

An abstract graphic design featuring mechanical elements. On the left, a large vertical cylinder is partially visible. In the center, a large gear is shown. To the right of the gear, there is a smaller circular component. Below the gear, a horizontal cylinder is depicted. The background is a mix of dark blue and light beige, with a halftone dot pattern used for shading the mechanical parts.

机械制造基础

颜景平 主编 韩克筠 副主编

中央广播电视大学出版社

JIXIE ZHI ZAO
JI CHU

机 械 制 造 基 础

颜景平 主编 韩克筠 副主编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

机 械 制 造 基 础

颜景平 主编 韩克筠 副主编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张24.5 千字564

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数 1—8000

定价 9.10 元

ISBN 7-304-00641-2/TH·19

内 容 简 介

本书是中央广播电视大学机电专业的基础课教材,是由工程材料、互换性原理与技术测量和金属工艺学三门课程的主要内容组成。书中对材料的选用、毛坯成形、零件加工、质量控制及它们之间的相互联系,作了系统的、完整的介绍,是一本完整的工艺学教材。

本书亦可供大专院校有关专业师生使用,还可作为工程技术人员和自学人员的参考书。

前 言

本书是根据中央广播电视大学 1990 年制定的机电专业《机械制造基础》教学大纲编写的。

本书讲述机械制造中的基础问题,对材料选用、毛坯成形、零件加工、质量控制及它们之间的相互关系,作了系统的、完整的介绍。全书由“工程材料”、“互换性原理与技术测量”和“金属工艺学”三门课程的主要内容组成。它们既具有相对的独立性,又紧密联系、交叉渗透、融为一体、自成系统。这是一本完整的工艺学教材。

工程专科教育以培养应用型高级专门人才为目标,因此,本教材以应用为目的,力求理论与实际、原理与工艺密切结合。深度、广度上以必需、够用为度,着重于对学生能力的培养,学以致用。

本书以成形工艺为主线,阐述基本理论和基本工艺,着重讲述各种加工的工艺性能和零件结构的工艺性能。这些内容分散在各篇章中,学习时应注意其间的联系。

为了适应科学技术和生产力发展的需要,本书介绍了一些新技术、新工艺、新材料,如数控机床、柔性加工、塑料切削加工、零件表面覆层处理、粉末冶金、磁性材料、钢结硬质合金等;在插图方面,也作了部分更新。

近几年来,我国工程材料种类、牌号的国家标准有较多的更新,本书全部采用了国标。

本书于 1990 年 12 月经中央广播电视大学在南京召开的《机械制造基础》审稿会审定通过。参加审稿的有:南京林业大学郝庆凯教授、清华大学李家枢副教授、东南大学杨可桢教授、骆志斌副教授等。由郝庆凯、骆志斌担任正、副主审。会议提出了许多宝贵意见和建议,对提高本书质量起了很大作用,编者在此致以深切的谢意。

参加本书编写的有:东南大学颜景平(引论、第五篇)、韩克筠(第一篇)、陈辉华(第二篇)、光启(第三篇)、南京广播电视大学黄晋国(第四篇)。由颜景平、韩克筠担任正、副主编。

全书文稿和插图由黄晋国整理和编目。

在本书编写过程中,编者所属学校给予大力支持和帮助,马红霞同志曾为本书描图,编者在此一并致谢。

限于编者水平,且时间紧促,谬误、欠妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者 1991.2.

目 录

前言

引论	1
----	---

第一篇 工 程 材 料

第一章 铁碳合金	8
第一节 金属的晶体结构与结晶	8
第二节 合金的晶体结构、二元合金状态图	12
第三节 铁碳合金状态图	16
第四节 碳钢、铸铁	21
第二章 钢的热处理	29
第一节 钢在加热时的相变	30
第二节 钢在冷却时的转变	32
第三节 热处理工艺	36
第四节 钢的表面热处理	45
第五节 表面覆层处理	49
第三章 合金钢	53
第一节 合金元素在钢中的作用	53
第二节 合金钢的分类和编号	55
第三节 合金结构钢	57
第四节 合金工具钢	61
第五节 特殊性能钢	66
第四章 有色金属	71
第一节 铝及铝合金	71
第二节 铜及铜合金	76
第三节 钛及钛合金	80
第四节 滑动轴承合金	81
第五章 其它材料	84
第一节 粉末冶金	84
第二节 陶瓷材料	87
第三节 塑材、橡胶	88
第四节 复合材料	92

