

中国高等职业技术教育研究会推荐

21世纪高等职业教育规划教材

机械工程材料及热加工基础

侯德政 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

中国高等职业技术教育研究会推荐

21 世纪高等职业教育规划教材

机械工程材料及 热加工基础

侯德政 主编

国防工业出版社

• 北京 •

内容简介

本书根据高等职业教育的培养目标组织编写。本书主要内容机械材料工程材料和热加工基础两部分组成:机械材料部分包括金属的力学性能、金属学基础、钢的热处理、金属材料、非金属材料、复合材料以及选材等内容;热加工基础部分主要包括钢的热处理、铸造、锻压及焊接等内容。另外,还简要介绍了金属材料的表面处理技术等。它是多年来生产与科研实践经验的总结,也是教学实践经验的积累。全书理论联系实际,突出应用能力的培养,叙述简明扼要、条理清晰,图文并茂。

本书是高职高专机械类和近机类专业教材,也可供各类成人高校和中等职业学校选用以及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料及热加工基础/侯德政主编. —北京:国防工业出版社, 2008. 1

21世纪高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-118-05383-8

I. 机... II. 侯... III. ①机械制造材料-高等学校-教材 ②热加工-高等学校-教材 IV. TH14 TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 154151 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)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15¼ 字数 344 千字

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422 发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535 发行业务: (010) 68472764

21 世纪高等职业教育机电类规划教材 编审专家委员会名单

主任委员 方 新 (北京联合大学教授)

委员 刘跃南 (深圳职业技术学院教授)

(按姓氏笔画排列)

付文博 (烟台南山学院副教授)

刘 炯 (国防工业出版社副编审)

刘克旺 (青岛职业技术学院副教授)

刘建超 (成都航空职业技术学院教授)

闫大建 (北京科技职业学院副教授)

米国际 (西安航空技术高等专科学校副教授)

李景仲 (辽宁省交通高等专科学校副教授)

徐时彬 (四川工商职业技术学院副教授)

郭紫贵 (张家界航空工业职业技术学院副教授)

蒋敦斌 (天津职业大学教授)

韩玉勇 (枣庄科技职业学院副教授)

颜培钦 (广东交通职业技术学院副教授)

总 策 划 江洪湖 刘 炯

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育机电类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技术应用型人才,这就要求我们高等职业教育机电类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育机电类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织了一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的数控、模具、汽车、自动化、机电设备等方面的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方 新

《机械工程材料及热加工基础》

编委会名单

主 编 侯德政

副主编 周文超 陈淑花

主 审 卢端敏 王周让

编 委 (按姓氏笔画排列)

韦肖飞 夏罗生 高红旺 曹 静

《机械材料》前言

单委会编

本教材为高职高专机电类专业（包括机械类专业和近机类专业）教材，是根据高等职业技术教育的培养目标组织编写的，主要供高等职业技术学院和高等专科学校学生使用，也可供各类成人高校和中等职业学校选用和有关工程技术人员参考。

本教材主要由机械工程材料和热加工基础两部分组成：机械工程材料部分包括金属的力学性能、金属学基础、钢的热处理、金属材料、非金属材料、复合材料以及选材等内容；热加工基础部分主要包括铸造、锻压及焊接等内容。另外还简要介绍了金属材料的表面处理技术等。

本教材在内容安排上力求适应高职高专机械类及近机类专业少学时、重技能的教学改革要求，在保证教学内容的基础性和实践性原则下，重点放在培养学生的创造性思维能力和解决实际问题的能力。

本书执笔者：侯德政（绪论、第4章、第9章和第10章），陈淑花（第3章），夏罗生（第1章），高红旺（第2章），韦肖飞（第7章），曹静（第5章、第6章），周文超（第8章）。

