



中等职业教育规划教材
根据教育部中等职业学校新教学大纲要求编写

金属工艺学

中等职业教育规划教材编写组

刘锡华 主编



中华工商联合出版社
CHINA INDUSTRY & COMMERCE ASSOCIATED PRESS

中等职业教育规划教材

金属工艺学

刘瑞华 主 编

中华工商联合出版社

责任编辑:曹荣
封面设计:陈立明

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/刘瑞华著. —北京:中华工商联合出版社,2007.4
ISBN 978-7-80193-547-2

I. 金… II. 刘… III. 金属加工-工艺学 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 048212 号

中华工商联合出版社出版、发行
北京东城区东直门外新中街 11 号
邮编:100027 电话:64153909
网址:www.chgslebs.cn
北京诚信伟业印刷有限公司
新华书店总经销

787×1092 毫米 1/16 印张:12 292 千字
2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-80193-547-2/G·177
定价:15.80 元

中等职业教育规划教材

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,中等职业教育教材编写组组织相关力量对实现中等职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程进行了规划和编写。从 2006 年秋季开始,中等职业教育系列规划教材将陆续出版,提供给广大中等职业学校使用。

中等职业教育系列规划教材是面向中等职业教育的规范性教材,严格按照国家教育部最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻了素质教育的理念,突出了中等职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养,在内容编排、例题组织和图示说明等方面努力作出创新亮点,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

希望各地、各校在使用本套教材的过程中,认真总结经验,及时提出改善意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

中等职业教育规划教材编写组

前 言

随着我国社会、经济的迅猛发展,社会对技术人员的需求量越来越大,对技术人员的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。为此,我们编写了这本《金属工艺学》。

本书是根据2000年8月教育部颁发的《中等职业技术学校金属工艺学教学大纲(试行)》编写的。编者在广泛调查的基础上,为适应中等职业教育发展的新形势,贯彻以素质教育为基础、以能力为本位的教学指导思想,突出职业教育的特色,在编写过程中着重考虑了以下几个方面:

- (1)突出实用性,注重培养学生的动手能力。
- (2)紧密结合教学实践和企业需要,进一步拓宽了知识面。
- (3)文字简练,图文并茂,通俗易懂。

全书共分13章,在每章的最后都有本章小结,有利于学生掌握本章的主要知识点。另外,每章还配有针对性很强的习题,便于学生更好地掌握知识。

本教材建议课时分配如下表:

内 容	建议学时	内 容	建议学时
绪论及金属的性能	4	锻压	4
铁碳合金	3	焊接	6
钢的热处理	4	切削加工的基本知识	3
铸铁	2	切削机床及切削加工	6
有色金属及其合金	4	特种加工技术	2
非金属材料	6	机动	4
铸造	4	实验	4
小计	27		29
总计	56		

本书由刘瑞华主编。其中,1、5、6、7、13章由刘瑞华编写;2、3、4、10章由周钦编写;8、9、11、12章由高二山编写。

由于时间仓促,精力有限,书中难免存在一些错误和不足,恳请广大师生及读者不吝提出批评和改进意见。在此深表感谢。

编 者

目 录

绪 论	1
本章习题	3
第一章 金属的性能	4
第一节 金属的物理性能与化学性能	4
第二节 金属的力学性能	6
第三节 几种常用金属力学性能的测量方法	9
第四节 金属的工艺性能	13
本章小结	14
本章习题	14
第二章 铁碳合金	15
第一节 金属与合金的晶体结构	15
第二节 铁碳合金的组织结构及其性能	17
第三节 铁碳合金状态图	19
第四节 铁碳合金状态图的应用	25
本章小结	26
本章习题	27
第三章 钢的热处理	28
第一节 钢的退火与正火	29
第二节 钢的淬火	31
第三节 钢的回火	35
第四节 钢的表面热处理	37
第五节 钢的化学热处理	38
本章小结	40
本章习题	40
第四章 工业用钢	41
第一节 钢的种类	41
第二节 钢中元素对钢机械性能的影响	43
第三节 碳素钢	45
第四节 低合金钢	48
第五节 常见合金钢的牌号、性能及用途	50
本章小结	59
本章习题	60