第五节 磁性材料	94
第六章 材料的选用	97
第一节 选用材料的原则	97
第二节 典型零件、工具的选材	100

第二篇 毛坯成形方法

第七章 铸造	105
第一节 铸造工艺基础	105
第二节 砂型铸造	111
第三节 特种铸造	117
第四节 常用合金铸件的生产特点	122
第五节 铸件结构设计	126
第八章 锻压	134
第一节 锻压工艺基础	135
第二节 自由锻	140
第三节 模锻和胎模锻	145
第四节 板料冲压	150
第五节 锻压件结构设计	155
第六节 先进锻压工艺简介	157
第九章 焊接	161
第一节 焊接工艺基础	161
第二节 手工电弧焊	166
第三节 其它常用的焊接方法	172
第四节 常用金属材料焊接	180
第五节 焊接结构设计	184
第十章 毛坯选择	190

第三篇 公差与配合

第十一章 尺寸公差与配合	195
第一节 基本术语及定义	195
第二节 标准公差系列	203
第三节 基本偏差系列	205
第四节 优先和常用配合	213
第五节 尺寸公差与配合的选用	215
第十二章 形状和位置公差	220
第一节 基本概念	220

第二节	形状公差与公差带	225
第三节	位置公差与公差带	231
第四节	形位公差的应用	242
第十三章	表面粗糙度	251
第一节	主要术语及评定参数	251
第二节	表面粗糙度对零件功能的影响及其选择	255
第三节	表面粗糙度代号及其注法	257

第四篇 切 削 加 工

第十四章	切削加工基础知识	262
第一节	切削加工的运动分析和切削要素	262
第二节	金属切削刀具	264
第三节	切削过程中的物理现象	269
第四节	工件材料的切削加工性	274
第十五章	各种表面的加工	277
第一节	金属切削机床	277
第二节	外圆表面加工	280
第三节	内圆表面加工	289
第四节	平面加工	295
第五节	螺纹加工	300
第六节	齿轮的齿形加工	303
第十六章	零件的结构工艺性	310
第一节	零件结构工艺性的基本概念	310
第二节	切削加工结构工艺性示例	310
第三节	装配工艺性示例	315
第十七章	数控加工 特种加工简介	319
第一节	数控加工	319
第二节	柔性加工技术简介	321
第三节	特种加工	324
第十八章	机械加工工艺过程	331
第一节	机械加工工艺过程的基本知识	331
第二节	工艺规程的制定	336
第三节	典型零件加工工艺过程举例	339

第五篇 质 量 检 测

第十九章	几何量检测	350
-------------	--------------	------------

第一节	测量方法·····	350
第二节	常用量具及仪器·····	351
第三节	测量误差及其处理·····	355
第四节	形位误差评定原理·····	362
第五节	形位误差测量方法·····	365
第六节	表面粗糙度检测·····	367
第二十章	组织性能检验·····	371
第一节	致密性检验·····	371
第二节	放射性检验·····	372
第三节	超声波检验·····	375
第四节	磁粉检验·····	378
第五节	渗透检验·····	380
第六节	其它方法·····	381
主要参考文献·····		385

引 论

一、机械制造的一般概念

我国社会主义经济振兴有赖于科技进步。国民经济各部门必须广泛采用新技术、新工艺、新材料和新设备。机械制造业能否提供先进的设备,取决于机械制造业的发展水平,有关科技人员肩负着重大责任。

机械制造是机器制造工艺过程的总称。它包括将原材料转变为成品的各种劳动总和,大致可分为生产技术准备、毛坯制造、零件加工、产品检测和装配等过程。

在开始学习本课程时,为使读者有一些基本概念,对上述过程,作简要介绍。

1. 生产技术准备过程

机器投产前,必须作各项技术准备工作,其中最主要的一项是制定工艺规程。这是直接指导各项技术操作的重要文件。此外,原材料供应,标准件购置,刀具、夹具、模具、装配工具等的预制,热处理设备和检测仪器的准备等,都要求在本过程中安排就绪。

