

面向21世纪高等院校

机械类

专业规划教材



工程材料及机械制造基础

主 编 黄 勇
副主编 焦建民 温秉权 余 军
主 审 王 鹏

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

面向 21 世纪高等院校机械类专业规划教材

工程材料及机械制造基础

主 编 黄 勇

副主编 焦建民 温秉权 余 军

主 审 王 鹏

国防工业出版社

·北京·

内容简介

本书共分三篇,第一篇为工程材料,第二篇为热加工工艺基础,第三篇为机械加工工艺基础。

第一篇主要介绍金属力学性能与结构、铁碳合金、钢的热处理、常用金属材料、其他工程材料和材料的选用等6个部分;第二篇主要介绍铸造、锻压、焊接和毛坯的选择4部分;第三篇主要介绍切削加工概论、机械加工工艺流程概述、典型表面加工方法、机械加工质量、机床夹具设计原理、机械加工工艺流程的制定和先进制造技术等7部分。

本书主要作为中国人民解放军军事交通学院重点课程《工程材料及机械制造基础》的配套教材,亦可用作一般高等工业院校机械类各专业的通用教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及机械制造基础/黄勇主编. —北京:国防工业出版社,2004.9

面向21世纪高等院校机械类专业规划教材

ISBN 7-118-03554-8

I.工... II.黄... III.①工程材料—高等学校—教材②机械制造工艺—高等学校—教材 IV.①TB3②TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第079817号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 528千字

2004年9月第1版 2004年9月北京第1次印刷

印数:1—4000册 定价:31.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

《工程材料及机械制造基础》是我院工科各专业的一门技术基础课,是研究零件制造工艺方法的综合技术性学科,它主要研究工程材料的性能及其对加工工艺方法的影响、各种工艺方法本身的规律及其相互联系与比较、各种加工方法的加工工艺过程和结构工艺性。

本教材根据对该课程的基本要求,结合我院各专业的实际需要,并适应高新技术的发展,本着理论与实践相结合、工艺与原理相结合的原则,系统阐述了工程材料、热加工工艺和机械加工工艺的内容。本书共分为三篇。第一篇工程材料,主要介绍金属力学性能与结构、铁碳合金、钢的热处理、常用金属材料、其他工程材料和材料的选用等6个部分的内容。其中着重讲述了钢铁材料和热处理的内容。

第二篇热加工工艺基础,主要介绍铸造、锻压、焊接和毛坯的选择4部分内容。系统阐述各种热加工工艺方法、特点、规律、应用与结构工艺性等内容。

第三篇机械加工工艺基础,主要介绍切削加工概论、机械加工工艺过程概述、典型表面加工方法、机械加工质量、机床夹具设计原理、机械加工工艺规程的制定和先进制造技术等7部分内容。系统阐述各种机加工工艺方法特点、规律、应用与结构工艺性等内容。

为了提高教材质量,在编写本教材时力图表现出以下特点。

1. 调整知识能力结构,培养学员的综合工程能力,强调理论与实践相结合,技术与经济相结合,技术与生产相结合,突出对各种工艺的综合论述与横向比较,使之初步达到具有选择材料、毛坯和零件加工方法的能力。

2. 提高起点、拓宽知识面,力求反映近年来在工程材料和制造工艺领域的最新成果。在相关章节中加入了相关新材料、新工艺、新技术的内容。

3. 加强了对非金属材料的介绍,使学员对现代工程材料有较全面的了解。

4. 力求内容精炼,从培养学生实践能力出发,结合生产实际,并适当介绍各种工艺方法的理论基础,以提高学生的独立思考和分析与解决实际问题的能力。

5. 在叙述上,图文并茂,力求深入浅出、通俗易懂、文字简练、直观形象,以便于教学。

6. 本教材在使用新国标规定的术语时,考虑到贯彻新国标应有的历史延续性,所以也兼顾了长期沿用的名称和定义,并尽可能使两者达到和谐与统一。

7. 为适应双语教学要求,本书给出了各章主要名词术语汉英对照,以扩展学员知识面,为以后的学习和参考外文资料提供方便。

参加本书的编写人员有:(按章节顺序)黄勇(前言、绪论、第一篇第一、二章);余军、路学成(第一篇第三、六章);王宾、王秉利(第一篇第四、五章);龚泽荣、赵蓉、李博龙、路学成(第二篇第一、二、三、四章);焦建民、钱继锋(第三篇第一章);温秉权(第三篇第二、四、五、六章);谢震(第三篇第三章);黄勇、路学成(第三篇第七章)。