第五章 铸 铁	61
第一节 铸铁概述	61
第二节 铸铁的石墨化及其影响因素	62
第三节 常用铸铁	63
第四节 其他铸铁	68
本章小结	71
本章习题	71
第六章 有色金属及其合金	72
第一节 铝及铝合金	72
第二节 铜及其合金	78
第三节 其他有色金属合金	84
本章小结	85
本章习题	86
第七章 非金属材料	87
第一节 塑料	87
第二节 复合材料	91
第三节 其他非金属材料	94
本章小结	98
本章习题	98
第八章 铸 造	99
第一节 概述	99
第二节 砂型铸造	99
第三节 合金的铸造性能	106
第四节 特种铸造	108
本章小结	110
本章习题	110
第九章 锻 压	111
第一节 锻压概述	111
第二节 锻压成形工艺基础	111
第三节 锻造工艺	114
第四节 板料冲压	117
本章小结	119
本章习题	120
第十章 焊 接	121
第一节 焊接的基本原理	121

第二节	焊条电弧焊	122
第三节	焊接应力与变形	129
第四节	埋弧焊	130
第五节	气体保护焊	132
第六节	其他焊接方法简介	134
第七节	常用金属材料的焊接	136
第八节	焊接新技术	138
本章小结	.....	140
本章习题	.....	140
第十一章	切削加工的基本知识	141
第一节	切削运动与切削用量	141
第二节	切削刀具	143
第三节	切削中的物理现象	146
本章小结	.....	146
本章习题	.....	147
第十二章	金属切削机床及切削加工	148
第一节	金属切削机床的分类与型号	148
第二节	车床	149
第三节	铣床与铣削	153
第四节	钻床与钻削	155
第五节	刨削、磨削、镗削加工简介	157
第六节	数控加工简介	158
本章小结	.....	162
本章习题	.....	162
第十三章	特种加工技术	163
第一节	特种加工概述	163
第二节	电火花加工	165
第三节	高能束加工	167
第四节	电化学加工	171
第五节	超声波加工	173
第六节	快速成型技术	174
本章小结	.....	176
本章习题	.....	176
实验指导	.....	177
铁碳合金平衡组织观察实验	.....	177
碳钢的热处理实验	.....	180

绪 论

一、金属工艺学的基本内容

金属工艺学是研究有关金属材料制造加工工艺的一门综合性学科,在机械制造业中占很重要的地位。金属工艺学系统地介绍了金属材料的性能、应用及改进材料性能的工艺方法(热处理等);各种热加工工艺(铸造、锻压、焊接等)及其在机械制造工业中的应用;机械零件的冷加工(车、铣、刨、磨等)工艺过程等方面的基础知识。

在机械制造过程中,需要根据金属材料的性能和设计要求选择合适的金属材料做成毛坯,并对其进行热处理;再考虑各种金属加工工艺的特点选择合适的机械加工方法加工成机械零件。因此要加工出各种零件,应采用不同的加工方法。金属机械零件的成形工艺方法一般有:铸造、锻压、焊接、切削加工和特种加工等。在机械制造过程中,通常是先用铸造、锻压和焊接等方法制成毛坯,再进行切削加工,才能得到所需的零件。当然,铸造、锻压、焊接等工艺方法,也可以直接生产零部件。此外,为了改善零件的某些性能,常需进行热处理。最后将检验合格的零件加以装配,成为机器。其简单制造过程如图0-1所示。

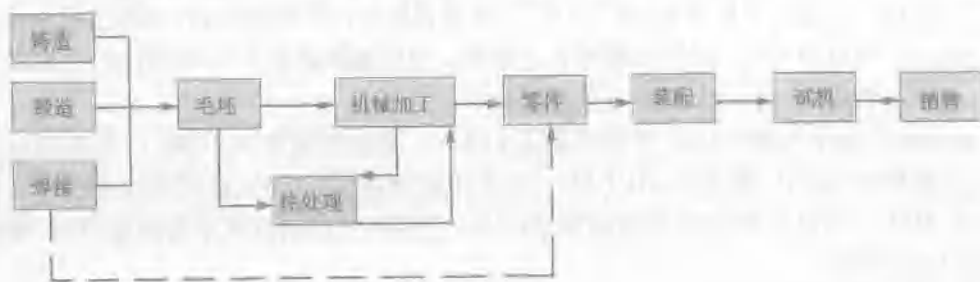


图0-1

在不同的机械制造工业中,各种金属加工方法所处地位有很大不同。如在轴承工业中,磨削加工占工作量的绝大部分;锅炉、轮船等主要由钢板的焊接结构件组成,焊接在加工中占主要的地位;在机床工业中,铸件所占比重最大;而在仪表工业中,大多为冲压件等。

