

高等学校试用教材

金属工艺学

(1981年修订版)

上册

邓文英 主编

人民教育出版社

高等学校试用教材

金 属 工 艺 学

(1981年修订版)

上 册

邓文英 主编

人 民 教 育 出 版 社

内 容 简 介

本书是在1964年出版的由邓文英主编的《金属工艺学》一书基础上,根据1980年5月教育部金属工艺学教材编审小组扩大会议审订的机械类专业试用的“金属工艺学教学大纲(草案)”修订改编而成的。修订时注意了与实习教材之间的配合,对部分内容作了更新与充实,在各篇章之后增加了复习思考题。

全书共五篇,分两册出版。上册包括四篇:金属性质;铸造;压力加工;焊接。下册一篇:金属切削加工。

本书可作为高等工业学校机械类专业《金属工艺学》课程的试用教材,也可供厂办工人大学和有关工程技术人员参考。

高等学校试用教材

金 属 工 艺 学

(1981年修订版)

上 册

邓文英 主编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

齐齐哈尔第一印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 272,000

1964年10月第1版

1981年2月第2版 1981年6月第6次印刷

印数 00,001—~~04~~,500

书号 15012·0309 定价 1.05 元

序

本书是在 1964 年出版的《金属工艺学》一书基础上, 根据 1980 年 5 月教育部金属工艺学教材编审小组扩大会议审订的机械类专业试用的“金属工艺等教学大纲(草案)”修订改编而成的。本书可作为高等工业学校机械类专业用的教材。

为了贯彻新大纲的基本要求, 书中有些篇章与前一版的教材相比, 体系和内容都有所不同。现作如下三点说明, 供在教学中参考:

1. 本书各部分内容占的学时数, 建议作如下分配:

绪论……………0.5~1 学时;

金属性质……………7~8 学时;

铸造……………12 学时左右;

压力加工……………10 学时左右;

焊接……………10 学时左右;

切削加工……………27 学时左右。

此外, 尚有 2~3 机动学时可用作课堂讨论或实验。

2. 本门课程的课堂讲授是在教学实习的基础上进行的。因此, 本书在编写时, 已与“金属工艺学实习教材”作了必要的分工和配合。凡在教学实习中可以学到的知识, 本书叙述时或略去或从简, 尽力避免简单重复。但在采用本书时, 希望结合各校的具体情况, 参考 1980 年新大纲的内容, 在讲授时可对本书内容作必要的调整或增删。

3. 为了便于学生进行复习, 本书各章附有一些复习题, 其中有概念题、思考题和少数作业题。目的在于学生能通过独立思考、分析问题和解决问题的过程, 巩固和掌握所学到的基本知识。这项内容在教学大纲中原无要求, 只是我们的初步尝试, 所列题目亦仅供参考。复习题一般应在课外完成, 如何安排, 可由任课教师根据实际情况进行布置。

本书由邓文英(第一篇及绪论)、郭晓鹏(第二篇)、裴兴华(第三篇)、高广安(第四篇)、张力真(第五篇)执笔改编, 由邓文英担任主编。本书上册四篇分别由浙江大学黄振源(第一、二篇)、西安交通大学孙成璠(第三篇及绪论)、吉林工业大学何发昌(第四篇)等同志审阅; 下册第五篇则由大连工学院罗胜初、北京钢铁学院陈端树和上海交通大学孙以安三同志审阅; 并于 1980 年 11 月在无锡召开的教育部金属工艺学教材编审小组审稿会上定稿。

由于编者理论水平和教学经验所限, 本书难免有谬误或欠妥之处, 敬希各校教师和读者提出批评和建议, 共同搞好本门课程的教材建设工作。

主 编 者

1981

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 金属材料性质

第一章 金属及合金的主要性能	3
§1 金属及合金的机械性能	3
§2 金属及合金的物理、化学及工艺性能	7
第二章 金属的结晶和合金的构造	9
§1 金属的晶体结构	9
§2 金属的结晶过程和同素异晶转变	10
§3 合金的结构	12
§4 二元合金状态图的概念	13
第三章 铁碳合金	15
§1 铁碳合金的基本组织	15
§2 铁碳合金状态图	16
§3 钢的分类和应用	19
第四章 钢的热处理概念	23
§1 热处理过程中钢的组织转变	23
§2 钢的热处理工艺和分类	25

