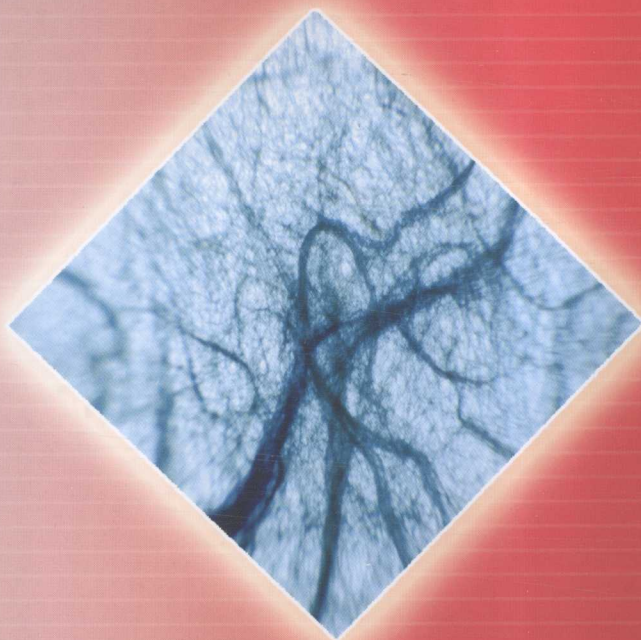




教育科学“十五”国家规划课题研究成果

热成型技术基础

主 编 司乃钧 舒 庆



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

热成形技术基础

主 编 司乃钧 舒庆
副主编 张学伟
参 编 邓洪财 敖晓春 李大勇
主 审 关砚聪

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部颁发的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》,结合目前教改基本指导思想和原则以及创新精神编写的。

本书包括金属材料、铸造成形、塑性加工、焊接与胶接、非金属制品成形、机械零件毛坯的选择等内容,各章后附有习题。

本书为高等工科院校本科机械类、近机类专业教材,也可作为工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

热成形技术基础 / 司乃钧,舒庆主编. —北京: 高等教育出版社, 2009. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 025855 - 4

I. 热… II. ①司…②舒… III. 热成形 - 技术 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 193638 号

策划编辑 卢 广 责任编辑 李京平 封面设计 于 涛 责任绘图 尹 莉
版式设计 余 杨 责任校对 俞声佳 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市京南印刷厂

开 本 787 × 960 1/16
印 张 16
字 数 290 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷
定 价 18.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25855 - 00

前 言

本书是根据教育部颁发的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》编写的,是高等工科院校本科机械类、近机类专业教材,也可作为工程技术人员参考用书。

本书编写的指导思想和原则是:

1. 热成形技术基础属于技术(专业)基础课,通过本课程的学习,使学生掌握(或熟悉)有关热成形技术的基础知识、基本理论、基本技能和工程应用。
2. 本书体系完整、内容充实、结构合理,侧重实用性,力求做到重点突出,少而精,使教材清晰、形象,易于讲授和自学。
3. 本书强调理论联系实际,注重强化能力和技术创新精神。
4. 本书名词、术语、牌号、型号及物理量等均采用最新国家标准。

本书内容丰富,使用时可根据专业特点、教学时数等具体情况,对其内容进行调整和增删。

本课程实践性很强,学习前应有一定感性知识,因此应在工程训练(或金工实习)后进行讲授。学生通过工程训练或实习,熟悉了各种主要热成形方法的操作过程、所用设备和工具的基本原理和大致结构,并对毛坯或零件加工工艺过程有了一定的了解,在此基础上学习本教材才能达到预期的教学目的和要求。

本书由哈尔滨理工大学司乃钧、舒庆任主编,张学伟任副主编;参加编写的有舒庆(第一章、第四章)、司乃钧(绪论、第二章)、张学伟(第三章第一节~第三节)、邓洪财(第三章第四节、第五节)、敖晓春(第五章)、黑龙江科技学院李大勇(第三章第六节、第七节,第六章)。

关砚聪教授认真审阅了本书。在编写过程中得到了许德珠教授、吕焯教授、王丽凤教授、金禧德教授、田柏龄教授、朱起凡教授的帮助和指导。在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限、编写时间短,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年7月于哈尔滨