各种金属加工方法都在向着高精度、高生产率和低成本的方向迅速发展,因而零件的制造工艺也将随之发生变化,例如小型柴油发动机的曲轴已用球墨铸件成功地代替了过去的钢锻件。各种少切削、不用切削的新加工工艺的发展,改变了传统的制造工艺,从而节省了大量的金属并大幅度地提高了生产率,例如粉末冶金技术的发展及高分子材料的广泛应用。

此外,各种金属加工工艺过程的机械化、自动化的迅猛发展,特别是电子计算机的应用,数控机床和加工中心的出现,它们正在迅速地改变整个机械制造工业的面貌。

二、金属工艺学的发展

金属工艺学是在总结人类生产的基础上发展起来的,我国劳动人民在长期的生产实践中



创造了伟大的古代文明。

我国在商代就大量使用青铜器,当时青铜冶炼和铸造技术已经相当精湛,例如在河南安阳武官村出土的司母戊大方鼎,是商代用于祭祀的大型铸件,鼎重达 875 公斤,其上花纹精致,整体造型精美,代表了我国青铜器制造工艺的顶峰。春秋战国时期青铜类兵器更是广泛使用,制剑术已相当高明,例如湖北省江陵县出土的春秋时期越王勾践的宝剑,就说明当时的人们已经掌握了一些锻造和热处理技术。到了秦代,青铜器更是得到了广泛的应用,特别是秦始皇陵出土的大型彩绘铜车马,结构精致,形态逼真,由几千个零部件组成,综合了铸造、焊接、凿削、研磨、抛光及各种联接工艺。这表明当时金属工艺技术已经得到了很大的发展。

在春秋末期我国就出现了铁器,比欧洲早 1800 年左右,例如河北省兴隆地区出土的春秋战国时期铸造农具用的铁模子,说明铁制农具在当时已经大量用于农业生产。到了汉代,张衡发明了地动仪、浑天仪等科学仪器;祖冲之改进了指南车,无论车怎样转向,车上的铜人总是指南方。明代宋应星编著的《天工开物》是世界上最早的有关金属工艺方面的书籍,书中记载了如何冶铁、炼钢、锻造、淬火和焊接等金属成型及加工方法。这些都对世界文明发展具有重要影响。但是,由于我国长期处于封建统治中,严重地束缚了科学技术的发展,造成了近现代我国与先进国家之间很大的差距。

解放后,我国在金属材料、非金属材料及其加工技术方面有了突飞猛进的发展,推动了我国机械制造业的发展,为我国现代化建设事业做出了杰出贡献。原子弹、导弹、人造地球卫星、高性能材料等重大研究项目的成功都标志着我国在金属工艺方面的发展达到了新的高度。

现今,我国已经成为了世界的“加工工厂”,机械制造业已比较成熟,各种高性能材料都开始研发和生产,数控加工中心已经在很多企业应用。但机械制造水平仍不容乐观,主要处于中低档次,一些高性能的材料和制造设备还靠进口。

机械制造出现了数控(NC)、计算机数控(CNC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)、计算机集成制造(CIM)、准时化生产(JIT)、制造资源规划(MRP)、精益生产(LP)和敏捷制造(AM)等多项先进制造技术与制造模式,使制造业正经历新的变革。

但现在无论是我国还是世界上其他制造业发达的国家如美国、日本和德国等都在致力于让电脑完全替代人脑来完成从机械零件的设计到加工制造及装配的整个过程,提出了虚拟制造技术(VRT),其中已经比较好地解决了快速原型零件制造技术(RPM)及设计制造过程中的产品数据管理技术(PDM),但对最关键的工艺编程即计算机辅助工艺设计技术(CAPP)还没有很好的解决办法,很多企业都是靠有经验的工艺师来编制机械零件的工艺规程。所以我们必须学好金属工艺学的基础知识,为将来走上工作岗位打好基础,从而为我国机械工业的发展做出自己的贡献。

