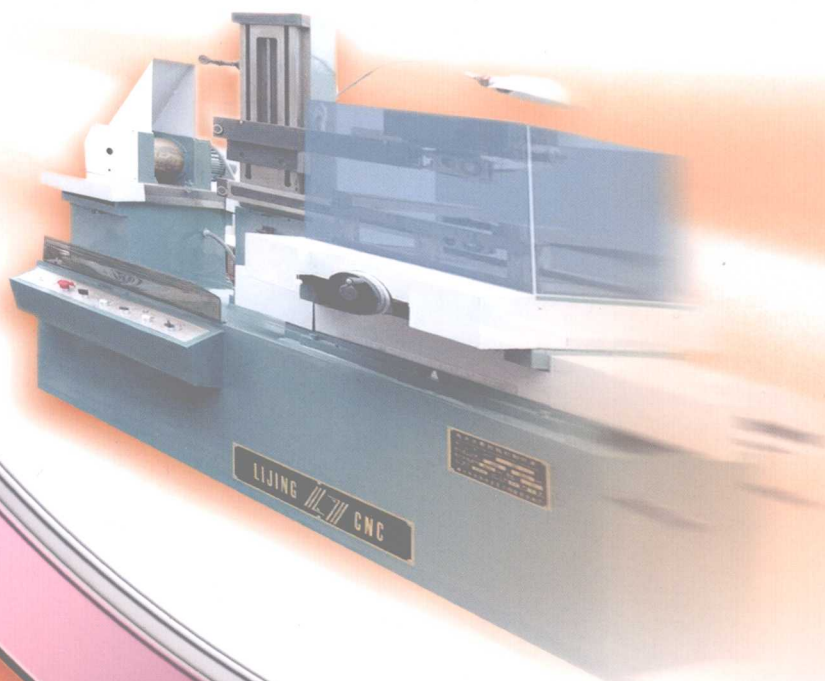




21世纪高职高专规划教材·数控系列

机械制造基础

主编 冀秀焕 主审 唐建生



中国人民大学出版社

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

机械制造基础

主 编 冀秀焕

副主编 张晓妍 徐荣政 刘立新

康 一 杜 鑫

主 审 唐建生

中国人民大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/冀秀焕主编
北京:中国人民大学出版社,2008
21 世纪高职高专规划教材·数控系列
ISBN 978-7-300-08988-1

I. 机…
II. 冀…
III. 机械制造-高等学校:技术学校-教材
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 019696 号

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

机械制造基础

主 编 冀秀焕
主 审 唐建生

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	010-62511242(总编室)	010-62511398(质管部)	
	010-82501766(邮购部)	010-62514148(门市部)	
	010-62515195(发行公司)	010-62515275(盗版举报)	
网 址	http://www.crup.com.cn http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	河北秦皇岛昌黎文苑印刷有限公司		
规 格	185 mm × 260 mm 16 开本	版 次	2008 年 3 月第 1 版
印 张	20.75	印 次	2008 年 3 月第 1 次印刷
字 数	508 000	定 价	32.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

21 世纪高职高专机电类教材建设专家指导委员会

(按姓氏笔画为序)

- | | | |
|-----|-----|----------------|
| 马必学 | 院 长 | 武汉职业技术学院 |
| 于志云 | 副院长 | 青岛职业技术学院海尔学院 |
| 王蒙田 | 副院长 | 太原城市职业技术学院 |
| 孙慧平 | 院 长 | 宁波职业技术学院海天机电学院 |
| 杜建根 | 副院长 | 河南工业职业技术学院 |
| 金志涛 | 院 长 | 威海职业(技术)学院 |
| 钟 健 | 院 长 | 深圳职业技术学院机电工程学院 |
| 贾晓枫 | 院 长 | 合肥通用职业技术学院 |
| 陶 昆 | 副院长 | 平顶山工业职业技术学院 |
| 翟 轰 | 院 长 | 陕西工业职业技术学院 |

出版说明

21 世纪制造业的竞争,其实是数控技术的竞争。随着数控技术、电气自动化技术的迅速发展及数控加工设备数量的急剧增长,我国制造类企业急需大批数控编程、操作、维修人才及电气自动化技术人才,而目前劳动力市场这种高等技术应用性人才严重短缺。为此,教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部等联合启动了“职业院校制造业和现代服务业技能紧缺人才培养培训工程”,明确了高等职业教育的根本任务就是要从劳动力市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以能力为本位,努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才。