本书由黄勇主编,焦建民、温秉权、余军副主编,王鹏主审。

本书在编写过程中,得到教研室全体人员的大力支持和帮助,在此一并致谢。

由于编者的水平和经验所限,书中的缺点和错误请同行与读者批评指正。

中国人民解放军军事交通学院全体编者

2004年8月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 工程材料

第一章 金属力学性能与结构	4
第一节 金属的力学性能	4
第二节 金属的结构与结晶	12
本章术语汉英对照	23
复习题	23
第二章 铁碳合金	25
第一节 二元合金相图	25
第二节 铁碳合金相图	28
第三节 碳素钢	39
本章术语汉英对照	46
复习题	47
第三章 钢的热处理	48
第一节 钢在加热时的转变	49
第二节 钢在冷却时的转变	52
第三节 退火与正火	59
第四节 淬火	62
第五节 回火	67
第六节 钢的表面热处理	70
第七节 热处理新发展	76
本章术语汉英对照	82
复习题	82
第四章 常用金属材料	84
第一节 合金钢	84
第二节 铸铁	98
第三节 有色金属	104
本章术语汉英对照	112
复习题	113
第五章 其他工程材料	114
第一节 塑料	114

第二节 橡胶	115
第三节 陶瓷	117
第四节 复合材料	119
第五节 材料技术的发展方向	120
本章术语汉英对照	121
复习题	122
第六章 材料的选用	123
第一节 选用材料的一般原则	123
第二节 零件的失效与选材	125
第三节 典型零件的选材与工艺	128
第四节 典型零件和手工工具的热处理分析	132
本章术语汉英对照	133
复习题	133
第二篇 热加工工艺基础	
第一章 铸造	135
第一节 砂型铸造	135
第二节 铸造合金	142
第三节 铸件结构的工艺性	150
第四节 特种铸造	152
第五节 铸造技术的新发展	157
本章术语汉英对照	158
复习题	159
第二章 锻压	160
第一节 金属塑性变形	160
第二节 锻压方法	163
第三节 金属的加热与锻件的冷却	176
第四节 锻压新工艺与新技术简介	177
本章术语汉英对照	180
复习题	180
第三章 焊接	181
第一节 焊接过程与焊接质量	182
第二节 常用焊接方法	186
第三节 金属材料的焊接	194
第四节 焊接结构设计的工艺性	196
第五节 焊接技术的新发展	200
本章术语汉英对照	202
复习题	203
第四章 毛坯的选择	204

第一节 毛坯选择的原则	204
第二节 零件的结构分析及毛坯选择	207
第三节 毛坯选择实例	211
本章术语汉英对照	214
复习题	215

第三篇 机械加工工艺基础

第一章 切削加工概论	216
第一节 切削加工的运动分析及切削要素	216
第二节 金属切削刀具	218
第三节 金属切削过程及其基本规律	228
本章术语汉英对照	237
复习题	237
第二章 机械加工工艺过程概述	238
第一节 机械加工工艺过程	238
第二节 生产类型及其工艺特点	242
第三节 基准	244
第四节 工件的安装	247
本章术语汉英对照	251
复习题	251
第三章 典型表面的加工方法	252
第一节 外圆表面的加工	252
第二节 孔的加工	259
第三节 平面的加工	266
第四节 齿轮齿形的加工	270
本章术语汉英对照	276
复习题	276
第四章 机械加工质量	277
第一节 机械加工质量的概念	277
第二节 影响加工精度的主要工艺因素	279
第三节 机械加工表面质量	290
本章术语汉英对照	295
复习题	295
第五章 机床夹具设计原理	297
第一节 概述	297
第二节 工件在夹具中的定位	300
第三节 工件的夹紧	316
第四节 机床夹具设计步骤与方法	321
本章术语汉英对照	324

复习题	324
第六章 机械加工工艺规程的制定	326
第一节 概述	326
第二节 工艺路线的制定	329
第三节 生产率和时间定额	336
本章术语汉英对照	339
复习题	339
第七章 先进制造技术	340
第一节 概述	340
第二节 机械制造自动化概念	341
第三节 其他先进制造技术简介	349
复习题	354
主要参考文献	356