2. 毛坯制造过程

毛坯可由不同方法获得。合理选择毛坯,可显著提高生产率和降低成本。常用的毛坯制造方法有:铸造、锻压、焊接和型材。

(1) 铸造 一般来说,结构复杂,特别是内腔复杂或大型零件采用铸造方法形成毛坯。某些小型或结构简单的零件,在生产批量很大时,也往往采用铸造方法成形。

(2) 锻压 承受重载荷的零件,如主轴、连杆、重要齿轮等,常采用锻压加工获得毛坯。因为金属材料经锻压后内部组织得到改善,提高了机械性能。

(3) 焊接 工艺过程较铸造简单,近年来,由于焊接技术的提高,现代工程中的一些金属结构和零件,普遍采用焊接成形。

(4) 型材 圆棒料、管料、角钢、槽钢、工字钢等均为常见的型材。其中以圆棒料应用最广,用作螺钉、销钉、小型盘状零件和一般轴类零件的坯料,使用方便。角钢、槽钢、工字钢等则普遍用于金属结构。

3. 零件加工过程

金属切削加工是目前加工零件的主要方法。通用的加工设备有车床、钻床、镗床、刨床、铣床和磨床。此外,还有各种专用机床、特种加工机床。选择加工方法和选用机床,需要广泛的专业知识。例如,轴可用车床加工,也可用磨床加工。哪种方案合理,需视具体情况而定。车床的加工精度一般低于磨床,但在车床上采用高切削速度、小进给量,也能达到较高的精度,满足零件的技术要求。不过,这种做法不利于生产率的提高,经济效益也差。工艺师必须具有“经济精度”的概念。所谓经济精度,就是指某种加工方法只宜达到某种精度,超过这个精度将失去经济性。这些问题在制定工艺规程时均应考虑。

4. 产品检测和装配过程

由若干个零件组成的机器,其精度为各个零件精度的总体反映。设计者按机器工作要求,提出各项技术条件。工艺师们必须掌握零件精度与总体精度之间的联系,采取合理的工艺措施,使用合适的机床和工装夹具,以保证每个零件的精度要求。每一个加工工序,不可避免地产生加工误差,如何检验这些误差,在哪些工序之后设定检验工序,采用何种量具等问题,都必须全面考虑,合理安排。除了几何形状和尺寸之外,还有表面质量和内部性能的检验。例如缺陷检验、机械性能检验和金相组织检验等。对重载、失效后将危及生命财产的零件,这些检验均属法定规章,必不可少。因为零件在加工中承受过高温或(和)高压,不可避免地会引起金相组织和机械性能的变化,伴生残余应力,甚至出现裂纹和孔洞。这时,原材料的性能指标不足以完全反映零件性能,只有当质量检验合格后才能使用。有些零件的缺陷,深藏于内部,难以从表面觉察;有些零件不允许承受检验时的某种作用,必须借助各种遥测技术和无损检测技术进行检验。随着科学技术的发展,测量技术日新月异,各种新型传感器、信号转换电路、数据处理方法,均已达到很高的水平。工程技术人员必须了解、掌握其中有关部分,对机电一体化专业的科技工作者来说,应该掌握得更多、更好,才能适应工作的需要。

装配过程必须严格遵守技术条件规定,例如,零件清洗、装配顺序、装配方法、工具使用、接合面修磨、润滑剂施加以及运转跑合,甚至油漆色泽和包装,都不可掉以轻心,只有这样才能生产出合格产品。

二、机械零件工艺过程简介

1. 产品质量

机械制造过程中,尽管要考虑很多问题,但始终贯串着一条主线——保证产品质量。机器制造依赖于完整的图纸(装配图、零件图)和各种技术文件及有关标准。零件是机械制造的基本单元。零件质量、装配质量与产品质量有很大关系,而零件质量又与材料性质、零件加工质量有关。因此机械加工的首要任务就是要保证零件加工质量。

产品质量是个极其重要的问题。一个国家产品质量的好坏,从一个侧面反映了民族的素质。各部门、各企业和全体社会成员,都要为不断提高我国产品质量而努力。

2. 工艺规程

零件的几何形状、尺寸、表面间相对位置和表面粗糙度,都有一定的技术要求。很多零件还有热处理要求。同一表面有时可用不同方法加工,有的要用几种方法顺序加工。根据零件的技术要求,选择各表面的合理加工方法,安排加工顺序,确定热处理方案,使零件在保证质量的前提下获得最佳经济效益。这就是工艺规程的基本内容。