目 录

绪论	1
第一章 金属材料	3
第一节 金属材料的力学性能	3
第二节 金属材料的组织与性能	7
第三节 钢的热处理工艺	16
第四节 常用金属材料	20
习题	25
第二章 铸造成形	27
第一节 金属的铸造性能	28
第二节 砂型铸造	36
第三节 铸件结构设计	54
第四节 特种铸造	62
第五节 常用合金铸件生产	74
第六节 铸件质量与检验	82
第七节 铸造方法的选择	87
习题	89
第三章 塑性加工	95
第一节 金属的锻压性能	96
第二节 自由锻	104
第三节 模锻	117
第四节 锻件质量与检验	134
第五节 板料冲压	136
第六节 轧制、挤压与拉拔	151
第七节 锻压方法的选择	158
习题	160
第四章 焊接与胶接	168
第一节 熔焊	168
第二节 压焊与钎焊	191
第三节 堆焊、热喷涂与热切割	196
第四节 焊件质量与检验	200

第五节 常用金属材料的焊接	203
第六节 焊接结构设计	207
第七节 焊接方法的选择	215
第八节 胶接	217
习题	225
第五章 非金属制品成形	230
第一节 塑料制品成形	230
第二节 橡胶与陶瓷制品成形	233
第三节 复合材料制品成形	236
习题	236
第六章 机械零件毛坯的选择	238
第一节 毛坯选择的原则	238
第二节 毛坯的种类与选择	239
第三节 毛坯选择示例	243
习题	245
主要参考文献	247

绪 论

机械产品的制造过程,一般是先将工程材料制成零件的毛坯或半成品,再经切削加工制成所需的零件,最后将零件装配成机械产品。在制造过程中,为改善毛坯、半成品或工件的性能,常要对其进行热处理。

在上述过程中,合理选择毛坯种类和制造方法具有重大技术和经济意义。因为,零件切削加工的工序数量、材料消耗、加工工时,所用设备和工具、夹具、量具,零件的质量,生产率和生产成本等在很大程度上都取决于毛坯种类、结构及其成形方法。例如,某曲轴净重量^①为 17 kg,采用圆钢作毛坯经机械切削加工制成,切屑为曲轴零件重量的 189%;若采用锻件作毛坯经机械切削加工制成,切屑仅为曲轴零件重量的 30%,并可减少 1/6 的切削加工工时。若采用高质量的毛坯,有些工件不经车削、铣削就可直接经磨削加工制成零件。现代精密铸造和精密锻造技术,已能够使一些制件在热成形后不再进行切削加工就可直接达到使用要求。

为提高毛坯生产率、质量,降低成本,改善劳动条件,毛坯生产应广泛采用机械化、自动化的生产方式和先进工艺,使毛坯在形状、尺寸和表面质量上尽量与零件要求相接近,以达到少、无切削加工。为此,我们必须掌握各种制造毛坯方法的工艺实质、成形特点、毛坯性能,以及选用毛坯的原则和方法,即掌握铸造、锻压、焊接、胶接和非金属材料制品生产等加工方法的基础知识、工艺特点,以及在机械制造业中的应用。

“热成形技术基础”是大学本科机械类专业学生必修的一门以工艺为主的综合性的技术基础课。通过本课程学习,学生应达到下列基本要求:

(1) 掌握主要热成形方法和板料冲压的基本原理、特点和应用,熟悉影响产品质量的因素。

^① 根据 GB 3102.3—1993《力学的量和单位》,“重量”一词按照习惯仍可用于表示质量。但是,不赞成这种习惯。本书为避免与表达物品品质优劣程度的“质量”混淆,在定量计算中用“质量”(单位为 kg),在定性说明中仍用“重量”一词。