绪 论

材料科学、制造科学、信息科学、生物科学被认为是促进人类文明与发展的四大关键领域,对国民经济的发展起着举足轻重的作用。可以说,机器制造业的技术水平和现代化程度,决定了整个国民经济的技术水平和现代化程度。

机器、部件都是由许多零件组成的。要使机器的设计图纸变为现实,都要经过零件的制造、装配、试验过程。零件的一般制造过程包括选材、毛坯成形、热处理、切削加工、检验和装配等生产阶段。因而机器每一个零件的获得都离不开材料和制造工艺。上述零件的选材及其制造的工艺过程等问题正是《工程材料及机械制造基础》课程所研究的内容。

在材料生产及其成形工艺的历史上,我们的祖先有过辉煌的成就,为人类文明做出了重大贡献。我国在原始社会后期开始制作陶器,在仰韶文化和龙山文化时期制陶技术已相当成熟。青铜冶炼始于夏代,至商周时代(公元前 16 世纪—公元前 8 世纪)冶铸技术已达到相当高的水平,形成了灿烂的青铜文化。公元前 7 世纪—公元前 6 世纪的春秋时期,我国已开始大量使用铁器,白口铸铁、麻口铸铁、可锻铸铁相继出现,比欧洲国家早 1800 多年。在大约 3000 年前,我国已采用铸造、锻造、淬火等技术生产工具和各种兵器。大量的历史文物,如河南安阳武官村出土的商代司母戊鼎,重 875kg,在大鼎四周,有精致的蟠龙花纹;湖北江陵楚墓中发现的埋藏了 2000 多年的越王勾践的宝剑,至今仍异常锋利,寒光闪闪;陕西临潼秦始皇陵出土的大型彩绘铜车马,由 3000 多个零、部件组成,综合采用了铸造、焊接、凿削、研搪、抛光及各种连接工艺,结构复杂,制作精美;河南南阳汉代冶金作坊出土的 9 件铁农具,有 8 件是黑心韧性铸铁,其质量与现代同类产品相当;现存于北京大钟寺内明朝永乐年间制造的大钟,重 46.5t,其上遍布经文 20 余万字,其浑厚悦耳的钟声至今仍伴随着华夏子孙辞旧迎新……以上均显示出中华民族在材料、成形方法及热处理等方面的卓越成就,以及对世界文明和人类进步所做出的显著贡献。春秋时期的《考工记》中关于钟鼎和刀剑不同的铜锡配比的珍贵记载,是世界上出现最早的合金配比规律;明朝(1368 年—1644 年)宋应星所著《天工开物》一书,记载了冶铁、铸钟、锻铁、焊接(锡焊和银焊)、淬火等多种金属成形及改性方法及日用品的生产技术和经验,并附有 123 幅工艺流程图,是世界上有关金属加工工艺最早的科学论著之一。

然而,18 世纪以后,我国科学技术的发展与工业发达国家之间产生了较大的差距。

新中国成立以后,特别是近几十年来,我国工业生产迅速发展,取得了举世瞩目的成就。20 世纪 60 年代我国自行设计生产的 12000t 水压机,是制造大型发电机、大型轧钢机、大型化工容器和大型动力轴类锻件的必备设备;我国人造地球卫星、洲际弹道导弹及长征系列运载火箭的研制成功,均与机械制造工艺水平的发展密切相关,我国是世界上少数几个拥有运载火箭和人造卫星发射实力的国家。这些飞行器的壳体均是选用铝合金、钛合金或特殊合金材料的薄壳结构,采用胶接(或粘结)和钨极氩弧焊、等离子弧焊、真空电子束焊、真空钎焊和电阻焊等方法焊接而成。我国成功生产了世界上最大的轧钢机机

架铸钢件(重 410t)和长江三峡巨型水轮机发电机组特大型零、部件;锻造了 196t 汽轮机转子;进行了 3×10^8 W 电站锅炉的焊接,并能够建造 150000t 的超大型船舶。

20 世纪 80 年代以后,世界各国对新材料的开发都非常重视。光电子信息材料、先进复合材料、先进陶瓷材料、新型金属材料、高性能塑料、超导材料等不断涌现,并迅速投入使用,给社会生产和人们的生活带来了巨大的变化。