三、金属工艺学的基本要求和教学方法

金属工艺学的内容多而杂,有很强的实践性和综合性。它的目的是使学生系统地获得有关金属材料与热处理以及各种加工方法的基本知识,为学习其他有关课程和参加生产技术工作奠定必要的基础。

在接下来的学习中,我们将学习金属、金属合金的各种性能及其表示指标,并了解一些常





用指标的测量方法;学习金属、金属合金及一些常用的非金属材料的内部结构、牌号、成分、性能及其应用范围,并了解金属的热处理工艺;学习金属热加工的常用方法,铸造、锻压和焊接的基本原理、基本工艺、特点、分类及应用范围,并了解金属切削的基本知识,各种切削方法所使用的机床及各种切削方式的适用范围。

针对金属工艺学的特点,我们将实行理论和实际相结合,课堂教学和课外实验相交融,教学时间内安排的金工实习和组织同学到工厂进行认识实习相统一。同时,在教学中注意培养学生的动手能力和解决实际问题的能力;结合当前金属工艺学的前沿技术,给学生指明未来的发展方向,培养出能被社会认可的人才。

因此,在这门课结束后,学生应具有以下基本知识和技能:

(1)了解金属的性能及其成分、组织间的关系,能够在将来的工作中应用金属性能的各个指标量,会测定一般金属的性能指标。

(2)了解各种钢材、铸铁、有色金属和非金属的类型(牌号)、组成成分、性能、用途和一般选用原则,理解常用热处理工艺的原理、特点及应用。

(3)掌握主要的毛坯成形方法的基本原理、工艺特点和生产方法,具有选择毛坯及工艺分析的初步能力。

(4)了解铸件、锻件、焊接件加工工艺的基本原理和特点。

(5)掌握机械制造生产过程、生产类型及其特点;掌握各种主要加工方法的实质特点、基本原理和设备;了解零件的加工工艺过程,并具有选择零件加工方法的能力和编制简单制造工艺规程的能力。

(6)了解有关的新工艺、新技术、新设备及其发展趋势。同时逐步形成经济环保意识,培养科学、创新与艰苦奋斗的精神。

本章习题

1. 金属工艺学主要包括哪几个方面的知识?
2. 请谈一下机械零件(如齿轮)制造的大体过程。
3. 简述我国金属工艺学的发展过程及现代制造工业出现的几个重要的技术。
4. 请谈谈你对金属工艺学内容、目的和学习方法的看法。
5. 本课程学完后我们应该具有哪些基本技能,你准备怎样培养这些能力?

第一章 金属的性能

金属材料是现代制造业的基本材料,广泛用于制造各种生产设备、工具、武器和生活用具,从生产使用的各种机床到日常用的锅碗,从天上飞的飞机到地上跑的汽车都主要是由金属制成。金属材料之所以获得广泛的应用,是因为它们具有许多良好的性能。金属材料的性能包含使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能,它包括物理性能、化学性能和机械(力学)性能等;工艺性能是指金属材料在制造过程中适应加工的性能,如铸造性能、锻造性能、焊接性能以及切削加工性能等,它反映金属材料在制造加工过程中的各种特性。

第一节 金属的物理性能与化学性能

金属的物理性能是指金属固有的属性,主要包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。根据机器零件的不同用途,对材料物理性能的要求亦有所不同。例如一些电机或电器零件要求金属材料具有良好的导电性,飞机零件则选用密度小的铝合金等来制造,而对于内燃机的活塞则要求材料具有小的热膨胀系数。

金属的化学性能是指金属在各种温度下抵抗各种化学介质作用所表现出来的性能,包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性,例如普通金属的生锈。

一、金属的物理性能

1. 密度

某种物质单位体积的质量称为该物质的密度,可用下式表达:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-1)$$

式中, ρ 为物质密度, kg/m^3 ; M 为物质质量, kg ; V 为物质体积, m^3 。

一般将密度小于 $5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$ 的金属称为轻金属,密度大于 $5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$ 的金属称为重金属。