(2) 熟悉毛坯或零件的结构工艺性,并具有设计毛坯或零件结构的初步能力。

(3) 具有选择简单毛坯或零件成形方法和制订其工艺规程的能力。

(4) 了解常用成形方法所用主要设备、工具的基本工作原理,熟悉其使用范围。

学习时,根据教学内容学生要完成老师布置的课堂练习题、课堂讨论题和课外习题,以巩固所学知识、培养独立分析问题和解决问题的能力。

热成形实验是本课程的重要组成部分,根据实验指导书学生要自己动手做好实验,写出实验报告,以获得一定的实验技能。

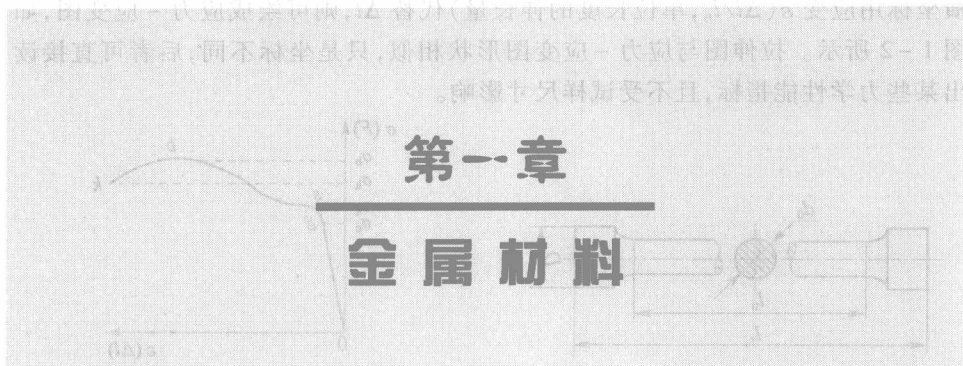
本课程实践性很强,学习本书时学生要以热成形实习中获得的基本操作技能和基本知识为基础,注意理论与实践相结合,这样才可达到本课程学习的预期目的和要求。本课程以课堂教学为主,配以必要的现场教学等教学方法。

本书共分五章。第一章为绪论,介绍本课程的教学目的、任务和主要内容,并说明本课程在机械专业中的地位。第二章为热成形基础知识,介绍热成形的原理、特点、应用及主要设备。第三章为热成形工艺,介绍热成形的工艺过程、工艺参数及工艺规程的制订。第四章为热成形设备,介绍热成形的主要设备及其工作原理。第五章为热成形实验,介绍热成形的实验目的、实验内容、实验步骤及实验报告的要求。

本书可作为机械专业及相关专业的教材,也可供从事热成形工作的工程技术人员参考。本书在编写过程中,参考了有关文献,并得到了有关专家、学者的帮助,在此表示衷心的感谢。

本书由机械工业出版社出版,由机械工业出版社负责发行。本书在编写过程中,得到了机械工业出版社有关领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,得到了机械工业出版社有关领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。



金属材料是现代制造机械的最主要材料,在各种机床、矿山机械、冶金设备、动力设备、农业机械、石油化工和交通运输机械中,金属制件占 80% ~ 90%。金属材料之所以获得广泛的应用,主要是由于它具有制造机器所需要的使用性能和工艺性能。

使用性能是材料在使用条件下表现出来的性能,如力学(或机械)性能、物理性能和化学性能等;工艺性能则是材料在加工过程中表现出的性能,如切削加工性能、铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能等。

第一节

金属材料的力学性能

工程构件在使用过程中最主要的功能是传递各种力和能。因此,在设计、选材和工艺评定时,工程上最关心的是材料受力时的行为,即材料的力学性能。

材料受外力作用时,一般会出现彼此关联的三个过程:弹性变形、塑性变形和断裂。材料所能表现出来的力学性能主要是弹性、刚度、强度、塑性、硬度、冲击韧度及疲劳强度等。

一、弹性、刚度、强度和塑性

材料的弹性、刚度、强度和塑性是通过拉伸试验^①测得的。

试验时,将标准拉伸试样(图 1-1)安装在拉伸试验机上对其两端施加轴向静拉力 F ,随 F 增加,试样产生变形,直至断裂。若以试样所受载荷 F 为纵坐标,试样伸长量 Δl 为横坐标,将拉力与伸长量绘成曲线,可得拉伸图。拉伸图与试样尺寸有关,若将拉伸图纵坐标用拉应力 $\sigma(F/S_0$,单位面积上的拉力)代替 F ,