第二篇 铸 造

第一章 砂型铸造工艺	30
§1 型砂及型芯砂	30
§2 各种造型方法的特点和应用	32
§3 铸造工艺图的制定	36
第二章 合金的铸造性能	46
§1 合金的流动性	46
§2 合金的收缩	48
第三章 常用合金铸件的生产	56
§1 铸铁件生产	56
§2 铸钢件生产	63

§ 3 铜、铝合金铸件生产	67
第四章 铸件结构设计	71
§ 1 铸件结构与铸造工艺的关系	71
§ 2 铸件结构与合金铸造性能的关系	75
§ 3 组合铸件的应用	79
第五章 特种铸造	82
§ 1 熔模铸造	82
§ 2 金属型铸造	84
§ 3 压力铸造	85
§ 4 离心铸造	87
§ 5 其他特种铸造方法	88

第三篇 金属压力加工

第一章 金属的塑性变形	95
§ 1 金属塑性变形的实质	95
§ 2 塑性变形后金属的组织 and 性能	95
§ 3 金属的可锻性	98
§ 4 加热对可锻性的影响	99
第二章 自由锻	102
§ 1 自由锻设备	102
§ 2 自由锻的基本工序	105
§ 3 自由锻件结构工艺性	105
§ 4 自由锻工艺规程的制定	105
§ 5 合金钢锻造特点	109
第三章 模锻	112
§ 1 锤上模锻	112
§ 2 胎模锻	120
§ 3 其他设备上的模锻	122
第四章 板料冲压	128
§ 1 冲压设备	128
§ 2 板料冲压基本工序	129
§ 3 冲模的分类和构造	133
§ 4 板料冲压件结构工艺性	134
第五章 压力加工先进工艺简介	137
§ 1 精密模锻	137
§ 2 零件的轧制	138
§ 3 零件的挤压	139

第四篇 焊 接

第一章 熔化焊	145
§ 1 手工电弧焊的焊接过程	145
§ 2 手工电弧焊的冶金特点	146
§ 3 电焊条	147
§ 4 焊接接头金属组织与性能的变化	149
§ 5 焊接应力与变形	151
§ 6 埋弧自动焊	155
§ 7 气体保护焊	157
§ 8 电渣焊	159
§ 9 等离子弧焊接与切割	161
§ 10 电子束焊接	162
§ 11 激光焊接	163
第二章 压力焊与钎焊	166
§ 1 电阻焊	166
§ 2 摩擦焊	169
§ 3 钎焊	170
第三章 常用金属材料的焊接	171
§ 1 金属材料的可焊性	171
§ 2 碳钢及合金钢的焊接	172
§ 3 铸铁的焊补	175
§ 4 有色金属的焊接	176
第四章 焊接结构设计	178
§ 1 焊接结构件材料的选择	178
§ 2 焊接方法的选择	179
§ 3 焊接接头型式设计	179
§ 4 焊接结构工艺性	182
§ 5 焊接结构工艺设计	182
第五章 焊接检验	186
§ 1 焊接接头的缺陷	186
§ 2 焊接质量检验	187

绪 论

金属工艺学是一门研究有关制造金属机件的工艺方法的综合性技术科学。它主要研究：各种工艺方法本身的规律性及其在机械制造中的应用和相互联系；金属机件的加工工艺过程和结构工艺性；常用金属材料的有关性能。

常用以制造金属机件的基本工艺方法有下列几种：铸造、压力加工、焊接、切削加工和热处理。在机械制造过程中，通常是先用铸造、压力加工或焊接等方法，制成毛坯，再进行切削加工，然后得到所需的零件。而且为了改善零件的某些性能，常要经过热处理。最后将制成的各种零件加以装配，即成为机器。