在现代机械制造业中,切削加工是将金属毛坯加工成具有一定尺寸、形状和精度的零件的主要加工方法。切削加工按所选用切削工具的类型可分为两类:一类是利用刀具进行加工,如车削、钻削、镗削、刨削等;另一类是用磨料进行加工,如磨削、珩磨、研磨、超精加工等。目前,绝大多数零件,尤其是精密零件,主要是依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面粗糙度。因此,切削加工是近代加工技术中最重要的加工方法之一,在机械制造业中占有十分重要的地位。

随着科学技术的发展,各种新材料、新工艺和新技术不断涌现,机械制造工艺正向着高质量、高生产率和低成本方向发展。电火花、电解、超声波、激光、电子束和离子束加工等工艺的出现,已突破传统的依靠机械能、切削力进行切削加工的范畴,可以加工各种难加工材料、复杂的型面和某些具有特殊要求的零件。数控机床的出现,提高了更新频繁的小批量零件和形状复杂的零件加工的生产率及加工精度。特别是计算方法和计算机技术的迅速发展,大大推进了机械加工工艺的进步,使工艺过程的自动化达到了一个新阶段。目前,数控机床的工艺功能已由加工循环控制、加工中心,发展到适应控制。加工循环控制虽可实现每个加工工序的自动化,但不同工序中刀具的更换及工件的重新装夹,仍须人工来完成。加工中心是一种高度自动化的多工序机床,又称为自动换刀数控机床,它能自动完成刀具的更换、工件转位和定位、主轴转速和进给量的变换等,使工件在机床上只装夹一次就能完成全部加工。因此,它可以显著缩短辅助时间,提高生产率,改善劳动条件。适应控制数控机床是一种具有“随机应变”功能的机床,它能在加工过程中,根据切削条件(如切削力、切削功率、切削温度、刀具磨损及表面质量等)的变化,自动调整切削条件,使机床保持在最佳的状态下进行加工,而不受其他一些参数发生非预料性变化的影响,因而有效地提高了加工效率,扩大了品种,更好地保证了加工质量,获得了最大的经济效益。

近年来,精密成形技术也不断产生。使毛坯的形状、尺寸和表面质量更接近零件要求。近净成形(Near Net Shape Technique)和净成形(Net Shape Technique)技术迅速发展,包括近净铸造成形、精密塑性成形、精密焊接(人造卫星硅太阳能电池制造中硅片表面的焊接,每个焊点仅为 $0.18\text{mm}^2 \sim 0.5\text{mm}^2$)与精确连接、精密热处理、表面改性等专业领域,使机械构件具有精确的外形、高的尺寸精度和形位精度、理想的表面粗糙度。国际机械加工技术学会预测,本世纪初精密成形与磨削加工相结合,将逐渐取代大部分中、小零件的切削加工,到 2010 年,它所成形的公差可相当于磨削精度。

当今,科学技术迅猛发展,微电子、计算机、自动化技术与制造工艺和设备相结合,形成了从单机到系统,从刚性到柔性,从简单到复杂等不同档次的多种自动控制加工技术;成形加工过程的计算机模拟、仿真与并行工程、敏捷化工程及虚拟制造技术相结合,已成为网络化异地设计与制造的重要内容;应用新型传感器、无损检测等自动监控技术及可编程控制器,新型控制装置可以实现系统的自适应控制和自动化控制;工业机器人更是涉及众多新的领域,现代机械制造系统,是以提高企业竞争力为目标,把先进技术与经济效果

紧密结合,包含自动化技术、计算机控制与辅助制造技术、设计与工艺技术、材料技术,以及财会金融与工商管理,已非传统意义的机械制造。

近年来,科学家们又提出智能结构系统的概念,它是以生物界的方式感知结构系统的内部状态和外部环境,并及时做出判断和响应。智能结构系统是在结构中集成传感器、控制器及执行器,赋予结构健康自诊断、环境自适应及损伤自愈合等某些智能功能与生命特征,达到增强结构安全、减轻质量、降低能耗和提高性能总目标的一种仿生结构系统。可以预见,随着该系统的产生和应用,全球制造业将发生巨大变化。

尽管各种新技术、新工艺应运而生,新的制造理念不断形成,但铸造、锻压、焊接、热处理及机械加工等传统的常规成形工艺至今仍是量大面广、经济适用的技术。因此,常规工艺的不断改进和提高,并通过各种途径实现高效化、精密化、轻量化和绿色化,具有重大的技术经济意义。