^① 金属材料室温拉伸试验方法现行国家标准为 GB/T 228—2002,但因很多标准并未同步修订,故本书仍按原标准讲述。

横坐标用应变 $\varepsilon (\Delta l/l_0)$ (单位长度的伸长量) 代替 Δl , 则可绘成应力 - 应变图, 如图 1-2 所示。拉伸图与应力 - 应变图形状相似, 只是坐标不同, 后者可直接读出某些力学性能指标, 且不受试样尺寸影响。

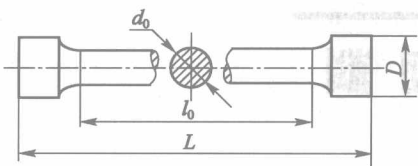


图 1-1 拉伸试样

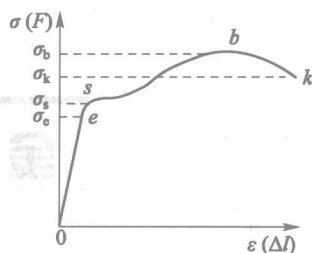


图 1-2 拉伸应力 - 应变图

从图 1-2 可知, 当载荷小于 e 点时, 应力和应变成正比, 载荷卸除后, 试样恢复到原来的形状和尺寸, 此阶段的变形为弹性变形。当载荷超过 e 点时, 试样在产生弹性变形的同时, 开始产生塑性变形。当载荷增加到 s 点时, 应力 - 应变图上出现一个小平台 (或锯齿形线段), 表明在载荷不增加的情况下, 试样仍继续伸长, 这种现象称为屈服。屈服后, 随载荷的增加, 金属开始产生明显的塑性变形, 当载荷增加到 b 点时, 变形集中发生在试样的某一部位上, 该部位的截面急剧缩小, 出现了“缩颈”。由于截面减小, 使继续变形所需载荷也随之下降, 直至 k 点时, 试样在“缩颈”处断裂。

通过应力 - 应变图可确定材料以下性能:

(1) 弹性 材料受外力作用时产生变形, 当外力去掉后能恢复其原来形状的性能, 称为弹性。材料产生完全弹性变形时所能承受的最大应力称为弹性极限, 用 σ_e 表示。

(2) 刚度 材料在受力时抵抗弹性变形的能力称为刚度。在弹性范围内, 应力与应变的比值称为弹性模量, 它相当于引起单位变形时所需要的应力, 用符号 E 表示。弹性模量愈大, 表示在一定应力作用下能发生的弹性变形愈小, 也就是刚度愈大。

弹性模量的大小主要取决于材料本身, 同一类材料中弹性模量的差别不大, 例如钢和铸铁的弹性模量基本一样。钢可通过热处理来改变组织, 使强度和硬度发生很大的变化, 但是弹性模量不会发生明显的变化, 所以弹性模量被认为是材料最稳定的性质之一。

(3) 强度 强度是指材料在载荷作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。根据载荷性质不同, 强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。在工程上常见的强度指标是屈服强度和抗拉强度。

屈服强度是材料发生屈服现象时的屈服极限, 亦即抵抗微量塑性变形的应

力,用 σ_s 表示。屈服强度也称屈服点。

抗拉强度是材料在拉断前所能承受的最大应力,以 σ_b 表示。

材料不能在超过其屈服强度 σ_s 下工作,否则会引起机件塑性变形;材料也不能在超过其抗拉强度下工作,否则会导致机件破坏。

(4) 塑性 塑性是指金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不被破坏的能力,通常用断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 表示。

① 断后伸长率 伸长率是指试样被拉断后标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比,用符号 δ 表示,即

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中: l_0 ——试样原始标距长度,mm;

l_k ——试样被拉断后的标距长度,mm。

② 断面收缩率 断面收缩率是指试样被拉断后,缩颈处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,即

$$\psi = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

式中: S_0 ——试样原始横截面积,mm²;

S_k ——试样被拉断后缩颈处的最小横截面积,mm²。

塑性的好坏直接影响金属材料能否进行塑性加工。同时,为防止零件在超载时发生突然断裂,也要求材料具有良好的塑性。

二、硬度

硬度是指材料抵抗比它更硬物体压入表面的能力,即抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。工程上材料的硬度值是通过硬度试验测得的,常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度 试验原理见图1-3。用一定直径的硬质合金球做压头,以相应的载荷压入被测材料的表面,保持规定时间后卸去载荷,试样表面上留有一个压痕。

