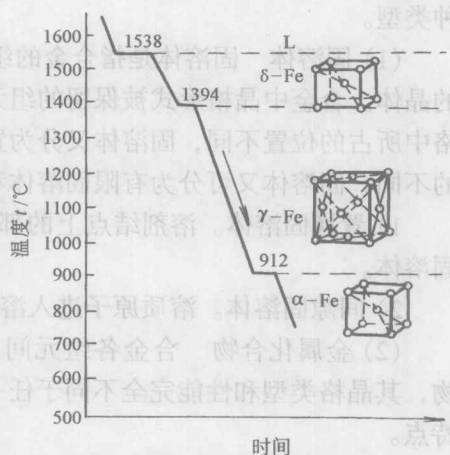


图 1-7 纯铁的冷却曲线