本书由侯德政任主编，周文超、陈淑花任副主编，卢端敏、王周让任主审。

中国高等职业技术教育研究会、张家界航空工业职业技术学院、西安航空技术高等专科学校、宜宾职业技术学院在本书的出版过程中提供了支持与帮助，在此表示衷心感谢！

在本书的编写过程中，参阅了高等学校有关教材及国内出版的资料，书中还引用了许多同行所编著的教材和著作中的资料，在此一并表示衷心的感谢。

本教材编写力求跟上高等职业教育改革与发展的步伐，但由于编者水平有限，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

绪论	1
第 1 章 材料的力学性能	3
1.1 强度与塑性	3
1.1.1 力—伸长曲线	3
1.1.2 强度	4
1.1.3 塑性	5
1.2 硬度	5
1.2.1 布氏硬度	6
1.2.2 洛氏硬度	7
1.2.3 维氏硬度	8
1.3 冲击吸收功	8
1.3.1 大能量一次冲击	8
1.3.2 小能量多次冲击	9
1.4 疲劳强度	10
1.4.1 疲劳现象	10
1.4.2 疲劳强度测定	10
思考题与习题	11
第 2 章 金属的晶体结构与结晶	13
2.1 金属的结晶	13
2.1.1 纯金属的结晶	13
2.1.2 合金的结晶	15
2.2 纯金属的晶体结构	17
2.2.1 晶体结构的基本知识	17
2.2.2 典型的金属晶体结构	18
2.2.3 纯金属的实际晶体结构	18
2.3 合金的晶体结构	20
2.3.1 基本概念	20
2.3.2 合金的相	21
思考题与习题	22
第 3 章 铁碳合金	23
3.1 基本概念	23
3.1.1 纯铁的同素异晶转变	23

3.1.2	铁碳合金的基本相	23
3.1.3	铁碳合金的机械混合物	24
3.2	铁碳合金相图	25
3.2.1	Fe-Fe ₃ C 相图分析	25
3.2.2	铁碳合金的分类	27
3.2.3	典型铁碳合金的结晶过程分析	28
3.3	含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响	30
3.3.1	含碳量对铁碳合金平衡组织的影响	30
3.3.2	含碳量对铁碳合金性能的影响	31
3.4	Fe-Fe ₃ C 相图的应用	32
3.4.1	选用钢铁材料方面的应用	32
3.4.2	铸造工艺方面的应用	32
3.4.3	锻压工艺方面的应用	32
3.4.4	焊接工艺方面的应用	33
3.4.5	热处理工艺方面的应用	33
3.4.6	应用 Fe-Fe ₃ C 相图时应注意的问题	33
	思考题与习题	33
第 4 章	钢的热处理	34
4.1	钢加热时的组织转变	34
4.1.1	奥氏体的形成	34
4.1.2	奥氏体晶粒大小及其影响因素	35
4.2	钢在冷却时的组织转变	36
4.2.1	奥氏体的等温转变	37
4.2.2	奥氏体的连续冷却转变	41
4.3	钢的整体热处理	42
4.3.1	钢的退火	42
4.3.2	钢的正火	43
4.3.3	钢的淬火	44
4.3.4	钢的回火	48
4.4	钢的表面热处理	50
4.4.1	表面淬火	50
4.4.2	化学热处理	51
4.5	其他热处理方法简介	54
4.5.1	形变热处理	54
4.5.2	真空热处理	54
4.5.3	可控气氛热处理	54
4.5.4	激光热处理和电子束表面淬火	55
	思考题与习题	55
第 5 章	钢和铸铁材料	56