大量培养高技能型人才中的一个重要基础问题就是教材建设。为了适应机电类高职教育迅速发展的形势,中国人民大学出版社依托教育部高等职业教育机电类专业的专家指导,进行了广泛的调研,期望探索出建设符合高职教育教学模式、教学方式、教学改革教材的新路子。中国人民大学出版社先后组织全国 20 多所高职院校的院系领导及骨干教师召开了多次教材建设研讨会,对机电类具有工学结合特色的高职教材的编写指导思想,以及教材的定位、特色、名称、内容、篇幅进行了充分的论证,成立了中国人民大学出版社机电类专业规划教材编委会以及机电类教材建设专家指导委员会,组织出版高等职业教育机电类专业系列教材。

根据高等技术应用性人才培养目标,本套教材既具有高等教育的知识内涵,又具有职业教育的职业能力内涵,主要体现了以下特色:

1. 以综合素质为基础,以能力为本位。本套教材把提高学生能力放在突出的位置,符合教育部机电类专业教学基本要求和人才培养目标,注重创新能力和综合素质培养。

2. 以社会需求为基本依据,以就业为导向。本套教材以机电类企业的生产需求为依据,体现工学结合的特色,明确职业岗位对职业核心能力的要求,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力。

3. 反映了机电领域的新知识、新技术、新工艺、新方法。本套教材注意克服以往专业教材中存在的內容陈旧、更新缓慢的弊端,选择了目前最新的控制系统为典型实例,采用了最新的国家标准及相关技术标准。

4. 贯彻学历教育与职业资格证、技能证考试相结合的精神。本套教材把职业资格证、技能证考证的知识点与教材内容相结合,将实践教学体系与国家职业技能鉴定标准实行对接,使学生在学校学习的同时,也能顺利地获得职业资格证书。

5. 教材体系立体化。为了方便教师教学和学生学学习,本套教材配备了电子课件、电子教案、教学指导、题库、案例素材等教学资源,并将配备相应的教学支持服务平台。

在本套教材的研发与编写过程中,要感谢诸多专家、领导,感谢他们对机电类专

业规划教材研发所投入的大量精力,同时要感谢关注高等职业教育、参加本套教材研发与编写的各位老师,我们希望能够得到大家一如既往的支持,为我国的高等职业教育发展作出更大的贡献。

中国人民大学出版社

2008 年 1 月

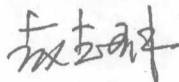
总 序

制造业在国民经济中占有举足轻重的地位，世界上具有重要影响力的国家无一不是制造业强国。制造业的持续发展是我国实现新型工业化的重要组成部分，是今后很长时期带动我国国民经济发展的火车头。中国要想成为制造业强国，目前还面临很多困难，其中很重要的一个就是缺乏高素质专业人才，包括相对稳定的、掌握先进生产技术的技能型人才，而以精益生产为代表的先进制造模式，是将柔性制造技术、高素质劳动者以及企业内部和企业之间的灵活管理方式集成在一起，对技能型人才的工作能力又提出了新的要求。

近年来，我国加工制造类职业教育取得了较大发展，中、高等职业院校加工制造类专业学生总数不仅逐年增加，而且占学生总数的比例也在增加。制造类职业教育取得的进步，特别是数量上的发展，为我国实现走向制造业大国的阶段性战略目标奠定了基础。然而，制造类职业教育还存在着很多问题，特别是在教育质量方面，主要表现在课程设置、教学内容选择、教学设计以及教材建设上没有充分考虑企业需求和学生的职业发展规律；教学不能满足企业技术进步和劳动组织发展需要等方面，这已经成为困扰职业教育教学质量提高的瓶颈。因此，加强课程和教材建设，已经成为众多职业院校教育教学工作的重要内容。