《工程材料及机械制造基础》是一门综合性的技术基础课,旨在使学生建立生产过程的概念,掌握常用金属切削加工基础理论、基本加工工艺方法、零件的结构工艺性及机械加工工艺过程的基础知识,了解新材料,了解现代先进的制造技术和工艺知识,培养学生的机械工程的基本素质和零件结构工艺性设计的能力。《工程材料及机械制造基础》在培养高级工程技术人才的全局中,具有增强学生的工程实践能力、对机械技术工作的适应能力和机械结构创新设计能力的作用。

学生在学完本课程以后,应达到以下基本要求。

1. 建立工程材料和材料成形工艺与现代机械制造的完整概念,培养良好的工程意识;
2. 掌握金属材料的成分、组织、性能之间的关系,强化金属材料的基本途径,钢的热处理原理及方法,常用金属材料,非金属材料 and 复合材料的性质、特点、用途和选用原则;
3. 掌握各种成形方法和常用设备的基本原理、工艺特点和应用场合,具有合理选择毛坯成形方法的能力;
4. 掌握零件(毛坯)的结构工艺性,并具有设计毛坯和零件结构的初步能力;
5. 了解与本课程有关的新技术、新工艺。

本课程融多种工艺方法为一体,信息量大,实践性强,叙述性内容较多,必须要重视生产实践感性知识的积累,才能收到预期效果。应以课堂教学为主,同时辅之以电教片、多媒体 CAI、实物与模型、课堂讨论等多种教学手段和形式,以增强学生的感性认识,加深对教学内容的理解。在教学安排上,一般将本课程教学安排在金工实习之后,所以要求学生要重视金工实习教学。在金工实习过程中,应注意积累对产品生产和零件加工过程的感性知识,培养一定的操作技能,在此基础上再来学习本课程的内容,才有助于上升到理性认识的高度。其次,在学习过程中应注意理论联系实际。必须善于联系实习中遇到的各种实际问题,深入领会课程的内容,做到灵活运用和融会贯通,在扎实地掌握本课程的基本理论与知识的同时,努力提高分析和解决工程实际问题的能力。最后,在学习本课程的同时,还要注意了解本学科与相关学科的最新技术成果及发展,以便拓宽知识面,不断地探索、发现新的规律和确立新的规范,只有如此才能较好地掌握本课程内容,提高课堂教学效果。

第一篇 工程材料

第一章 金属力学性能与结构

由于金属材料具有优良的性能,故得到广泛的应用。目前工程上使用的金属材料种类繁多,如不“量材”使用就会造成浪费或产品质量低劣。因此,为了合理选用金属材料,充分发挥金属材料的性能潜力,达到提高产品质量的目的,了解它的性能十分必要。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。所谓使用性能是指金属材料在使用过程中表现出来的力学、物理和化学性能。所谓工艺性能是指金属材料在加工制造过程中所表现出来的性能,如铸造性、焊接性、切削加工性等。

汽车的绝大部分零件是在常温、常压和非腐蚀性介质中服役,因此零件设计和选材的主要依据力学性能。本章主要介绍金属材料的力学性能。

金属材料在外力作用下所表现出来的性能统称为金属材料的力学性能,旧称金属材料的机械性能,主要有:弹性、塑性、强度、硬度和冲击韧性等。

第一节 金属的力学性能

一、强度

汽车零件在使用时将受到各种外力的作用。例如汽车吊车的钢丝绳要承受很大的拉力。如果选用的钢丝绳太细,就会被拉断。因此,所选用的钢丝绳应具有在某一数值的拉力作用下不致被拉断的能力。这种抵抗外力作用而不致断裂的能力就是材料的强度。测定金属强度一般采用拉伸试验。

(一) 拉伸试验

金属材料的拉伸试验,通常在拉伸试验机上进行。试验前,应预先将待试的金属材料制成标准形状和尺寸的“拉伸试样”。常用的试样断面为圆形,称为圆形试样,如图 1-1-1(a)所示。图中 d_0 为试棒的直径(mm), L_0 为标距长度(mm), F_0 为试样的原始横截面积(mm^2), F_1 为试样拉伸后的横截面积(mm^2)。根据国家规定,拉伸试样可制成长试样($L_0 = 10d_0$)或短试样($L_0 = 5d_0$)。