布氏硬度值即为压痕单位面积上所承受载荷的大小,用符号HBW表示:

$$HBW = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1.3)$$

式中: F ——试验载荷,N;

D ——压头直径,mm;

d ——压痕直径, mm。

布氏硬度值可通过测量 d 按公式求出,也可根据 d 查布氏硬度表得到。布氏硬度习惯上不标单位。

由于布氏硬度试验的压痕面积较大,不受微小不均匀硬度的影响,因此数据稳定、重复性好,但压痕大,不适宜测试成品零件和薄件。布氏硬度主要用于测量铸铁、有色金属、结构钢等材料。

(2) 洛氏硬度 其试验原理如图 1-4 所示。用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 淬火钢球或硬质合金球做压头,在一定试验载荷作用下压入被测材料表面,形成压痕。洛氏硬度是用压头压入的压痕深度表示被测材料的硬度值,用符号 HR 表示。洛氏硬度值可直接从硬度计的表盘上读出。

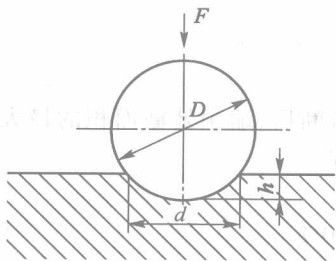


图 1-3 布氏硬度试验原理

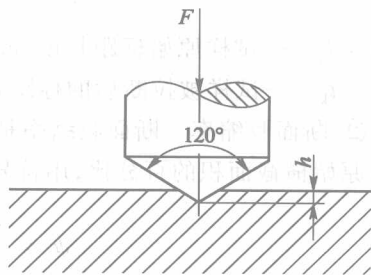


图 1-4 洛氏硬度试验原理

根据所用压头和试验载荷的不同,常用的洛氏硬度有 HRA、HRB、HRC 三种。

洛氏硬度可以用于测试硬度很高的材料,而且压痕很小,几乎不损伤工件表面,故在钢件热处理质量检查和成品件、薄件的检查中应用最多。但由于压痕小,硬度值的代表性差些,如果组织中有不均匀情况,则重复性也差,需在试样不同部位测定三点,取其平均值。

三、冲击韧度

材料在冲击载荷作用下抵抗断裂的能力称为冲击韧度。现在常用一次摆锤冲击试验来测定材料的冲击韧度。用断口处单位截面积上的冲击功表示冲击韧度。

冲击韧度值的大小不仅取决于材料本身,还受到诸多因素(如试样形状尺寸、表面粗糙度、加载速度及环境温度)的影响,因此冲击韧度一般只作为设计与选材的参考依据,不直接用于强度计算。

四、疲劳强度

在实际生产中,许多机械零件(如齿轮、曲轴、连杆、弹簧等)都是在交变载

荷下工作的,在长时间交变载荷的作用下,有些零件会在应力远远小于屈服强度时发生突然断裂,这种现象称为疲劳。

疲劳强度是指金属材料经无数次交变载荷作用仍不断裂的最大应力。当循环应力对称时,疲劳强度用 σ_{-1} 表示。一般当钢铁材料应力循环次数达到 10^7 次,有色金属应力循环次数达到 10^8 次材料仍不断裂,则此时的最大应力可作为钢铁和有色金属的疲劳强度。

第二节 金属材料的组织与性能

一、金属的晶体结构

金属固体都是晶体,晶体的原子是按一定规则排列的,而非晶体的原子则是无规则排列的。

晶体中原子排列情况如图 1-5a 所示,它是晶体中原子在空间堆积的球体模型。用这种模型很难看清晶体内部原子的排列规律和特点。为便于表明晶体内部原子的排列规律,可把每个原子看成一个点,用假想的直线将这些点连接起来,便形成一个空间格子,称为晶格(图 1-5b),晶格中线的交点称为结点,结点代表原子在晶体中的平衡位置,每个结点都具有完全相同的周围邻点,各个方位的原子平面称为晶面。晶格可以看成是由一层一层的晶面堆积而成的。晶格的最小几何单元称为晶胞(图 1-5c)。晶胞在三维空间的重复排列构成晶格并形成晶体。用晶胞可以描述晶格、晶体结构,所以研究晶体结构就在于考查晶胞的基本特性。