职业院校以市场和需求为导向的课程和教材建设，应当从专业所面向的职业工作任务和岗位要求出发，明确培养规格和关键能力要求，从而为学生的职业生涯发展奠定良好的基础，这不论是在理论上还是实践上都面临着巨大的挑战。这里不仅要引入先进的职业教育理念，需要丰富的专业实践经验，而且需要把先进、实用的技术有针对性地与职业院校的教学工作有机结合起来。在此，这套由中国人民大学出版社组织编写的针对机械制造、数控、自动化等专业的“21世纪高职高专规划教材”都进行了有益的探索。希望这套教材的出版不但能帮助职业院校更快、更好、更容易地培养出社会所紧缺的技能型人才，而且也能为我国职业教育的教学改革提供有价值的经验。

北京师范大学 技术与职业教育研究所所长



2008年2月27日

前言

本书是根据高职高专教育的实际出发,结合近年来教育教学改革的成果,注重科学性、实践性、应用性、创新性,做到基本概念清晰,基本理论够用,强化实际应用为重点,每章都有小结和复习思考题,对基本要求还附有实验内容,强化理论性与实践性,达到学以致用目的。

教材共15章,第1章材料的性能,第2、3章金属学基础,包括金属晶体结构与结晶、铁碳相图,使读者建立材料成分—组织结构—力学性能这三者之间的关系。第4章钢的热处理,主要介绍钢的改性、强化和表面处理技术。第5、6、7章主要介绍军工用钢、铸铁、有色金属及其合金,介绍了各种常用金属材料的成分、结构、性能特点及机械零件在兵器装备上的应用,同时介绍了新材料、新工艺、新技术的应用与发展方向。第8章为非金属材料及其成形,主要介绍高分子材料、陶瓷材料及复合材料的组成、分类及其在兵器装备上的应用及成形。第9、10、11章介绍材料的成形方法(铸造、锻造、焊接),包括一般成形和少切削或无切削的精密成形方法。第12章为材料和成形工艺的选择,介绍了零件失效形式和原因,材料和成形选择的原则和方法,并对典型军工零件的材料和成形方法进行了选择。第13章机械制造必需的机械加工工艺基础知识,第14章枪弹普通制造技术,包括车、铣、刨、钻、磨、电火花、激光加工技术;第15章介绍先进的制造技术的发展趋势。本教材的目的是让学生既有一定的理论性,又有较强的综合性;并针对高等职业教育的特点,在内容上加强了应用性,注重培养学生分析问题、解决问题的能力,突出创新意识。

本书由河南工业职业技术学院冀秀焕副教授担任主编,张晓妍、徐荣政、刘立新、康一、杜鑫为副主编。参加编写的人员有:徐荣政(第11章),刘立新(第13章),丁延松(第7章),张晓妍(第3、15章)、陆茵(第6、9章),刘云豫(第5章),杨雪玲(第1、10章),张宏阁(第8章),冀秀焕(绪论、第2章),青岛科技大学康一(第12、14章),新乡学院杜鑫(第4章)。

全书由河南工业职业技术学院机械工程系主任副教授唐建生担任主审。康保平副教授对全书的文字进行了修改,在本书的编写过程中,参考了大量的资料、文献和图片,在此,对原作者表示深切的谢意。

由于时间短,作者水平有限,书中可能存在的错误和缺陷,欢迎读者批评指正。

编者

2007年10月

目 录

绪论	1
第1章 工程材料的性能	3
1.1 强度	4
1.2 塑性	5
1.3 硬度	6
1.4 冲击吸收功	8
1.5 金属材料的硬度实验	9
小结	12
习题	13
第2章 金属的晶体结构与结晶	14
2.1 纯金属的晶体结构	14
2.2 纯金属的实际晶体结构	15
2.3 合金的晶体结构	17
2.4 金属的结晶	19
2.5 合金的晶体结构与结晶	20
2.6 人工晶体	20
小结	21
习题	21
第3章 铁碳合金	22
3.1 铁碳合金的基本组织	22
3.2 铁碳合金相图	24
3.3 铁碳合金成分、组织与性能之间的关系	29
3.4 Fe-Fe ₃ C 相图的主要应用	30
3.5 铁碳合金平衡组织观察实验	31
小结	37
习题	37
第4章 钢的热处理	39
4.1 钢的热处理原理	39
4.2 钢的退火与正火	47
4.3 钢的淬火与回火	48
4.4 钢的表面热处理	52
4.5 钢的化学热处理	54
4.6 钢的热处理新工艺简介	56