金属工艺学是在生产实践中发展起来的。我国人民在冶铸技术和机械制造工艺方面早就有了卓越的成就。在春秋时期，我国已用铸铁作农具，比欧洲国家早一千八百多年。至于青铜的应用，历史更久，1939年在河南安阳武官村出土的司母戊大方鼎，是商代的大型铜铸件之一。鼎重875公斤，其上花纹很精致。

在战国的时候，制剑技术已相当高明，可见我国当时已掌握了锻造和热处理技术。

唐朝(约公元七世纪)时，锡焊和银焊已被应用，而欧洲则直到十七世纪才出现这种钎焊方法。

早在汉朝，我国已有金属的机件。在湖南衡阳出土的东汉人字齿轮，制造得相当精致。到了明朝，我国已经具有多种简易的切削加工设备。1668年我国曾经应用直径近2丈的嵌齿铣刀，由牲畜带动旋转，用以加工天文仪器上的铜环。

明朝宋应星所著《天工开物》一书，内载有冶铁、铸钟、锻铁、淬火等各种金属加工方法。它是世界上有关金属工艺的最早的科学著作之一。

中华人民共和国成立之后，机械制造业得到了迅速的蓬勃发展。建立了拖拉机、汽车、造船、航空、重型机械、精密机床、精密仪表等许多现代工业，为农业、工业、国防和科学研究提供了必需的设备和装备，促进了国民经济的发展。我国人造地球卫星和洲际弹道导弹的制造和发射成功，也与机械制造工艺的发展密切相关。由此可见，机械制造业在实现四个现代化的进程中负担着重大的任务。

在高等工业学校中，金属工艺学是一门综合性的技术基础课。其目的和任务是使学生了解常用金属材料的性质及其加工工艺的基础知识，为学习其它有关课程及以后从事机械设计和制造方面的工作，奠定必要的金属工艺学的基础。

学习本课程的基本要求是：

- (1) 了解常用金属材料的一般性质、应用范围和选择原则；
- (2) 初步掌握各种主要加工方法的实质、工作特点和基本原理，并具有选择毛坯和零件加工

方法的基本知识;

(3) 了解各种主要加工方法的设备和工具的工作原理、大致结构和应用范围;

(4) 初步掌握零件的结构工艺性和常用金属材料的工艺性。

本教材的内容应该在教学实习之后进行讲授, 即在学生通过教学实习获得感性知识的基础上进行。因为在学习本课程之前, 学生一般缺少机器生产的实际知识, 对机械制造的生产过程了解不多。所以学生要学好本课程, 首先要认真搞好教学实习。通过教学实习, 熟悉金属材料的主要加工方法、所用设备和工具, 对主要工种具有一定的操作能力, 并对零件和毛坯的加工工艺过程应有一般的了解。在这样的基础上学习本教材, 才可以达到本课程的预期目的和要求。

第一篇 金属材料性质

金属材料是制造机器的最主要的材料。金属材料在机器制造工业中获得广泛的应用, 主要是由于它具有制造机器所需要的物理、化学和机械性能; 并且可以用较简便的工艺方法加工成适用的机器零件, 亦即具有所需要的工艺特性。

在机器制造中所用的金属材料以合金为主, 很少使用纯金属, 原因是合金常比纯金属具有更好的机械性能和工艺性能, 而且成本一般较低。只有在为了满足机器上的某些特殊性能的要求时, 才考虑使用纯金属来制造机器零件。

合金是以一种金属为基础, 加入其他金属或非金属, 经过熔合而获得的具有金属特性的材料。最常用的合金, 有以铁为基础的铁碳合金, 如碳素钢、合金钢、灰口铸铁等; 此外, 还有以铜或铝为基础的铜合金和铝合金, 如青铜、黄铜、硅铝明等。