2. 熔点

金属和合金从固态向液态转变时所需要的温度称为熔点。纯金属都有固定的熔点,合金的熔点取决于它的化学成分,例如钢是铁和碳组成的合金,含碳量不同,熔点也不同。

根据熔点的不同,金属材料可分为低熔点金属和高熔点金属两大类。熔点高的金属称为难熔金属(如 W、Mo、V 等),可用来制造耐高温零件,例如喷气飞机的发动机燃烧室需用高熔点合金来制造。熔点低的金属称为易熔金属(如 Sn、Pb 等),可用来制造印刷铅字和电源上的保险丝等。对于热加工,材料的熔点是制定热加工工艺的重要依据之一。例如,铸铁和铸铝熔点不同,它们的熔炼工艺也有较大的区别。

3. 热膨胀性

金属材料随温度变化体积发生膨胀或收缩的特性称为热膨胀性。常用的热膨胀性判断依据是材料的热膨胀性系数 α_l , 可用下式表达:

$$\alpha_l = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \Delta t} \quad (1-2)$$

式中, α_l 为线膨胀系数, $1/^\circ\text{C}$; l_1 为膨胀前的长度, m; l_2 为膨胀后的长度, m; Δt 为温度变化量, $^\circ\text{C}$ 。

一般材料都具有热胀冷缩的特点。在工程实际中, 许多场合要考虑热膨胀性。例如, 制造内燃机活塞的材料, 热膨胀系数要小; 铺设铁轨时, 两根钢轨衔接处应留有一定空隙, 使钢轨在长度方向有伸缩的余地。因此, 在制定热加工工艺时, 应考虑材料的热膨胀性, 尽量减小工件的变形和开裂等。

4. 导热性

金属材料传递热量的性能称为导热性。常用的导热性判断依据是热导率, 其符号用 λ 表示, 单位是 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。金属的热导率越大, 它的导热性就越好。另外, 金属的纯度越高, 导热能力就越强。一般来说, 合金的导热性比相应的纯金属差。

5. 导电性

金属材料传导电流的能力称为导电性。电阻率是表示材料导电能力的性能指标。长 1m, 截面积为 1mm^2 的导体在一定温度下具有的电阻值, 称为电阻率 ρ , 单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 。 ρ 的值越大, 相应金属导电性越差。

在金属中, 银的导电性最好, 其次是铜和铝, 合金的导电性比纯金属差。导电性好的金属适合作导电材料(纯铝、纯铜等); 导电性差的材料适于制作电热元件。

6. 磁性

金属材料在磁场中受到磁化的性能称为磁性。根据金属材料在磁场中受到磁化程度的不同, 可分为铁磁性材料(如铁、钴等)、顺磁性材料(如锰、铬等)、抗磁性材料(如铜、锌等)三类。

二、金属的化学性能

金属及合金的化学性能是指它们抵抗各种化学介质作用的能力。主要的化学性能有: 耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。对于在腐蚀介质中或在高温下工作的零件, 必须采用化学稳定性良好的材料。例如化工设备通常采用不锈钢制造; 发电设备的有些零件需用耐热钢制造。

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧气、水蒸汽及其他化学介质腐蚀破坏作用的能力称为耐腐蚀性。腐蚀性对金属的危害很大, 每年因腐蚀而损耗掉大量的金属材料, 这种现象在制药、化肥、制酸、制碱等部门尤为严重。因此, 提高金属材料的耐腐蚀性, 对于节约金属、延长零件使用寿命等具有十分现实的意义。

2. 抗氧化性

金属材料在加热时阻止氧化作用的能力称为抗氧化性。金属的氧化随温度的升高而加



速,钢铁材料在高温下(570℃以上)表面易氧化,主要原因是生成了疏松多孔的 FeO,氧原子易通过 FeO 进行扩散,使钢内部不断氧化,温度越高,氧化速度越快。这不仅造成金属材料过量的损耗,也会使机器形成各种缺陷,为此常采取措施避免金属材料发生氧化。

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。金属材料在高温下的化学稳定性称为热稳定性。在高温条件下工作的设备(如锅炉、加热设备、汽轮机、喷气发动机等)的部件需要选择热稳定性好的材料来制造。

第二节 金属的力学性能

金属材料在外力(载荷)作用下所表现出来的性能,称为力学性能或机械性能。金属力学性能的高低,表征着金属抵抗各种机械损害作用能力的大小,是评定金属质量的主要判断依据,也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。力学性能主要有强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。