5.1	钢铁生产	56
5.1.1	钢铁的冶炼	56
5.1.2	钢材的生产	59
5.2	杂质元素和合金元素在钢中的作用	59
5.2.1	钢中的常存杂质元素及其作用	59
5.2.2	合金元素在钢中的作用	60
5.3	非合金钢	63
5.3.1	非合金钢的分类	63
5.3.2	非合金钢的编号、性能和应用	63
5.4	低合金钢	69
5.4.1	低合金钢的分类	69
5.4.2	低合金钢的编号	70
5.4.3	常用低合金钢	70
5.5	合金钢	73
5.5.1	合金钢的分类	73
5.5.2	机械结构用合金钢与工程结构用合金钢	74
5.5.3	合金工具钢	80
5.5.4	高速工具钢	84
5.5.5	特殊性能钢	86
5.6	铸铁	89
5.6.1	概述	90
5.6.2	灰铸铁	91
5.6.3	球墨铸铁	93
5.6.4	其他铸铁	96
	思考题与习题	99
第6章	非铁金属与非金属材料	100
6.1	铝及铝合金	100
6.1.1	工业纯铝	100
6.1.2	铝合金	102
6.1.3	铝合金热处理强化	103
6.2	铜及铜合金	103
6.2.1	工业纯铜	104
6.2.2	铜合金的分类	104
6.2.3	加工铜合金	104
6.2.4	铸造铜合金	107
6.2.5	铜合金的强化	108
6.3	钛及钛合金	108
6.3.1	纯钛	108
6.3.2	钛合金	109

02	6.3.3 钛合金的热处理	110
02	6.4 粉末冶金材料	111
22	6.4.1 粉末冶金简介	111
22	6.4.2 常用粉末冶金材料	112
22	6.5 非金属材料	113
08	6.5.1 高分子材料	113
80	6.5.2 工业陶瓷	118
80	6.5.3 复合材料	120
80	思考题与习题	121
	第7章 机械零件的选材与金属表面处理	122
00	7.1 零件的失效	122
07	7.1.1 失效形式	122
07	7.1.2 失效的原因	123
27	7.2 选材的原则、方法和步骤	123
27	7.2.1 选材的基本原则	123
27	7.2.2 选材的方法和步骤	125
08	7.3 典型零件的选材	126
28	7.3.1 轴类零件的选材	127
28	7.3.2 齿轮类零件的选材	128
28	7.3.3 箱体类零件的选材	129
09	7.4 金属材料的表面处理	130
19	7.4.1 表面强化处理	130
22	7.4.2 金属的表面防腐处理	131
22	7.4.3 金属表面装饰处理	134
22	思考题与习题	134
	第8章 铸造	136
001	8.1 铸造概述	136
001	8.1.1 什么是铸造	136
201	8.1.2 铸造的特点、分类及应用	136
201	8.1.3 合金的铸造性能	137
201	8.2 砂型铸造	141
201	8.2.1 砂型铸造基本工艺过程及铸型的组成	141
201	8.2.2 造型材料	142
201	8.2.3 造型、造芯方法	143
701	8.2.4 合型、熔炼与浇注	149
801	8.2.5 落砂与清理	152
801	8.3 砂型铸造工艺图	152
801	8.3.1 铸造工艺图设计的一般程序	153
001	8.3.2 绘制铸造工艺图	156

8.4	铸件的结构工艺性	157
8.4.1	铸造性能对结构的要求	157
8.4.2	铸造工艺对结构的要求	159
8.5	特种铸造	160
8.5.1	金属型铸造	160
8.5.2	压力铸造	161
8.5.3	离心铸造	161
8.5.4	熔模铸造	162
8.5.5	实型铸造	163
8.6	液态成形技术的发展	164
8.6.1	造型技术的新进展	164
8.6.2	计算机在铸造中的应用	165
8.7	铸件质量与技术检验	165
8.7.1	铸件缺陷的产生原因及预防措施	165
8.7.2	铸件检验	167
	思考题与习题	167
第9章	锻压	169
9.1	锻压概述	169
9.1.1	锻压加工方法及特点	169
9.1.2	金属的塑性变形	170
9.1.3	塑性变形对金属组织和性能的影响	170
9.1.4	金属的锻造性能	173
9.1.5	锻造比	174
9.2	自由锻	174
9.2.1	自由锻设备	175
9.2.2	自由锻工序	176
9.2.3	自由锻工艺规程	177
9.2.4	自由锻锻件结构的工艺性	183
9.3	模锻	184
9.3.1	锤上模锻	184
9.3.2	其他设备上的模锻	188
9.4	板料冲压	191
9.4.1	冲压设备	191
9.4.2	冲压模具	192
9.4.3	板料冲压的基本工序	193
9.4.4	冲压件的结构工艺性	198
9.5	其他塑性成形方法简介	200
9.5.1	精密模锻	200
9.5.2	高速锤锻	200