用来制造机器零件的金属及合金, 应具有优良的机械性能和工艺性能, 较好的化学稳定性和一定的物理性能。因此, 在设计机器零件时, 必须首先熟悉金属及合金的各种主要性能, 才能根据零件的技术要求, 合理地选用所需的金属材料。

第一章 金属及合金的主要性能

§1 金属及合金的机械性能

金属及合金的机械性能在这里是指力学性能而言, 即受外力作用时所反映出来的性能。它是衡量金属材料的极其重要的标志。金属及合金的机械性能主要有: 弹性、塑性、强度、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

一、弹性和塑性

金属材料在外力作用下都会或多或少地产生变形。在使用金属材料时, 除了变形的程度外, 更值得注意的是当外力去掉后, 变形能否恢复原状和恢复原状的程度, 这两者反映了金属材料的弹性和塑性。

金属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, 叫做弹性。这种随着外力消失而消失的变形, 叫做弹性变形。

金属材料在外力作用下, 产生永久变形而不致引起破坏的性能, 叫做塑性。在外力消失后留下来的这部分不可恢复的变形, 叫做塑性变形。

金属及合金是一种既具有弹性又具有塑性的材料。其弹性和塑性的表现,常常是有条件的。在室温和一般载荷的条件下,如果外力的作用时间不太长,则某种金属及合金在作用力达到某一定值以前,变形是弹性的,超过此值,变形是塑性的。

将金属材料制成如图 1-1 所示的标准试样(形状及尺寸已列入国家标准),在材料试验机上对其两端施加轴向静拉力 P ,试样产生变形。若将试样从开始直到断裂前所受的拉力 P ,与其所对应的伸长 Δl 绘成曲线,可得拉伸图。它反映金属材料在拉伸过程中的弹性变形、塑性变形直至断裂的全部力学特性。图 1-2 是普通低碳钢的拉伸图。

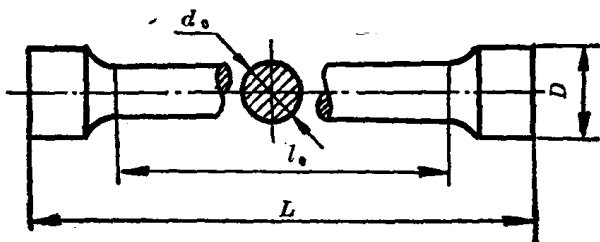


图 1-1 拉伸试样

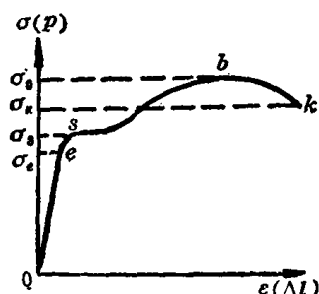


图 1-2 普通低碳钢拉伸图

拉伸图与试样尺寸有关。因此,可分别以应力 σ (单位截面上的拉力, $\frac{P}{\pi d_0^2}$) 和应变 e (单位长度上的伸长量, $\frac{\Delta l}{l_0}$) 来代替 P 和 Δl 。由此绘成的曲线叫做应力—应变图,它和拉伸图具有相同的形式。

从图 1-2 可知,当载荷未达到 e 点以前,试样只产生弹性变形。故 σ_e 为材料所能承受的、不产生永久变形的最大应力,叫做弹性极限。当载荷超过 e 点时,试样开始产生永久变形,即塑性变形。当载荷继续增加到 S 点时,试样所承受的载荷虽不再增加,仍继续产生塑性变形,图上出现水平线段,这种现象叫做屈服, S 点就叫做屈服点。它是金属材料从弹性状态转向塑性状态的标志。当开始出现明显的塑性变形时的应力叫做屈服极限,通常用 σ_s 来表示。有些金属材料在拉伸图中没有明显的水平线段,它的屈服极限很难测定,通常规定产生 0.2% 塑性变形时的应力作为屈服极限,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。当载荷继续增加至 b 点时,试样截面出现局部变细的缩颈现象,因为截面变小,载荷也就下降,至 K 点时试样被拉断。 b 点的拉力是试样在拉断前所能承受的最大载荷。