一、力学基本概念

1. 载荷

载荷就是物体受到的外力,也称负载。不同的载荷对金属的力学性能要求不同,根据载荷作用性质的不同,可以分为静载荷、冲击载荷及交变载荷等3种。

静载荷是指大小、方向不变或变动缓慢的载荷;冲击载荷是指在短时间内突然变化的载荷;交变载荷是指周期性或非周期性变化的载荷。

2. 变形

金属材料受不同载荷作用而发生的几何形状和尺寸的变化,称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形。

(1)弹性变形。材料在载荷作用时发生变形,当载荷卸去后,变形也完全消失。这种变形就叫弹性变形。例如弹簧的变形。

(2)塑性变形。当作用在金属材料上的载荷超过一定范围,这时若卸去载荷,金属材料还有一部分变形不能消失,这种不能消失的变形就叫塑性变形,也叫永久变形,例如折弯的钢管。

一般金属材料都同时存在这两种变形,只是不同性质的金属材料表现出的变形不同。

3. 内力和应力

物体在载荷作用下,内部之间的相互作用力称为内力。单位面积上的内力称为应力(内力与应力的关系,类似于压力和压强的关系),可用下式表示:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1-3)$$

式中, σ 为应力, N/m^2 ; P 为内力, N ; A 为横截面积, m^2 。

二、强度

强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力。强度越高的材料,所能承受的载荷越大。按



作用力性质不同,强度可分为屈服强度(屈服点)、抗拉强度等。

材料的强度可以通过拉伸试验得到的拉伸曲线求得,具体的拉伸试验将在第三节介绍。

1. 屈服强度

屈服强度是指金属材料在外力作用下开始产生明显塑性变形时的最小应力,也叫屈服极限。用 σ_s 表示,单位为帕(Pa),计算公式如下:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0} \quad (1-4)$$

式中, P_s 为屈服时的载荷, N; A_0 为试样拉伸前的截面积, m^2 。

有许多金属和合金材料,并没有明显的屈服现象发生,往往在测试时不能明确测定,因此为了表明这些材料的屈服极限,工程界规定以试样产生伸长量为试样长度的 0.2% 时的应力作为材料的“条件屈服极限”,用 $\sigma_{0.2}$ 来表示。

屈服极限是选用金属材料时非常重要的机械性能指标。机械零件所受到的应力,一般都应小于屈服极限,否则就会产生明显的塑性变形。

2. 抗拉强度

抗拉强度是金属材料断裂前所承受的最大应力,故又称强度极限。常用 σ_b 来表示,单位为帕(Pa),计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0} \quad (1-5)$$

式中, P_b 为试样承受的最大载荷, N; A_0 为试样拉伸前的截面积, m^2 。

材料的强度极限越高,能承受的应力越大。因此金属材料不能在超过其屈服极限 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强度极限 σ_b 的条件下工作,否则会导致机件的破坏。

三、塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生永久变形但不致引起破坏的性能。

金属材料的塑性通常用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示。这些都通过试验测定,具体试验将在第三节介绍。

1. 伸长率

伸长率是试样拉断后标距增长量与原始标距长度的百分比,计算公式如下:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中, l_0 为试样的原始长度, mm; l_1 为试样拉断后长度, mm。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处横截面面积的相对收缩值,计算公式如下:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中, A_0 为试样的原始截面积, mm^2 ; A_1 为试样拉断后缩颈处最小面积, mm^2 。

伸长率和断面收缩率愈大,则塑性愈好。良好的塑性是金属材料能够进行塑性加工的必要条件。在一般的情况下, $\delta = 5\%$ 或 $\psi = 10\%$, 就能满足绝大多数零件对塑性的要求。

四、硬度

金属材料抵抗其他更硬的物体压入其内的能力叫硬度。硬度是材料性能的一个综合物理量,表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形和断裂的能力。

金属材料的硬度可用专门仪器来测试,常用的有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等,具体测量方法将在第三节介绍。

1. 布氏硬度

用布氏硬度机测试出来的硬度叫布氏硬度。布氏硬度(HB)是目前最常用的硬度之一,根据试验方法分为 HBS 和 HBW 两种。它的压痕面积较大,HB 值的代表性较全面,而且试验数据的重复性也好。