4.7	热处理新技术和表面强化处理新技术简介	56
4.8	非合金钢的热处理实验	61
	小结	65
	习题	65
第5章	军工用钢	67
5.1	钢铁材料的生产	67
5.2	钢中常存杂质元素对钢性能的影响	68
5.3	合金元素在钢中的作用	68
5.4	钢的分类	72
5.5	钢的编号方法	73
5.6	军工用的非合金钢	74
5.7	低合金钢	78
5.8	合金结构钢	80
5.9	合金工具钢	89
5.10	高速工具钢	98
5.11	特殊性能钢	101
5.12	新型钢材	107
	小结	110
	习题	111
第6章	铸 铁	112
6.1	铸铁的基本知识	112
6.2	常用铸铁	114
6.3	合金铸铁	120
6.4	新型铸铁	122
	小结	122
	习题	122
第7章	有色金属及粉末冶金材料	124
7.1	铝及其合金	124
7.2	铜及其合金	130
7.3	钛及钛合金	136
7.4	滑动轴承合金	139
7.5	粉末冶金材料	142
	小结	146
	习题	147
第8章	非金属材料及其成形	148
8.1	高分子材料及其成形	148
8.2	陶瓷材料及其成形	155
8.3	复合材料及其成形	161
	小结	166
	习题	167

第9章 铸造成形	168
9.1 铸造概述	168
9.2 砂型铸造	169
9.3 铸造工艺图	171
9.4 铸件的结构工艺性	178
9.5 特种铸造	182
9.6 铸造成形新技术	188
小结	190
习题	190
第10章 锻 压	192
10.1 锻压概述	192
10.2 自由锻	195
10.3 模锻	200
10.4 板料冲压	208
10.5 塑性加工成形新技术	212
小结	215
习题	216
第11章 焊 接	217
11.1 焊接的基本原理	217
11.2 焊条电弧焊	218
11.3 其他焊接方法	223
11.4 常用金属材料的焊接	229
11.5 焊接结构	232
小结	237
习题	238
第12章 军工材料及成形工艺的选择	239
12.1 军工零件的失效分析	239
12.2 材料及成形工艺选择原则	242
12.3 材料及成形工艺选择方法	245
12.4 典型军工零件的材料及成形工艺选择	250
小结	260
习题	260
第13章 机械制造基础	261
13.1 金属切削加工的基础知识	261
13.2 机械加工工艺过程基础知识	269
小结	279
习题	279
第14章 枪、弹普通制造技术	280
14.1 车削加工	280
14.2 铣削加工	284

绪论

一、机械制造基础在制造业中的作用

机械制造是人们按照所需的目的,运用知识和技能,使原材料变成产品的过程。其任务就是为国防部门、国民经济、科研单位提供现代化的技术装备。从航空航天宇宙飞船上天,到深海潜艇发展,都需要强大而完整的现代化机械制造业,先进制造技术是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代管理等技术成果,将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务等机械制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,取得理想技术经济效益的制造技术的总称。

机械制造基础工程结构所用的材料,它包括金属材料和非金属材料。金属材料是最重要的工程材料,它包括黑色金属(通常指钢铁材料等)和有色金属材料(指除钢铁材料以外的所有金属材料,如铜及铜合金,铝及铝合金等),90%以上的结构件和工具都是金属材料制作;非金属材料是指除金属材料以外的材料。机械工业生产常用的高分子材料、陶瓷材料和复合材料,非金属材料发展迅速,特别是合成高分子材料的产量,每年增长率高达14%,以成为重要的工程材料。材料是人类社会发展的重要物质基础,也是科技进步的重要标志。人类社会是以材料的生产和使用作为文明进步的尺度来划分社会发展阶段的,如石器、陶器、青铜器、铁器时代以及正在进入的人工合成材料的新时代。如今,材料、能源、信息和生物工程已成为发展现代化生产的四大支柱,而材料又是能源、信息和生物发展的物质基础。材料工业的发展水平是衡量一个国家经济实力与技术水平的重要标志,也是一个国家国防力量最重要的物质基础。新材料及其成形技术的发展又推动了传统产业的技术进步和产业结构调整,同时国防工业往往是新材料技术成果的优先使用者,新材料技术的研究和开发对国防工业和武器装备的发展起着决定性的作用。