金属材料的塑性通常用延伸率来表示,即

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

式中 δ ——延伸率;

l_0 ——试样原长度, mm;

l ——试样受拉伸断裂后的长度, mm。

金属材料的塑性也可用断面收缩率 ψ 来表示,即

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\%.$$

式中 F_0 和 F 分别表示试样原来的和断裂后的截面积。

δ 或 ψ 愈大, 则塑性愈好。良好的塑性是金属材料进行塑性加工的必要条件。

二、强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的一种性能, 也就是抵抗外力而不致失效的能力。按照作用力性质的不同, 可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。在工程上常用来表示金属材料强度的指标有屈服强度和抗拉强度。

屈服强度就是金属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。它可按下式计算:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ Pa (帕斯卡)}$$

式中 P_s ——试样产生屈服现象时所承受的最大外力, N(牛顿);

F_0 ——试样原来的截面积, m^2 。

抗拉强度就是金属材料在拉断前所能承受的最大应力, 常以 σ_b 来表示。它可按下式计算:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ Pa}$$

式中 P_b ——试样在断裂前的最大拉力, N;

F_0 ——试样原来的截面积, m^2 。

屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 在设计机械和选择、评定金属材料时有重要意义, 因为金属材料不能在超过其 σ_s 的条件下工作, 否则会引起机件的塑性变形; 金属材料也不能在超过其 σ_b 的条件下工作, 否则会导致机件的破坏。

三、硬度

金属材料抵抗更硬的物体压入其内的能力, 叫做硬度。它是材料性能的一个综合的物理量, 表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或破断的能力。

金属材料的硬度可用专门仪器来试验, 常用的有布氏硬度机和洛氏硬度机。

布氏硬度机的原理是用一定直径的淬火钢球, 在一定压力 P 下, 将钢球垂直地压入金属材料表面, 并保持压力至规定的时间后卸荷, 测得压痕的直径。然后根据所用压力的大小和所得压痕面积, 算出压痕表面所承受的平均应力值。这个应力值叫做布氏硬度, 用符号 HB 表示, 即

$$\text{HB} = \frac{P}{F} \text{ Pa}$$

式中 P ——所加压力, N;

F ——所得压痕面积, m^2 。

由于钢球直径和压力 P 都是已知的, 根据钢球直径和压痕直径就可以求出 F , 所以在试验时只要用放大镜测得压痕直径, 就可以直接查表得到 HB 值, 一般只标出其大小而不注明单位。

洛氏硬度机也是利用压力将坚硬的压头压入金属表面的原理, 但它不是根据压痕的直径, 而

是根据压痕的深度来计算硬度。所用的压头和载荷，也和布氏硬度机不同。例如洛氏硬度机有一种压头是顶角为 120° 的金刚石圆锥，用以试验较硬的材料。这种压头在 150 kg 载荷下测得的硬度值(可直接由硬度机的刻度盘上读取)，叫做洛氏硬度，用符号 HRC 表示。HRC 的数值愈大，则硬度愈高。

由于采用不同压头和载荷相配合，洛氏硬度试验还有其他的标度，如 HRA、HRB 等。HRC 洛氏硬度机以金刚石为压头，可以试验硬度很高的材料，而且压痕很小，几乎不损伤工件表面，故在钢铁热处理质量检查中应用最多。

布氏硬度与洛氏硬度可以利用特制的表格互相进行换算。

由于硬度反映金属材料在局部范围内对塑性变形的抗力，故硬度与强度之间有一定的关系，下列经验数据可供参考：

低碳钢	$\sigma_b = 0.36HB$
高碳钢	$\sigma_b = 0.34HB$
调质合金钢	$\sigma_b = 0.325HB$
灰铸铁	$\sigma_b \approx 0.1HB$