为了研究金属材料在拉伸载荷作用下的变形

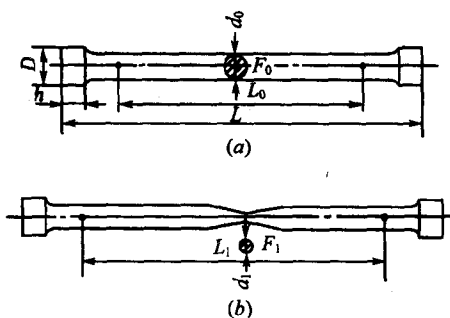


图 1-1-1 拉伸试样

和断裂过程,将一根用退火低碳钢制成的拉伸试样,在拉伸试验机上缓慢加载,直至拉断为止。这样,便可得到如图 1-1-2 所示的拉伸曲线。从拉伸曲线上可以看出,拉伸过程中金属的变形情况,分为以下五个阶段。

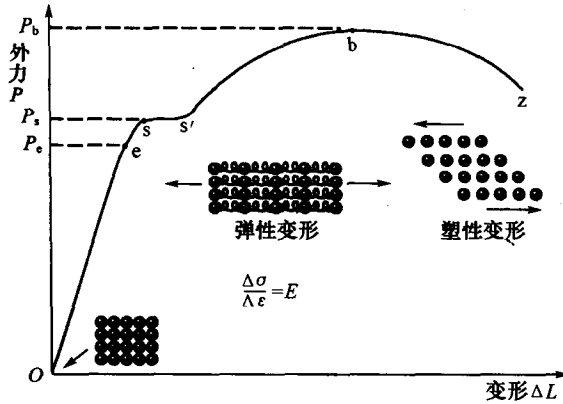


图 1-1-2 低碳钢拉伸曲线

1. oe ——弹性变形阶段

材料在外力作用下发生形状变化称为变形,而具有恢复变形的能力称为弹性。当试样开始受力,直至外力达 P_e 时,材料产生变形(伸长),而外力去除后变形能随之消失,这种变形称为弹性变形。

2. es ——微量塑性变形阶段

外力增加超过 P_e 后,试样进一步发生变形,此时若去除外力,一部分变形消失,而有一部分变形不能消失,即试样形状不能恢复到原来的形状。这种不能恢复的变形称为塑性变形或永久变形。

3. ss' ——屈服阶段

这个阶段的特点是,在外力不增加甚至减少的情况下,有较大的变形产生。在拉伸图上出现锯齿状或水平线。这种现象称为“屈服”, s 点称屈服点。

4. $s'b$ ——大量塑性变形阶段

外力超过 P_s 后,即开始产生大量塑性变形。要使试样进一步变形,必须增加外力,外力的增加量虽不大,但试样变形量却很大,直至 b 点。 b 点时的外力 P_b 为最大外力。在 b 点以前,由于外力引起的变形,基本上是沿着整个试样标距均匀发生。

5. bz ——颈缩阶段

随着变形量的增加,在试样的某一段截面迅速减小,产生所谓颈缩现象。于是抵抗外力的能力下降,直至 z 点断裂。

金属材料进行拉伸试验时的受力变形,一般可分为上述五个阶段,但并非所有的金属材料都具有这几个阶段,如铸铁无明显的塑性变形阶段就会产生断裂。

(二) 强度指标

强度指标通常以“应力”表示。材料受外力作用时,其内部产生了与其大小相等方向相反的抵抗力即“内力”,单位横截面上的内力,称为“应力”,用符号“ σ ”表示。

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 P ——外力(负荷), N;
 F_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

1. 弹性强度(弹性极限)

弹性强度是材料在外力作用下产生弹性变形时所能承受的最大应力,用符号 σ_e 表示。

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 P_e ——弹性变形阶段最大外力(极限负荷), N;
 F_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

2. 屈服强度(屈服极限)

屈服强度是金属材料发生屈服现象时的应力,用符号 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 P_s ——屈服时的外力, N;
 F_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

屈服点的测定比较简单,在拉伸试验过程中,当指示外力的指针停止转动或微有返回时,其外力读数就是 P_s 。屈服以后,金属就开始有明显的塑性变形。

除退火状态下的低碳钢或中碳钢以及某些低合金钢有明显的屈服现象外,高碳钢及其他一些钢则无明显屈服现象。因此,对这些钢规定,产生 0.2% 塑性变形时的应力为条件屈服强度,以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