现代国防工业向着现代化、信息化方向发展,材料更有着不可替代的作用。各种材料的性能好坏直接影响到军工产品的质量、寿命和可靠性,直接影响着国家的安全。

总之,在机械制造过程中,无论是从事设计工作,从事军工制造工作,还是从事管理工作,熟悉工程材料及改性、成形技术和加工基本知识都是必要的。

二、课程的目标、任务和基本要求

1. 课程的目标 高职高专人才培养目标为:培养具有良好的综合素质;必需够用为度,较全面的应用基础知识;熟练操作及创新能力;具有解决实际技术问题能力的一线生产与管理人才。根据这一培养目标,本课程是高职高专机械类各专业必修的综合性技术基础课。制造行业的设计、管理、生产、维护人员,必须了解常用工程材料与成形工艺的有关知识。以创新应用为核心,以使用现代化的机械设备,加工出高质量的机械产品为本课程主要目标。

2. 教学任务 通过本课程的学习,使学生获得常用工程材料与成形工艺的基本知识,培养学生具有初步选择材料、改性方法、毛坯成形方法的能力,为学习其他后续课程和从事工业生产第一线技术工作奠定必要的基础。本课程重在培养学生的创新能力;解决具体生产工艺问题的能力;着重培养学生在机械制造领域内进行选择和判断能力;并兼顾提高高职应用性人才的技术文化修养。

3. 基本要求 学生在学完本课程后,要达到以下基本要求:

- (1) 掌握常用工程材料的种类、性能及其改性方法,初步掌握应用范围和选择原则。
- (2) 熟悉毛坯主要成形方法的基本原理和工艺特点,具有选择毛坯及工艺分析的初步能力。
- (3) 了解零件的结构工艺性。
- (4) 了解新材料、新工艺、新技术、新的成形方法及发展方向。

三、教学建议

机械工程材料及成形工艺是一门实践性很强的综合性技术基础课。为达到本课程教学的基本要求,理论教学前,应进行一定的实践训练或将本课程与实训结合进行。

为保证教学质量,根据教学计划安排理论、实验、课后作业、综合练习等教学方式,也可以采用现场教学、投影仪、电教片、多媒体课件、网络教学等多种形式,提高学生的学习兴趣,寓教于乐,充分发挥学生学习的积极性,不断提高教学效果,建议教学时数为60~90学时。

本课程的教学内容,应根据教学计划安排理论、实验、课后作业、综合练习等教学方式,也可以采用现场教学、投影仪、电教片、多媒体课件、网络教学等多种形式,提高学生的学习兴趣,寓教于乐,充分发挥学生学习的积极性,不断提高教学效果,建议教学时数为60~90学时。

附录 主要参考文献

1. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
2. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
3. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
4. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
5. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
6. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
7. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
8. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
9. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。
10. 机械工程材料及成形工艺,机械工业出版社,2008。

第1章 工程材料的性能

1.1

工程材料是应用于各行各业的重要材料，是构成各种设备和设施的基础。工程材料的性能可分为使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中所表现出来的性能，包括力学性能、物理性能和化学性能等。工程材料使用性能的好坏，决定着它的使用寿命和应用范围。工艺性能是指材料适应各种冷、热加工的能力，主要包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能、热处理工艺性能等。材料工艺性能的好坏，会直接影响零件或构件的制造方法和制造成本。

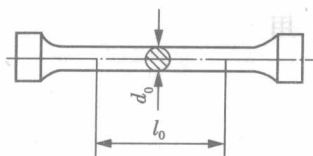
金属材料在加工和使用过程中都要承受不同形式外力的作用，当外力达到或超过某一限度时，材料就会发生变形，甚至断裂。材料在外力作用下所表现的一些性能（如强度、刚度、塑性等），称为材料的力学性能。