四、冲击韧性

有些机器零件和工具在工作时要受到冲击作用，如蒸汽锤的锤杆、柴油机的曲轴、冲床的冲头等。由于瞬时的外力冲击作用所引起的变形和应力，比静载荷的大得多，因此，在设计受冲击载荷的零件和工具时，必须考虑所用材料的冲击韧性。

金属材料抵抗冲击载荷的能力，叫做冲击韧性。现在常用一次摆锤弯曲冲击试验来测定金属材料的冲击韧性，即把标准冲击试样(见 GB229-63)一次击断，就用试样缺口处单位截面积上的冲击功来表示冲击韧性，即

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} \text{ J/m}^2$$

式中 α_k ——冲击值；

A_k ——折断试样所消耗的冲击功，J；

F ——试样缺口处的原始截面积， m^2 。

对于脆性材料(如铸铁、工模具钢等)，作冲击弯曲试验时，试样一般不开缺口，因为开了缺口的试样冲击值太低，难以比较不同材料冲击性能的差异。

冲击值的大小与很多因素有关，不仅受试样形状、表面光洁度、内部组织等的影响，还与试验时周围温度有关。因此，冲击值一般作为选择材料的参考，不直接用于强度计算。

必须指出，在冲击载荷下工作的机器零件，很少是受大能量一次冲击而破坏的；往往是受小能量多次重复冲击而破坏的。因此，在一次冲断条件下确定冲击韧性，虽然方法简便，且其冲击值对于判别金属材料抵抗大能量冲击能力方面有一定的作用；但是对于大多数在工作中承受小能量重复冲击的机件来说，就不够适合。不过，试验研究表明：在冲击能量不太大的情况下，金属材料承受多次重复冲击的能力，主要决定于强度，而不是要求过高的冲击韧性，这时强度较高

而冲击韧性较低的材料寿命较长。例如球墨铸铁的冲击韧性仅为 150 kJ/m^2 ，只要强度足够，就能满意地用来制造柴油机曲轴。

五、疲劳强度

在机械中有许多零件，如曲轴、齿轮、连杆、弹簧等，是在交变载荷的作用下工作的。这种受交变应力的零件，发生断裂时的应力，远低于该材料的屈服强度，这种现象叫做疲劳破坏。据统计，约有 80% 的机件失效都可归咎于疲劳破坏。

当金属材料在无数次重复交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力，叫做疲劳强度。实际上不可能进行无数次试验，故各种金属材料应有一定的应力循环基数。拿钢材来说，如应力循环次数达 10^7 次仍不发生疲劳破坏，就认为不会再发生疲劳破坏，所以钢材以 10^7 为基数。有色金属和某些超高强度钢则常取 10^8 为基数。

产生疲劳破坏的原因，一般认为是由于材料有夹杂、表面划痕及其他能引起应力集中的缺陷，而导致微裂纹的产生。这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展，致使零件不能承受所加载荷而突然破坏。

为了提高零件的疲劳强度，除改善其结构形状，避免应力集中外，还可采取表面强化的方法，如提高零件表面的加工光洁度，对零件表面进行喷丸处理、表面淬火等。

§2 金属及合金的物理、化学及工艺性能

一、物理性能

金属及合金的主要物理性能有比重、熔点、热膨胀性、导热性和导电性等。由于机器零件的用途不同，对于其物理性能的要求也有所不同，例如飞机零件要选用比重小的铝合金来制造；又如在设计电机、电器的零件时，常要考虑金属材料的导电性等。

金属材料的一些物理性能对于热加工工艺还有一定的影响。例如高速钢的导热性较差，在锻造时就应该用很低的速度来进行加热，否则会产生裂纹；又如锡基轴承合金、铸铁和铸钢的熔点各不相同，在铸造时三者的熔炼工艺就有很大的不同。

二、化学性能

它是金属及合金在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力，主要是指抵抗活泼介质的化学侵蚀的能力，如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