工艺规程是直接指导工人进行操作和技术检验的重要技术文件,是组织生产的基础。学生学习本课程后,应具有拟定工艺规程的能力。

生产中,直接改变原材料或毛坯的形状、尺寸和性能,使之成为预期产品的过程,称为工艺过程。铸造、锻压、焊接、切削加工、热处理等都属于工艺过程。把工艺过程合理化并编写成文件,如工艺路线卡等,这类文件称为工艺规程。

实际生产中,不同的零件,由于其结构、形状和技术要求的不同,常需采用不同的加工方

法,经过一系列加工才能制成。即使是同一个零件,由于生产条件不同,加工工艺也不尽相同,但在一定生产条件下,总有一种比较合理的工艺方案。因此,制定工艺规程时,要从工厂现有的生产设备和零件的生产批量出发,在保证产品质量的前提下,考虑到提高生产率、降低成本和改善劳动条件等方面后,择优制定。

制定工艺规程的主要内容和步骤是:

(1) 对零件进行工艺分析 工艺分析就是从加工制造的角度对零件的技术要求、结构工艺性及材料的加工性能等进行分析研究。

(2) 选择毛坯 切削加工中常用的毛坯有型材、铸件、锻件和焊接件等,选择毛坯时应根据零件的结构形状、受力情况、材料、生产批量、对毛坯的精度要求及加工经济性等方面来确定毛坯的类型。

(3) 制定零件工艺路线 工艺路线是制定工艺规程中最重要的内容。它包括选择零件各表面的加工方法,安排加工工序(包括热处理工序)等。

还应看到,随着科学技术的迅速发展,新材料、新工艺不断出现,电子计算机的推广应用,已使零件制造改变了传统工艺,向着高质量、高生产率和低成本方向发展。

3. 典型零件工艺过程举例

车床是最常见的金属切削机床,选择车床中的齿轮、主轴和床头箱箱体进行研究,比较易于理解。

(1) 齿轮

制定齿轮工艺过程的主要内容有:材料和毛坯选择,齿坯加工,齿形加工和热处理。

① 材料和毛坯选择 受力不大又无冲击载荷的低速齿轮,优先选用灰铸铁材料。对于精度要求高,承载大的齿轮多用优质钢材。高速轻载,要求噪音较小的齿轮,常用铜、铝合金、夹布胶木等材料。结构复杂或大型齿轮,其坯料多采用铸件;结构不很复杂的中型齿轮,宜采用锻件;结构简单的小型齿轮,多采用型材。车床床头箱中的齿轮,尺寸不大,承受中等冲击载荷,其坯料可选用 45 钢、20 Cr 等,通过锻造制成。

② 齿坯加工 齿轮按结构可分为盘状、套状、阶梯状、轴齿轮等。车床床头箱齿轮有盘状和阶梯状两种,其加工工艺为:粗车→半精车→磨削。加工中,必须保证尺寸精度、表面粗糙度和形位公差。

③ 齿形加工 渐开线齿形应用最广,其加工方法有仿形法和范成法。将刀具刃口制成所需齿形,在铣床上铣齿的方法称仿形法,适用于加工低精度齿轮,目前用得不多。将刃口制成直线或渐开线,令其与被加工齿轮作指定的相对运动,同时赋予切削运动来切制齿形的方法称范成法。滚齿、插齿、剃齿、磨齿,都属于范成法。除滚齿外,其余三种方法都作为精加工之用。需淬硬的齿轮,工艺为粗滚或插削→剃齿→淬硬→磨齿。床头箱齿轮就属于这类齿轮。

④ 热处理 铸件或锻件齿轮毛坯,在切削前,要进行热处理,以消除内应力,减小变形并改善可切削性。一般来说,铸件要退火,锻钢要调质。

(2) 主轴

主轴的材料、结构和精度均根据使用场合而定。现以车床主轴为例,说明材料和毛坯的选

择以及工艺过程。

① 材料和毛坯选择 车床主轴承受交变弯曲应力和中等载荷,有时受中等冲击作用,其材料可选用45钢。因为45钢有较高的机械强度、价廉、易购、可锻性和可切削性均较好,且可进行热处理,在粗车后施以调质处理,细化内部晶粒,可显著提高其综合性能,同时因消除了内应力,可减小下道工序后的变形,保证所需精度。