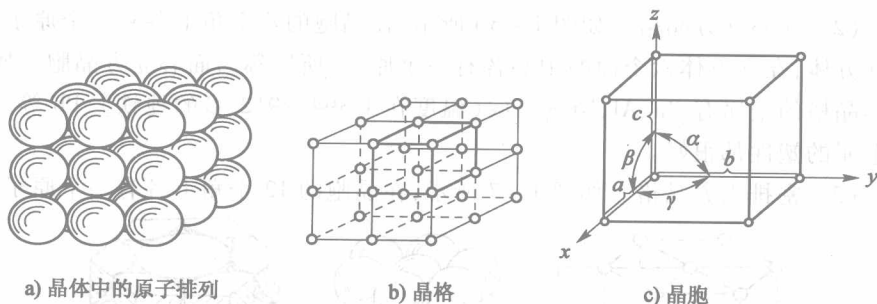


图 1-5 原子排列、晶格、晶胞

在三维空间中,晶胞的几何特征可以用晶胞的三条棱边长 a 、 b 、 c ,三条棱边之间的夹角 α 、 β 、 γ 六个参数来描述。其中 a 、 b 、 c 称为晶格常数,其大小以 $\text{\AA}$ (埃)来度量($1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$)。

大多数金属都具有比较简单的晶体结构,最常见和最典型的晶格类型有下列三种:

(1) 体心立方晶格 如图 1-6a 所示,在晶胞的八个角上各有一个原子,构成立方体。在立方体中心还有一个原子,所以称为体心立方晶胞。

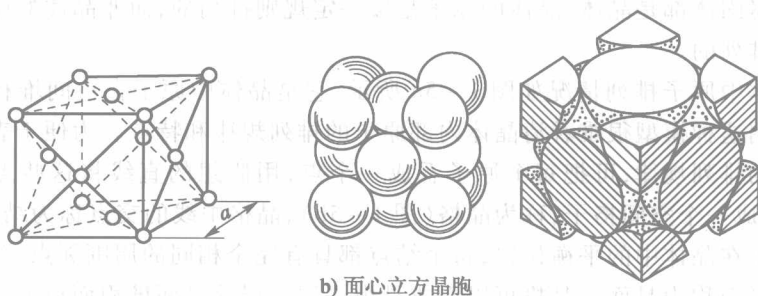
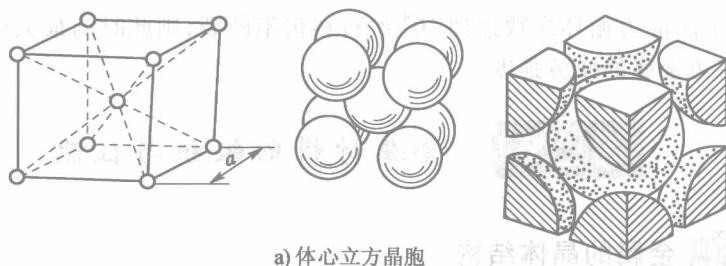


图 1-6 体心立方晶胞和面心立方晶胞

属于这一类晶格的金属有 Cr、Mo、W、V 和 α -Fe 等。这类金属一般都具有相当大的强度和较好的塑性。

(2) 面心立方晶格 如图 1-6b 所示,在晶胞的八个角上各有一个原子,构成立方体,在立方体六个面的中心各有一个原子,所以称为面心立方晶胞。属于这类晶格的金属有 Cu、Al、Ni、 γ -Fe(温度在 1 394 ~ 912 $^{\circ}\text{C}$ 的纯铁)、Pb 等。这类金属的塑性都很好。