由于淬火钢球本身的变形问题,不能试验太硬的材料,一般在 HB450 以上的就不能使用,同时由于压痕较大,成品检验也有困难,所以这种硬度标准通常用于测定铸铁、有色金属、低合金结构钢等材料的硬度。

2. 洛氏硬度

用洛氏硬度机测试出来的硬度叫洛氏硬度。洛氏硬度 HR 根据不同的硬度标尺可分为 HRA、HRB、HRC 等 3 种,其中 HRC 最常用。洛氏硬度 HR 可以用于硬度很高的材料,而且压痕很小,几乎不损伤工件表面。但洛氏硬度由于压痕较小,硬度代表性就差些,如果材料中有偏析或组织不均的情况,则所测硬度值的重复性也差。所以这种硬度标准一般用于调质钢、正火钢、退火钢和铸铁等。

3. 维氏硬度

用维氏硬度机测试出来的硬度叫维氏硬度。维氏硬度 HV 与布氏硬度 HB 表示方法相似。因为试验时所加的试验力较小,压入深度较浅,故可测量较薄的材料,也可测量渗碳层、渗氮层的硬度。其测试范围很广,准确性高。但测试手续较繁,压痕小,对试样表面质量要求较高。

五、韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力叫韧性,也叫冲击韧性。常用一次摆锤冲击试验来测定金属材料的冲击韧性。韧性用符号 α_k 表示,单位为 J/cm^2 ,其计算公式如下:

$$\alpha_k = \frac{A_k}{S_0} \quad (1-8)$$

式中, A_k 为冲击试样所吸收的功,J; S_0 为试样缺口处的横截面积, cm^2 。

金属的韧性通常随加载速度的提高,温度的降低,应力集中程度的加剧而减小。冲击韧性是衡量金属韧性的常用指标之一。

六、疲劳强度

金属材料在无数次重复或交变载荷作用下而没引起断裂的最大应力叫疲劳强度,也称疲

劳极限,用 σ_r 表示,其中 r 为应力循环次数。若金属承受的载荷为交变载荷,则用 σ_{-1} 来表示。金属承受的交变应力越大,则断裂时循环次数 r 越少,即零件的寿命越短;反之,则 r 越大,寿命越长。

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计,在机械零件失效中约有80%以上属于疲劳破坏,而且疲劳破坏的机件在失效前没有明显的变形,而是突然的断裂,所以疲劳断裂经常造成重大事故。

机械零件之所以产生疲劳断裂是由于材料表面或内部有缺陷(夹杂、划痕、尖角等)。这些地方的局部应力大于屈服点,从而产生局部塑性变形而导致开裂,这些微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,直至最后承受载荷的截面大大减小,以至不能承受所加载荷而突然断裂。

金属的疲劳极限受到很多因素的影响,有工作条件、表面状态、材料本质及残余应力等。改善零件的结构形状、降低零件表面粗糙度以及采取各种表面强化的方法,都能提高零件的疲劳强度。

第三节 几种常用金属力学性能的测量方法

一、强度、塑性的测定

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。拉伸试验是用静拉力对标准试棒进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长,直至断裂。根据测得数据,即可求出有关的力学性能。

1. 拉伸试棒

拉伸试棒的形状一般有圆形和矩形两类,通常采用圆形试棒,如图1-1所示。在国家标准中,对试棒的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。试棒分为短试棒和长试棒两种。

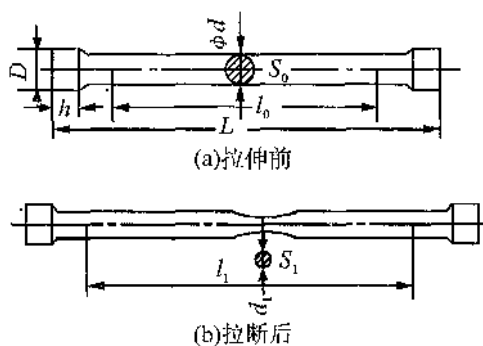


图1-1 圆形拉伸试棒

2. 试验方法

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的,图1-2是拉伸试验机外形示意图。当试棒在拉伸夹头上安装好后,开动试验机,试棒在轴向拉力的作用下,产生拉伸变形,通过记录拉伸过程中的拉伸曲线来测定其力学性能。