对于在腐蚀介质中或在高温下工作的零件，比在空气中或室温下的腐蚀更为强烈。在设计这类零件时，应特别注意金属材料的化学性能，并采用化学稳定性良好的合金。如化工设备、医疗机械等可采用不锈钢。

三、工艺性能

工艺性能乃是物理、化学、机械性能的综合。按工艺方法的不同，可分为铸造性、可锻性、可焊性和切削加工性等。

在设计零件和选择工艺方法时，都要考虑金属材料的工艺性能。例如灰口铸铁的铸造性能

很好,切削加工性也较好,所以广泛用来制造铸件。但它的可锻性极差,不能进行锻造,可焊性也较差。低碳钢的可锻性和可焊性都很好;而高碳钢则较差,切削加工性也不好。

各种工艺性能将在以后有关章节中分别介绍。

复 习 题

- (1) 什么叫做应力? 什么叫做应变?
- (2) 将钟表发条拉成一直线,这是弹性变形还是塑性变形? 怎样判别它的变形性质?
- (3) $\sigma_{0.2}$ 的意义是什么? 能在拉伸图上画出 $\sigma_{0.2}$ 吗?
- (4) 为什么冲击值不直接用于设计计算?
- (5) 硬度和抗拉强度之间有没有一定的关系? 为什么?

第二章 金属的结晶和合金的构造

§1 金属的晶体结构

固体物质按其原子排列的特征,可分为晶体和非晶体两种。非晶体的原子作不规则的排列,如松香、玻璃、沥青等。晶体的原子则按一定次序作有规则的排列,如金刚石、石墨及一切固态的金属和合金。晶体中原子排列的情况,如图 1-3, *a*) 所示。

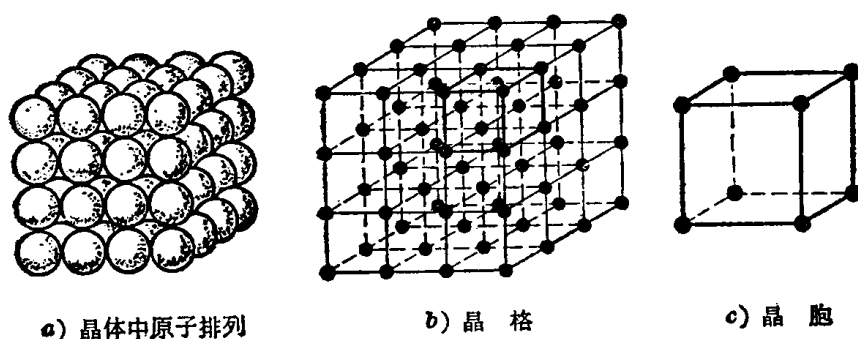


图 1-3 简单立方晶格与晶胞的示意图

为了便于表明晶体内部原子排列的规律,把每个原子看成一个点,把这些点用直线连接起来,便形成一个空间格子,叫做晶格(图 1-3, *b*)。晶格中的每个点叫做结点。各个方位的原子平面叫做晶面。晶格可以看成是由一层一层的晶面堆积而成。晶格的最小单元叫做晶胞(图 1-3, *c*)。它能代表整个晶格的原子排列规律。晶胞中各棱边的长度叫做晶格常数,其大小以 Å(埃) 来度量($1\text{Å} = 10^{-8}\text{cm}$)。

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。金属的晶格有各种不同的形式,最常见的有下面三种类型:

(1) 体心立方晶格(图 1-4, *a*) 原子分布在立方体的各结点和中心处。属于这一类的金属有铬、钼、钨、 α 铁(当温度在 910°C 以下的纯铁)等。这类金属一般都具有相当大的强度和较好