9.5.3	超塑性成形	201
	思考题与习题	201
第 10 章	焊接	202
10.1	焊条电弧焊	203
10.1.1	焊接设备	203
10.1.2	焊接电弧	203
10.1.3	焊接冶金特点	204
10.1.4	焊接热影响区	205
10.1.5	焊条	206
10.1.6	焊条电弧焊工艺	209
10.2	其他焊接方法	213
10.2.1	埋弧焊	213
10.2.2	熔化极气体保护焊	214
10.2.3	钨极惰性气体保护焊	215
10.2.4	等离子弧焊	215
10.2.5	电渣焊	216
10.2.6	电阻焊	217
10.2.7	气焊	219
10.2.8	钎焊	219
10.2.9	高能量密度焊	220
10.3	常用金属材料的焊接	221
10.3.1	金属材料的焊接性	221
10.3.2	钢的焊接	221
10.3.3	铸铁的焊补	223
10.3.4	非铁基金属及其合金的焊接	224
10.4	焊接结构工艺性设计	225
10.4.1	焊接结构材料的选用	225
10.4.2	焊接方法的选择	225
10.4.3	焊接接头形式的选择	227
10.4.4	焊缝布置	227
10.4.5	焊接结构工艺设计实例	229
	思考题与习题	230
	参考文献	232

绪论

1. 本课程在工业生产中的地位和作用

一般地,机械产品如飞机、船舶、机床、汽车、自行车、仪器仪表等,其生产过程主要有材料、毛坯、零件和机械装配等四大环节,即先将材料用铸造方法,或锻压方法,或焊接方法等制成零件的毛坯,再经过切削加工制成所需的零件,最后将零件装配成机械产品。通常,在制造过程中,用热处理方法改善毛坯和工件的力学性能。

材料的种类很多,其中用于制造机械工程结构、零件和工具的材料称为机械工程材料。按化学成分的不同,机械工程材料又分金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

金属材料包括两类:铁和以铁为基础的合金(俗称黑色金属),如钢、铸铁和铁合金等钢铁材料。非铁金属(俗称有色金属),如铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金等。

复合材料就是将两种或两种以上不同性质的材料,经人工复合而成的新材料。

非金属材料是泛指除金属材料 and 复合材料以外的材料,常用的有高分子材料和陶瓷材料等。

生产中常把制造零件毛坯的生产技术如铸造、锻压、焊接,以及用来改变工件力学性能的热处理技术统称为热加工工艺。

2. 机械工程材料及热加工工艺的发展史简介

材料是人类生产和生活的物质基础,材料及热加工工艺技术的进步,在人类文明社会的发展进程中起着极其重要的作用。历史上,人类社会经历了石器时代、铜器时代和铁器时代,而现在人类已进入了人工合成材料的新时代。

在古代,我国的材料和热加工工艺技术在上世界上处于领先地位,这从已出土的大量青铜器和铁器中得到了印证。1939年在河南出土的商殷祭器司戊大方鼎,造形凝重威严,重达875kg,鼎上花纹细致精巧,字迹清晰可辨,说明我们祖先在3000多年前就有了高水平的冶炼和铸造技术。

从1974年以来,在陕西秦始皇陵墓附近出土了大量的青铜器,其中有一把青铜剑,历经2000多年表面仍没有生锈,出土时仍锋利无比、光亮如新,一次能划透20张纸。经鉴定系铜锡合金,并含10多种其他稀有金属,表面有层 $10\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ 的含铬化合物氧化层,表明曾采用铬盐氧化技术处理。镀铬技术是在20世纪30年代由德国人发明的,而我国在2000多年前就开始在兵器上镀铬,实在令人叹服。