(3) 密排六方晶格 如图 1-7 所示,在晶胞的 12 个角上各有一个原子,构

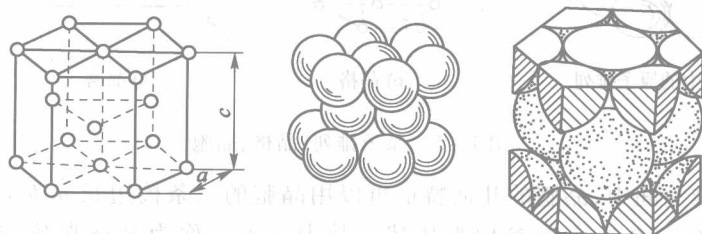


图 1-7 密排六方晶胞

成六方柱体,上、下底面中心各有一个原子,晶胞内部还有三个原子,所以称为密排六方晶胞。属于这类晶格的金属有 Mg、Be、Zn、Cd 等。

各种金属晶体结构的主要差别就在于晶格类型和晶格常数的不同。

二、金属的结晶

1. 结晶的概念

在一定条件下金属的三态可以互相转化。按照目前的生产方法,工程上使用的金属材料通常都要经历液态和固态的加工过程。金属的凝固叫做结晶,凝固的结果是获得固态晶体金属。

纯金属的结晶是在一定温度下进行的。它的结晶过程可以用冷却曲线来表示,图 1-8 是纯金属的冷却曲线示意图,冷却曲线是温度随时间变化的曲线,是用热分析法作出的。

从图 1-8 可以看到,冷却曲线有一水平线段,这就是实际结晶温度。因为结晶放出凝固热,温度不再下降,所以线段是水平的。实际结晶温度低于理论结晶温度或熔点,液态金属冷却到理论结晶温度以下才开始结晶的现象,叫做过冷。而理论结晶温度与实际结晶温度之差,叫做过冷度。过冷度的大小与金属的本性和液态金属的冷却速度有关。冷却速度愈大,则金属的实际结晶温度愈低,因而过冷度愈大。液态金属以极其缓慢的速度冷却时,金属将在近于理论结晶温度时结晶,这时的过冷度接近零。

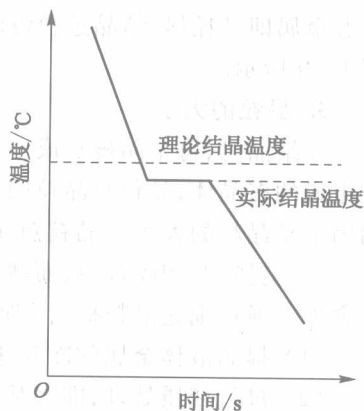


图 1-8 金属的冷却曲线

2. 金属的结晶过程

结晶是依靠两个密切联系的基本过程来实现的。第一,先在液体内部生成一批极小的晶体作为结晶中心或晶核;第二,这些晶核逐渐长大,并发展到整个液体。

晶核的形成,一方面可能是由于液态金属中有一些原子自发地聚集在一起,按金属晶体的固有规律排列起来而形成,这种晶核叫做自发晶核;另一方面也可能是由于液态金属中的杂质,杂质的存在常常能够促进晶核在其表面上形成,这种晶核叫做非自发晶核。

自发晶核和非自发晶核是同时存在的,都是结晶过程中晶核生长和发展的基础。在实际纯金属和合金中,非自发晶核比自发晶核更重要,往往起优先和主导的作用。

晶核生成以后,随即是晶核的长大。当晶核出现后,液态金属的原子就以它为中心,按一定的几何形状不断地排列起来,形成晶体。晶体沿着各个方向生长的速度是不均匀的,它主要是沿生长线速度最大的方向发展,这样就形成了晶轴。晶轴继续长大,并在其上长出许多小晶轴,发展成为树枝状,这是结晶初期常见的形状。

在晶体成长的同时,新的晶核又陆续出现,它们也同样形成晶体。这样,就有许多晶体同时在不同方向上长大,当它们长大到与相邻的晶体互相抵触时,这个方向的长大便停止了。当全部长大的晶体都互相抵触时,液态金属即已耗尽,结晶过程也就完成了,如图 1-9 所示。

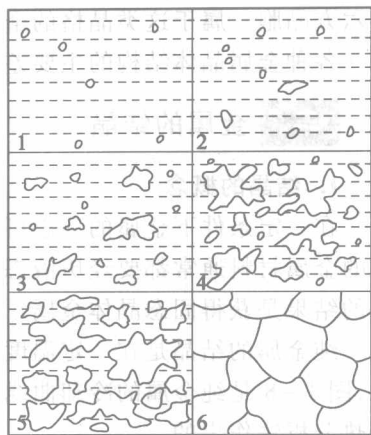


图 1-9 结晶过程

3. 晶粒的大小

在结晶时,每个晶核长成一个晶粒。实际金属结晶的结果,是获得由大量晶粒组成的多晶体,晶粒与晶粒的边界称为晶界。对于纯金属,决定性能的主要结构因素是晶粒的大小。晶粒愈小,晶界愈多,由于晶界处的晶格排列方向不一致,犬牙交错、互相咬合,从而增加了金属的结合力,故金属的晶粒愈小,力学性能愈好。通过细化晶粒提高金属性能的主要途径是:

(1) 提高液体金属的冷却速度增大过冷度。

(2) 进行变质处理,即将某些高熔点的物质加入熔融的金属内,这些物质的质点起着非自发晶核的作用,等于增加了晶粒的数目,从而相应地减小了晶粒的尺寸。

此外,还可以采用热处理和塑性加工的方法,使固态金属的粗晶粒细化。

三、金属的同素异构转变

多数金属在结晶后的晶格类型都保持不变,但有些金属(如铁、锡、钛、锰等)的晶格类型因温度而异。金属在固态下改变其晶格类型的过程称为金属的同素异构转变,这一转变与液态金属的结晶过程很相似,也包括晶核的形成和晶核的成长两个阶段,又称为重结晶。

图 1-10 是铁的冷却曲线。在 $1538 \sim 1394^{\circ}\text{C}$ 时,铁为体心立方晶格,称为 δ 铁;在 $1394 \sim 912^{\circ}\text{C}$ 时,铁为面心立方晶格,称为 γ 铁;在 912°C 以下时,铁又为体心立方晶格,称为 α 铁。其转变过程可概括如下:

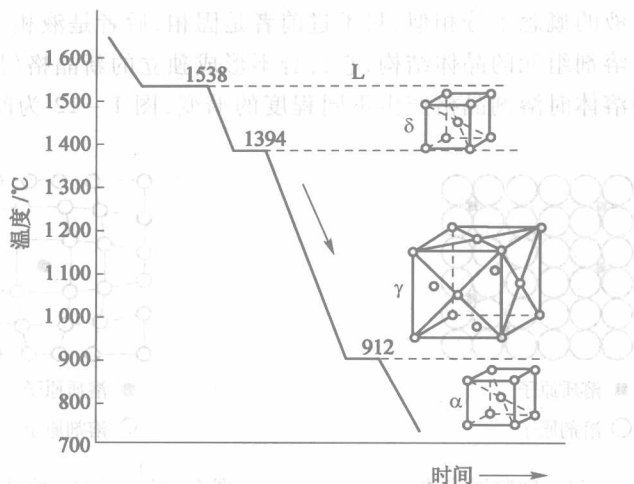
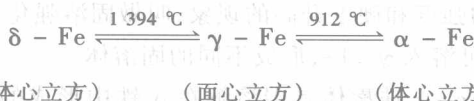


图 1-10 铁的同素异构转变



铁的同素异构性质也影响到钢,钢在冷却时 γ 铁同样转变为 α 铁。钢所以能够通过热处理改变其性能,与铁的同素异构转变有关。

四、铁碳合金

合金是指由一种金属元素与其他金属元素或非金属元素组成的具有金属特性的物质。组成合金的独立的、最基本单元称为组元。通常,合金的组元就是组成合金的元素。铁碳合金是以铁和碳为组元的二元合金,是机械制造中应用最广泛的金属材料。

在纯金属或合金中,具有相同的化学成分、晶体结构和物理性能并与其他部分以界面分开的均匀组成部分称为“相”。例如纯铜在熔点温度以上或以下,分别为液相或固相,而在熔点温度时则为液、固两相共存。合金在固态下,可以形成均匀的单相组织,也可以形成由两相或两相以上组成的多相组织,这种组织称为两相或复相组织。“组织”是泛指用金相观察方法看到的由各相晶粒的形态、数量、尺寸和分布方式组成的关系和构造情况。

1. 铁碳合金的基本组织

铁碳合金存在各种不同的固相,根据固相结构的基本特点,可分为固溶体、金属化合物和机械混合物三种类型。

(1) 固溶体 固溶体是指溶质组元溶于溶剂晶格中而形成的单一均匀固