很多汽车零件因过量的塑性变形而报废,所以一般零件都不允许产生塑性变形。如设计计算气缸盖螺栓,就是以屈服强度为依据。屈服强度是评定金属材料力学性能的重要指标。

3. 抗拉强度(强度极限)

抗拉强度是指材料抗拉伸时断裂前承受的最大应力,用符号“ σ_b ”表示。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 P_b ——拉断试样的最大外力, N;
 F_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

σ_s 、 σ_b 都是金属材料主要力学性能指标,是设计及选材的重要依据,塑性材料多用 σ_s 值;脆性材料没有明显屈服现象,则用 σ_b 值。

σ_s/σ_b 之比叫“屈强比”。屈强比愈小,可靠性愈大,万一超载也能由塑性变形而使金属强度提高,而不致立刻破断;但比值大小,材料的利用率太低。因此,屈强比对不同钢种有不同的要求。例如:普通碳素结构钢约为 0.5~0.6;低合金结构钢约为 0.65~0.75;合金结构钢约为 0.7~0.8;弹簧钢约为 0.85~0.90。

当材料所受的力为压应力或弯曲应力时,这种抵抗破坏的最大应力,分别称为抗压强度,以“ σ_{bc} ”表示,抗弯强度,以“ σ_{bb} ”表示,其单位与 σ_b 相同。

二、塑性

塑性是指金属在外力作用下产生永久变形而不破坏的能力。汽车许多零件在加工过

程中要求材料有较好的塑性,例如汽车驾驶室的外壳、油箱等金属制品,都是用薄板经冷冲压成形的。在冷冲压时变形量很大,如果材料的塑性不好将会发生开裂。

金属材料的塑性常用伸长率和断面收缩率来衡量,伸长率用符号“ δ ”来表示,断面收缩率用符号“ ψ ”来表示。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样原始标距长度,mm;
 L_1 ——试样拉断后的标距长度,mm;
 F_0 ——试样原始横截面积,mm²;
 F_1 ——试样拉断后的横截面积,mm²。

δ_{10} 及 δ_5 分别表示用长试样和短试样试验时所计算的伸长率。同样的材料, δ_5 大于 δ_{10} ,一般 $\delta_5 = (1.2 \sim 1.5)\delta_{10}$ 。一般来说,塑性材料的 δ 或 ψ 较大,而脆性材料的 δ 或 ψ 较小。

三、冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷不破坏的能力,叫做冲击韧性。所谓冲击载荷就是以很大的速度作用于零件上的载荷,如汽车的悬挂机构,在汽车起步、制动或改变速度时,钢板弹簧、钢板吊耳均要受到冲击,刹车越急,起步愈猛冲击力愈大。另外,还有一些机件,如发动机活塞、连杆、活塞销等,在发动机做功时,要受到很大的冲击载荷。因此要求这些零件具有一定的耐冲击性能。

目前,衡量金属材料韧性的方法,常用10mm×10mm×55mm并带有缺口(V形缺口或U形缺口)的试样,在一次摆锤式冲击试验机上测定冲断试样缺口处单位截面积所消耗的功,并以此作为材料的韧性指标,如图1-1-3所示。其所得数值称为冲击值,用 $a_{KV(U)}$ 表示。 $a_{KV(U)}$ 可按式计算。

$$a_{KV(U)} = \frac{A_{KV(U)}}{F}$$

式中 $A_{KV(U)}$ ——冲断试样所消耗的功,J;