材料的力学性能，不仅是设计零件、选择材料的重要依据，而且也是验收、鉴定材料性能的重要依据之一，同时还是改进工艺、控制产品质量的重要参数之一。

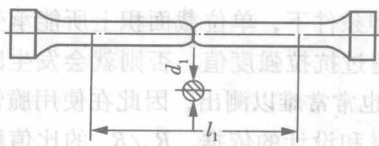
根据载荷性质，零件受力情况可分为静载荷和非静载荷两类。静载荷是指缓慢地作用在工件上的力，如机床床头箱对床身的压力、钢索的拉力、梁的弯矩、轴的扭矩和剪切力等。非静载荷包括冲击载荷和交变载荷等，如空气锤锤杆所受的冲击即为冲击载荷；交变载荷指大小与方向随时间发生周期性变化的载荷。运转中的发动机曲轴、齿轮、连杆、弹簧等零件所承受的载荷均为交变载荷。

材料在外力作用下引起形状和尺寸改变，称为变形。变形一般分为弹性变形（卸载后可恢复原来形状和尺寸）和塑性变形（卸载后不能完全恢复原来形状和尺寸）。

材料进行静力拉伸试验时，先将被测金属材料制成标准试样，如图1—1所示。当 $l_0=10d_0$ 时，称为长试样；当 $l_0=5d_0$ 时，称为短试样。将试样夹装在拉伸试验机上，然后对试样



(a) 拉伸前



(b) 拉伸后

图1—1 标准拉伸试样

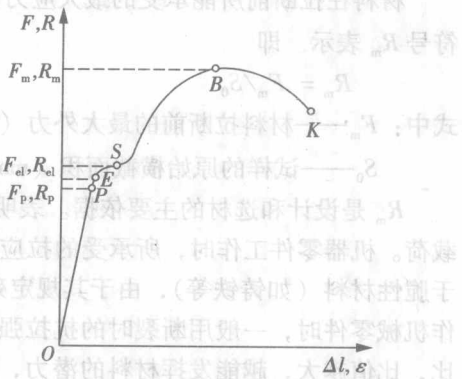


图1—2 低碳钢的拉伸曲线

逐渐施加拉伸载荷,直至把试样拉断为止。根据试样在拉伸过程中承受的载荷和产生的变形量之间的关系,可测出载荷 F 和轴向伸长量 Δl 之间的关系曲线,称为拉伸曲线,如图 1—2 所示。材料受外力作用时将产生变形,并随着作用力的增大,材料由弹性变形转变为塑性变形,直至断裂。

1.1 强度

金属的强度是指金属抵抗变形和断裂的能力。强度的大小通常用应力来表示。拉伸时,材料单位截面上的内力称为应力,用 R (旧国标符号 σ) 表示,单位为 MPa (兆帕)。常用的强度主要有屈服强度、规定残余伸长应力、抗拉强度、疲劳强度等。

1.1.1 屈服强度与规定残余伸长应力

(1) 屈服强度 (也称屈服点) 材料在外力作用下刚开始产生塑性变形时的最小应力值称为屈服强度,用符号 R_{el} 表示,单位为 MPa。

$$R_{el} = F_{el} / S_0$$

式中: F_{el} ——材料屈服时的载荷 (N);

S_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。

屈服强度表示金属材料对微量塑性变形的抗力指标。零件在工作时一般不允许产生明显的塑性变形,所以 R_{el} 是多数机械零件选材和设计的主要力学依据。

(2) 规定残余伸长应力 不少材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象,也不产生缩颈,难以测出屈服强度。此时可用规定残余伸长应力代替屈服强度。规定残余伸长应力是指试样卸除拉伸力后,其试样标距部分的残余伸长量 (塑变量) 为试样原始标距长度 0.2% 时的应力值作为屈服强度,即规定残余伸长应力,用符号 $R_{0.2}$ 表示,如图 1—3 所示。

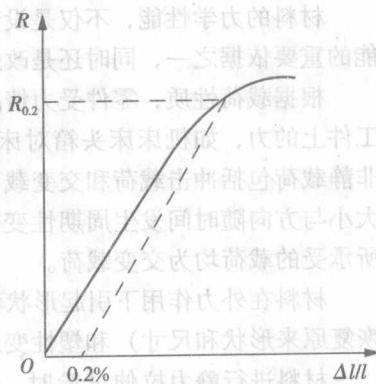


图 1—3 规定残余伸长应力的测定

1.1.2 抗拉强度

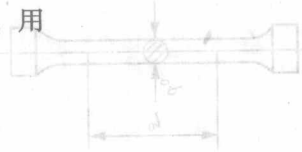
材料在拉断前所能承受的最大应力值称为抗拉强度,用符号 R_m 表示。即

$$R_m = F_m / S_0$$

式中: F_m ——材料拉断前的最大外力 (N);