1980年12月在秦始皇陵西侧20m处,发掘出土了两乘大型彩绘铜车马。铜车马除尺寸约为真马、真人的1/2外,其他都与真车、真马、真人无异。铜车马由大小3400个零部件组装而成。车长317cm,高106cm。铜马高65mm~67cm,身长120cm,质量也各不相同,最轻的为177kg,最重的为212.9kg。车、马、人总质量达1243kg。主体为青铜铸造而成。车马的金银装饰品共计1720件。金银器总重达7kg。其制作工艺之高超,造型艺

术之逼真,令人赞叹不已。其伞状车盖厚 4mm,车窗仅厚 1mm,还有许多透孔。马缨络用细如发丝的青铜丝铸成,直径仅有 0.1mm。马的项圈是由 42 节金和 42 节银焊接起来的,考古学家们只有借助于放大镜才能看到这两种熔点不同的金属的焊接痕迹。马的笼头是用一根金管,一根银管,采用子母扣连接的形式制成,笼头上有根销子,拔下销子就可将笼头完整地取下来。制作铜车马采用了铸造、焊接、锻造、铆接、镶嵌、切削、研磨以及抛光等多种工艺技术。其复杂程度与水平之高举世罕见。

上述事实都说明了我国古代的冶炼、铸造、锻造、热处理等材料及热加工工艺已处于相当高的技术水平,在当时处于世界领先地位。我们的祖先为世界文明和人类社会的进步做出过突出的贡献。但遗憾的是由于种种原因,从明代起一直到 20 世纪 40 年代,我国科学技术的发展处于相对落后甚至停滞的状态,材料及热加工工艺也不例外。

新中国成立以来,我国在材料及热加工工艺领域得到了迅速发展,到 1996 年,仅钢铁材料就达到了年产 1 亿吨,居世界前列。目前,我国机械工程材料的研究和生产都具备了相当的规模,具有高性能、高品质和特殊功能等的新材料不断出现。热加工新技术、新工艺不断应用于生产中。现代材料及热加工的规模和技术为我国机械制造业的高速发展奠定了牢固的基础,也为我国的电子、军工、汽车、航空、航天、航海等高新技术产品提供了有力的技术保障。所取得的成绩表明,我国的机械工程材料和热加工工艺与世界先进水平的差距正在逐步减小。

3. 课程特点和教学方法

本课程具有覆盖知识面宽而不深、综合性强、实用性强等特点,它涉及到金属材料及热处理、非金属材料、铸造、锻压、焊接及表面处理等方面,每方面都是一个独立的专业。但本课程作为机械类和近机械类专业的一门专业基础课,要求学生对常见的机械零件所用的材料会选择、会使用。了解材料的成分、组织结构和性能之间的关系。较熟练地认识各类材料的牌号。对热加工工艺及其他内容也应有相当的了解。

本课程的实践性和应用性较强,在教学活动中密切联系实际尤为重要。所以,在学习本课程前应安排热加工实习或参观,以使学生对热加工及材料应用方面有一定的感性认识。本课程的教学方法以课堂教学为主,包括课堂讲授、课堂演示、课堂讨论等,这些应多采用多媒体教学法,同时,应安排必要的现场教学、实验以及作业、测验、考试等。

第 1 章 材料的力学性能

为正确、合理地使用和加工材料,必须了解其性能。机械工程材料的性能包括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的性能,如力学性能、物理性能、化学性能等。工艺性能是指材料在各种加工过程中所表现出来的性能,它包括铸造、锻压、焊接、热处理及切削加工工艺性能等。

力学性能是指在外力作用下所表现出来的性能,主要有强度、塑性、硬度、冲击吸收功和疲劳极限等。一般机械制造中选用材料和鉴定零件质量时,常以力学性能指标为主要依据。本章将主要介绍上述各性能指标及试验方法。

1.1 强度与塑性

强度是指材料抵抗塑性变形和断裂的能力。塑性是指材料在静载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力。测定材料的强度指标和塑性指标数据的方法是拉伸试验。拉伸试验是指用静拉伸力对材料试样轴向拉伸,测量力和相应的伸长量。材料在拉伸过程中的变化一般是弹性变形—塑性变形—断裂。