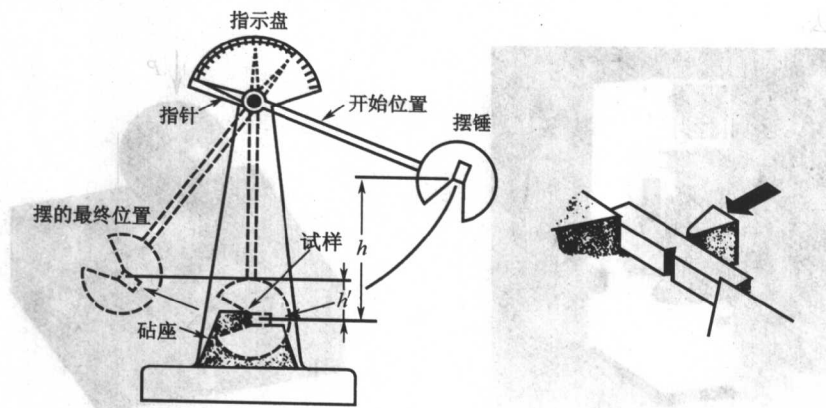


图1-1-3 冲击试验示意图

F ——试样缺口处的截面积, mm^2 。

冲击值与试验的温度有关。有一些材料,在常温试验时并不显示脆性,而在较低温度下则可能发生脆断。使材料的冲击韧度值急剧降低的温度,叫做“脆性转变温度”,这一温度范围与钢种、显微组织和试验条件等因素有关。脆性转变温度越低的金属,越能在低温下承受冲击载荷。因此脆性转变温度的高低也是金属材料的一个性能指标。材料不同,冲击韧性的脆性转变温度也不同,如图 1-1-4 所示。

实际上,在动载荷下工作的机件,很少因受一次冲击而破坏。不少情况下,所承受的冲击载荷是属于小能量的多次重复冲击载荷,如曲轴、气门弹簧等。材料承受多次重复冲击的能力,主要取决于强度。强度高则抗冲击能力强,反之抗冲击能力弱。

四、硬度

硬度是衡量金属材料软硬的一个指标。通常是指金属材料抵抗比它更硬物体压入其表面的能力,也可以说是材料抵抗局部塑性变形的能力。

测定硬度的方法有压入法、划痕法、弹跳回弹法等。金属材料的硬度以压入法测定最多。压入法硬度指标有布氏硬度(HBS、HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)、维氏硬度(HV)和肖氏硬度(HS)等。硬度试验是金属力学性能试验中最简便的一种。它无需专门试样,也不损坏被试验金属,比一般试验方法简单、迅速,故应用广泛。

下面介绍常用压入硬度指标:布氏硬度、洛氏硬度两种。

(一) 布氏硬度试验法

布氏硬度试验的原理,如图 1-1-5 所示。用一定直径 D 的淬硬钢球,在规定载荷 P 的作用下压入试样表面,并保持一定的时间,然后卸除载荷。用压痕单位面积上所承受的载荷大小作为所测金属材料的硬度值,称为布氏硬度。试验时,当材料布氏硬度 ≤ 450 时,采用钢球压头,用 HBS 表示布氏硬度值;当材料布氏硬度 ≤ 650 时,则采用硬质合金球压头,用 HBW 表示布氏硬度值;当材料布氏硬度 ≥ 650 时,测量不准确,改用洛氏硬度测定法。

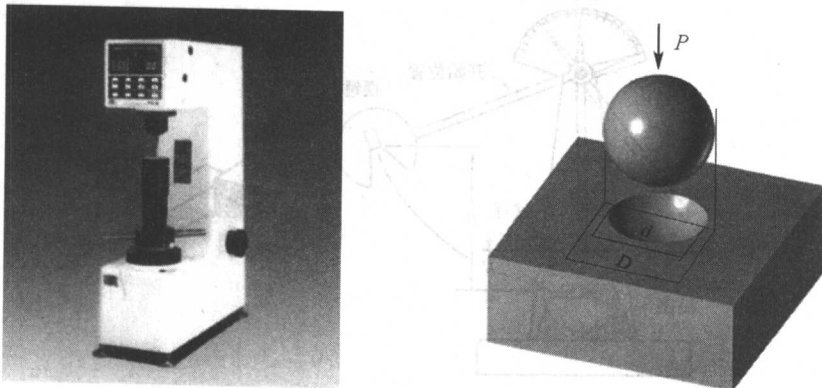


图 1-1-5 布氏硬度试验原理图

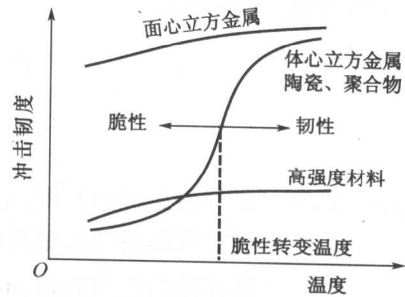


图 1-1-4 不同材料冲击韧性
与温度曲线关系示意图