车床主轴阶梯较多,直径大小相差较大,受力复杂,应选用锻件为坯料。因材料经锻造后粗略成形,可节省原材料,减少切削加工量,更重要的是可使材料的纤维组织分布合理,机械性能改善。

② 工艺路线 工艺路线为:下料→锻造→正火→粗车→调质→半精加工→局部淬火(轴端锥面)→粗磨→铣削键槽→淬火→精磨→检验。

(3) 箱体

床头箱的结构特点是壁薄、中空、形状复杂,故应采用铸造方法获得毛坯,以满足批量生产的需要。材料则采用强度较好的灰铸铁,这种材料的铸造性能和可切削性能均较好,还具有吸振性能。

床头箱的顶面、侧面和端面无较高要求,可采用粗刨→精刨。但底面和导向面要求高,精刨后还应进行刮研。主轴孔直径大、要求高,坯料上已经铸出,采用粗镗→半精镗→精镗→精细镗,最后达到图纸要求。要求不高的孔放在最后加工。直径小于50 mm的孔不铸出,采用钻→扩→铰达到要求。

三、机械制造技术的发展简史

机械制造是在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的学科。几千年来,中国人民在本学科发展的历史上写下了许多光辉篇章。

早在商代,我国就有了冶铸青铜的技术。被称为青铜器时代(公元前1562~1066年)。1939年在河南安阳出土了一个现存最大的商代青铜大鼎,长方形、四足、高133 cm、重875 kg。鼎腹内有铭文,是商王为祭祀其母后而制。现藏于中国历史博物馆。

春秋时期(公元前770~476年),中国就开始应用铸铁技术,比欧洲要早1500年,如吴王阖闾制造铁兵器,命干将铸剑,得雌雄两剑,雄名干将,雌名莫邪(莫邪是干将之妻,助夫铸剑),后用以泛称宝剑。由传说中的锋利情况,可以想见当时的技术高度。

战国时期(公元前475~221年),中国发明了“自然钢”的冶炼法,有了更高的制剑技术,制剑长度达一米以上。说明那时已有了冶铸、锻造、锻焊和热处理等技术。中国古代对钢铁的主要成形方法是锻,最重要的热处理方法是“淬”,就是将已锻好的钢铁用高温烧红,放到水里一浸,使质地坚硬。

中国铁器生产在西汉时期(公元前206~公元8年)达到全盛时代。这时,农具及日用品多已用铁制造。到了公元七世纪的唐朝,应用了锡焊和银焊。到八世纪,有了手工操作车床。在明朝有了很多简单的切削加工设备,如铣、刨、钻、磨削等。清初(1688年),曾用马作动力,使用直径近两丈的嵌片铣刀,铣削天文仪的大铜环。

中国人民从商周、春秋战国到唐、宋、元、明,在冶炼技术和机械制造工艺方面,几千年来走

在世界前列。只是鸦片战争以后,中国受到帝国主义列强的侵略和国内反动统治阶级的压迫,变成一个半殖民地、半封建的社会,经济命脉为帝国主义所操纵,科学技术越来越落后。

中华人民共和国成立以来,在中国共产党的领导下,我国的机械制造业有了飞跃进步,仅就机械制造而言,建立了飞机、汽车、巨轮等生产基地。例如汽车生产,旧中国年产不到一百辆,现在一个汽车厂就年产十万辆。

机械制造的近代史,从普通机床→自动化车床→自动生产线→数控机床→机械加工中心→柔性制造系统→计算机集成制造系统→多级计算机控制的全自动化无人工厂,发展迅猛。今天的光辉成就,使人赞叹不已。但是我们也要看到差距,中国人民勤劳而有志气,前有古人,后有来者,要坚定信心,奋起直追,中华腾飞为期不远。

四、课程性质、特点和研究对象

机械制造基础是广播电视大学机电专业的一门重要的专业基础课。就其性质而言,它是一门工艺性课程。设置这门课程,不仅使学生在常用工程材料、毛坯与零件成形方法、公差与配合、切削加工和质量检测等方面获得必要的基础知识,更重要的是培养学生在工程材料和工艺设计方面具有解决实际问题的能力。