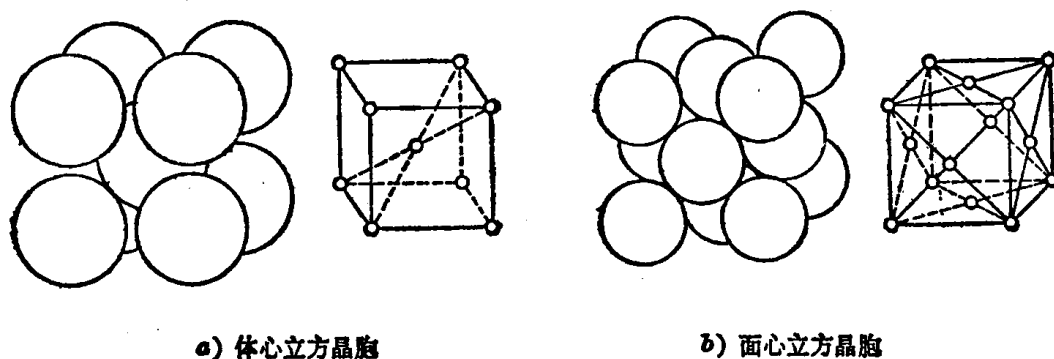


图 1-4 体心立方晶格和面心立方晶格

的塑性。

(2) 面心立方晶格(图 1-4, b) 原子分布在立方体的各结点和各面的中心处。属于这一类的金属有铝、铜、镍、 γ 铁(当温度在 $1390\sim 910^{\circ}\text{C}$ 时的纯铁)等。这类金属的塑性都很好。

(3) 密排六方晶格(图 1-5) 原子分布在六方柱体的各个结点和上下底面中心处各有一个原子,还在上下两个六方面的中间有三个原子。属于这一类的金属有镁、锌、铍等。



图 1-5 密排六方晶胞

晶格中的原子并非静止不动的,而是按一定的振幅在振动着。振幅随温度的升高而增大,原子活动能力也就增强。这对于金属在高温时结构和性能的变化有很大的影响。

§2 金属的结晶过程和同素异晶转变

一、金属的结晶过程

液态金属冷却到凝固温度时,原子由无序状态转变为按一定的几何形状作有序的排列。金属的这种由液体转变为晶体的现象叫做结晶。

纯金属的结晶是在一定的温度下进行的。它的结晶过程可以用冷却曲线来表示,图 1-6 是纯金属的冷却曲线示意图。冷却曲线是温度随时间而变化的曲线,是用热分析法作出的。从图 1-6 可以看到,冷却曲线有一水平线段,这就是实际结晶温度。因为结晶时放出凝固热,温度不再下降,所以线段是水平的。从图中还可以看到实际结晶温度低于理论结晶温度。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,则叫

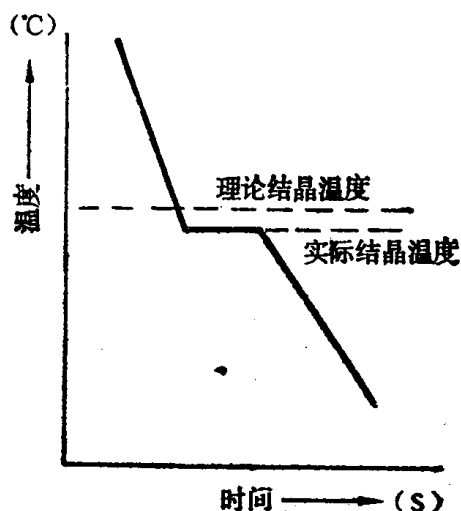


图 1-6 金属的冷却曲线

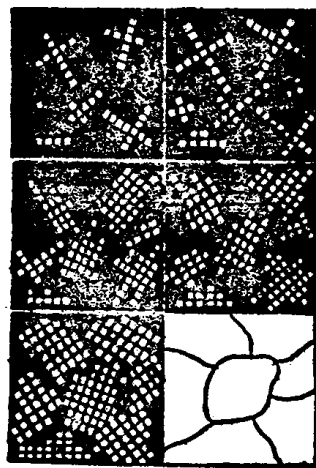


图 1-7 结晶过程示意图