1.1.1 力—伸长曲线

拉伸试验时,力—伸长曲线即拉伸力与伸长量之间的对应关系曲线,一般由拉伸试验机自动绘出。通过力—伸长曲线,即可计算出强度指标和塑性指标数据。

试验时,先将被测材料制成标准试样,如图 1-1(a)所示。试样的直径为 d_0 ,标距的长度为 l_0 。将试样装夹在拉伸试验机上,缓慢增加拉伸力。试样标距的长度将逐渐增加,直至被拉断,再把两段试样对接起来,标距将增至 l_1 ,断裂处截面的直径减至 d_1 ,如图 1-1(b)所示。

图 1-2 所示是低碳钢试样的力—伸长曲线。曲线的 oe 段近似一段斜直线,表示伸长量与拉伸力成正比,试样随拉伸力的增加而均匀伸长,此时如果去掉拉伸力,试样可完全恢复到原来的形状和尺寸,表示受力不大时试样处于弹性变形阶段。当拉伸力 F 继续增加超过 e 点以后,除弹性变形外,试样还开始产生微量塑性变形。拉伸力增大到 s 点时,拉伸力保持不变,而试样的伸长变形却继续进行,曲线在 s 点附近出现一水平(或锯齿形)线段,这种现象称为屈服现象。拉伸力超过 F_s 后,试样的伸长量又随拉伸力的增加而增大,曲线呈上升趋势。当拉伸力增加到 F_b 时,试样上某个部位发生局部收缩,即出现了“缩颈”。此后,试样的变形局限在缩颈处,由于截面缩小,所能承受的拉伸力迅速减小,最后到达 K 点时,试样在缩颈处断裂。

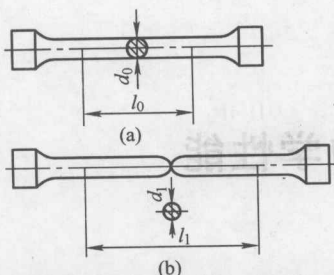


图 1-1 拉伸试样
(a) 试验前; (b) 试验后。

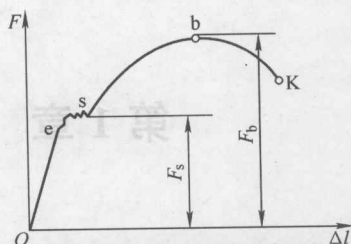


图 1-2 力—伸长曲线

1.1.2 强度

材料的强度指标用应力度量。常用的强度指标主要有弹性极限、屈服点和抗拉强度等。

1. 弹性极限

弹性极限是指试样产生完全弹性变形时所能承受的最大拉应力,用符号 σ_e 表示,即

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 F_e ——试样产生完全弹性变形时的最大拉伸力(N);

A_0 ——试样原始横截面面积(mm^2)。

有些零件如枪管、炮筒和精密零件等在工作时不允许产生微量塑性变形,设计时弹性极限是选用材料的主要依据。

2. 屈服点

屈服点是指试样在试验过程中拉伸力不增加(保持恒定)仍然能继续伸长(变形)时的应力。用符号 σ_s 表示,即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 F_s ——试样屈服时所承受的拉伸力(N);

A_0 ——试样原始横截面面积(mm^2)。

不少材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象,难以按上述公式计算其屈服点。对此类材料,国家标准规定以试样塑性变形量为 0.2% 时的应力值来规定残余伸长应力,来代替屈服点。用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

机械零件在工作时其塑性变形都有严格的控制,过量塑性变形是机械零件失效的主要原因。因此,除了少量要求特别严格的零件设计和选材时用弹性极限 σ_e 外,屈服点 σ_s 或规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 是一般机械零件选材和设计的主要依据。

3. 抗拉强度

抗拉强度是指试样被拉伸前所承受的最大拉应力。用符号 σ_b 表示,即

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 F_b ——试样断裂前所承受的最大拉伸力(N);

A_0 ——试样原始横截面面积(mm^2)。