在机电专业的教学计划中,本课程的先修课程主要有:“画法几何及机械制图”、“工程力学”及“金属工艺学实习”等。通过实习,学生初步熟悉了毛坯和零件的成形和加工方法、所用设备和工具,并对主要工种具有了一定的操作能力。在先修课程的基础上才有可能讲授本课程,并为学习有关后继课程以及今后从事专业工作建立必要的基础。

本课程研究的对象是工程材料和机械加工过程中的基本知识。但考虑到专业性质和后继课程的安排,教材中将有区别地介绍各篇内容。“工程材料”部分,以剖析铁碳合金的金相组织为基础,以介绍工程材料的性质和合理选材为重点。“毛坯与零件的成形”部分,铸造、锻压和焊接占有较大篇幅,因为这方面的知识是必不可少的,而在本课程的前后均未安排与此有关的课程。“公差与配合”部分,介绍基本概念和应用。“切削加工”部分,着眼于总结金工实习,把感性认识上升到理论高度,进而归纳成系统性知识,为后继课程打好基础。“质量检测”部分,着眼于介绍几何量测量技术和无损检测技术。

综上所述,本课程涉及到互换性原理与技术测量、工程材料和金属工艺学三门课程的主要内容。从培养目标和教学计划全局出发,在讲清工程材料的基础上,以成形方法为主干,融三门课程于一体,不失本课程的系统性。

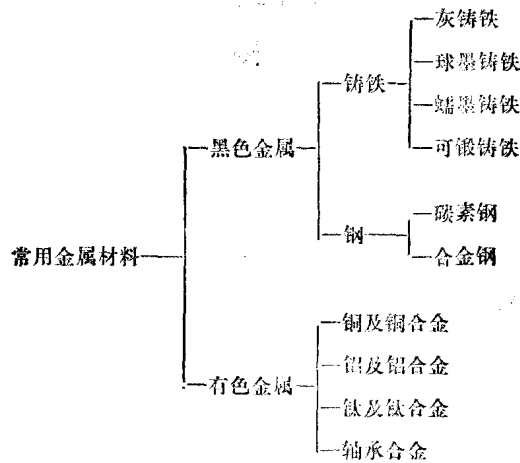
关于本课程的特点和学习方法,以及本书中一些章节的重点、难点等,可参阅与本书配套的《机械制造基础学习指导》。

第一篇 工程材料

机电工程的各类产品,大多是由种类繁多、性能各异的工程材料通过加工制成的零件构成的。

工程材料一般可分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料等几大类。其中金属材料是工程材料中广泛应用的一大类。它又分为黑色金属和有色金属两类(见下表)。

本篇着重论述金属材料,特别是黑色金属材料中的钢铁;而陶瓷、高分子和复合材料等类,将在第五章其它材料中论述。



在生产中,金属材料之所以能够获得广泛的应用,是由于它具有优良的使用性能及工艺性能。了解和控制金属材料的性能,对保证和提高产品质量以及经济性具有很大的意义。金属材料的性能包括以下几个方面。

1. 物理性能

金属材料的物理性能主要有:密度、熔点、热膨胀性、磁性、热导性、电导性等。机器零件的用途不同,对其物理性能的要求也不同。在选用材料时,应满足零件对物理性能方面的要求。

2. 化学性能

金属材料的化学性能主要有:

(1) 耐腐蚀性 指金属抵抗各种介质的侵蚀能力。一般金属零件易受空气中氧、水蒸气等的侵蚀,有的还受酸、碱腐蚀,应根据要求,选用化学稳定性良好的材料。

(2) 抗氧化性 指金属在高温下抗氧化的性能。现代工业的许多设备和零件是在高温下工作的,因此要求有良好的抗氧化性。

3. 机械性能

机械性能是指材料在机械载荷作用下表现出的特性。对于不同形式的机械载荷，材料可表现出不同的机械性能，一般有强度、硬度、塑性、韧性和疲劳强度等。

(1) 强度 指在外力作用下材料抵抗变形和破坏的能力。常用的指标有屈服极限 σ_s 和强度极限。按照材料抵抗外力形式的不同，有抗拉强度 σ_b 、抗压强度 σ_y 、抗弯强度 σ_{bb} 等。单位均为 MPa。

(2) 硬度 是衡量材料软硬程度的一个指标。一般可以认为，硬度是指金属表面抵抗变形的能力。常用的硬变指标有：布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等。