S_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。

R_m 是设计和选材的主要依据。表明了材料在拉伸条件下,单位截面积上所能承受的最大载荷。机器零件工作时,所承受的拉应力绝不允许超过抗拉强度值,否则就会发生断裂。对于脆性材料 (如铸铁等),由于其规定残余伸长应力也常常难以测出,因此在使用脆性材料制作机械零件时,一般用断裂时的抗拉强度值作为选材和设计的依据。 R_{el}/R_m 的比值称为屈强比,比值越大,越能发挥材料的潜力,减少结构的自重。但为了使用安全,应选择合适的比值,普通合金钢的屈强比在 0.65~0.75 之间。



1.1.3 疲劳强度

疲劳是指零件在交变载荷或重复应力作用下,过早发生破坏的现象。交变载荷可以是大小交变、方向交变或同时改变大小和方向。如轴、弹簧、齿轮、连杆、叶片等在交变载荷长期作用下工作,虽然零件所承受的交变应力数值小于材料的屈服强度,但在长时间运转后也会发生断裂,这种现象称为疲劳断裂。零件产生疲劳断裂,原因是表面应力集中(如小孔、螺纹、尖角、缺口、截面突变等);表面和内部缺陷(如划伤、刀痕、夹渣、气孔、疏松、显微裂纹等);或在循环应力作用下经过较长时间的工作形成微细裂纹,这种裂纹就是疲劳源。由于循环应力的不断作用,裂纹会不断向纵深扩展,形成疲劳扩展区,使零件有效承载面积减小。最终当有效承载面积减小到不能承受外加载荷作用时,零件会在低于屈服强度,甚至会在低于弹性极限的应力下发生突然瞬时断裂。疲劳断裂具有很大的突发性和危险性,往往会造成严重事故。图1—4是典型断口三个区域的示意图。把试样承受无限次应力循环或达到规定的循环次数才断裂的最大应力,作为材料的疲劳强度。对对称(弯曲)循环交变载荷下测定的疲劳强度用符号 R_{-1} 表示。金属承受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数 N 越少。

图1—5是钢铁材料的疲劳曲线,钢铁材料应力循环次数达到 10^7 时不发生断裂的最大应力作为疲劳强度。有色金属和合金的疲劳曲线不出现水平直线,因此工程上规定循环次数到 10^8 时不发生断裂的最大应力作为它们的疲劳强度。

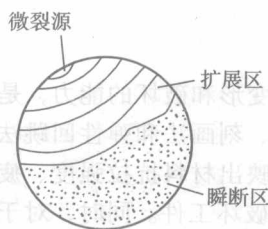


图1—4 疲劳断口示意图

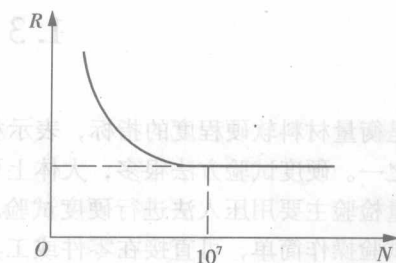


图1—5 钢铁材料的疲劳曲线

材料的 R_{-1} 与 R_m 是紧密相关的。对非合金钢来说,其关系为 $R_{-1} = 0.45 \sim 0.55 R_m$ 。可见材料的疲劳强度随其抗拉强度增大而增大。

零件的疲劳断裂具有很大的危险性,为提高材料的疲劳强度,可以通过改善结构设计避免应力集中;也可以通过提高加工工艺减少内部缺陷;还可以通过降低零件表面粗糙度和表面强化方法(如表面淬火、化学热处理、表面滚压、喷丸处理和表面涂层)等来提高表面加工质量。

1.2 塑性

塑性是指材料在断裂前产生永久变形而不被破坏的能力。材料的塑性通常采用断后伸长率 A (旧国标符号 δ) 和断面收缩率 Z 来表示。

1.2.1 断后伸长率

试样拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比称为断后伸长率,用符号 A 表示。

$$A = (L_u - L_0) / L_0 \times 100\%$$