(3) 塑性 指材料在外力作用下产生永久变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标是延伸率 $\delta(\%)$ 和断面收缩率 $\psi(\%)$ 。 δ 和 ψ 愈大，表示材料的塑性愈好。

(4) 韧性 指材料抵抗冲击力的能力。各种材料受到冲击破坏时，会消耗不同的能量，因此以消耗能量的数值作为冲击韧性的指标，用 $a_k(\text{J}/\text{cm}^2)$ 表示。

(5) 疲劳强度 各种零件如轴、齿轮、连杆、弹簧等经常受到大小和方向周期性变化的交变载荷。这种载荷使金属材料的破坏应力远较金属的屈服极限为低时即发生断裂现象，称为“疲劳”。金属在无数次交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力，称为“疲劳强度”，用以衡量金属的疲劳性能。

4. 工艺性能

金属材料在加工过程中表现出的难易程度称为工艺性能。它直接影响制造零件的工艺方法，也是选用材料时必须考虑的因素。

工艺性能主要有以下四种：

(1) 铸造性能 是合金在铸造时表现出的工艺性能，主要指金属的流动性、收缩和偏析倾向等。

(2) 锻压性能 指金属材料在冷、热压力加工过程中成形的难易程度。锻压性能包括金属的塑性与变形抗力两个方面。塑性大、变形抗力小的金属材料，锻压性能好。

(3) 焊接性能 指金属材料是否适应通常的焊接方法的工艺性能。

(4) 切削加工性能 指金属材料用切削工具进行切削加工时的难易程度。它与金属的强度、硬度、塑性和热导性等有关。

第一章 铁 碳 合 金

第一节 金属的晶体结构与结晶

不同化学成分的金属材料具有不同的机械性能。即使是同一成分的材料,采用不同的加工工艺和热处理工艺,也会具有不同的性能。其原因是改变了金属内部的结构。因此,只有了解金属内部结构的变化规律,才能掌握金属材料性能的变化规律。

一、金属的晶体结构

固态物质可分为晶体与非晶体两类。原子呈无规律堆积的固态物质称为非晶体,如玻璃、塑料、松香等。原子呈有规律堆积的固态物质称为晶体,如盐、冰、石墨、金刚石以及所有固态金属及其合金。晶体有一定的熔点,其性能随晶体结构的改变而改变。非晶体没有一定的熔点,其性能在各个方向上是相同的。

1. 晶体结构

为了分析晶体中原子排列的规律,常把晶体中的原子看作是刚性小球,而把晶体看成是刚性小球按一定几何形状堆积而成的,如图1-1(a)所示。若用假想线条将晶体中的各个原子的中心连接起来,即构成空间格架。这种描述晶体中原子排列形式的空间格架称为晶格,如图1-1(b)所示。在研究晶体结构时,可以从晶格中取一个最小的几何单元来分析原子排列的规律。这个最小几何单元,称为晶胞,如图1-1(c)所示。实际上,晶格就是由许多大小、形状和位向相同的晶胞在空间重复堆积构成的。

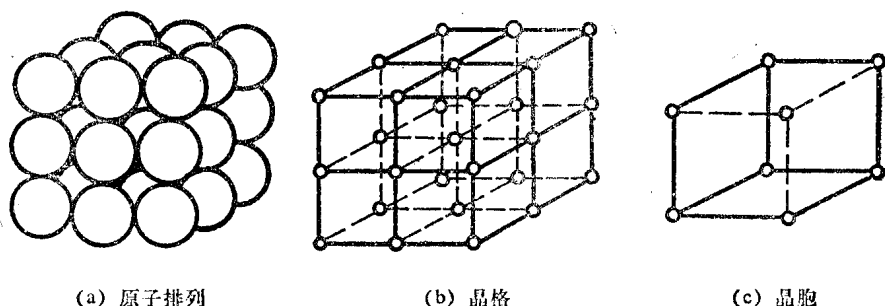


图 1-1 晶体结构示意图

2. 晶格类型

不同金属具有不同的晶格类型,最常见的类型为:

(1) 体心立方晶格 体心立方晶格的晶胞如图1-2所示,是一个立方体,在晶胞的八个结点上各有一个原子,在晶胞中心也有一个原子。