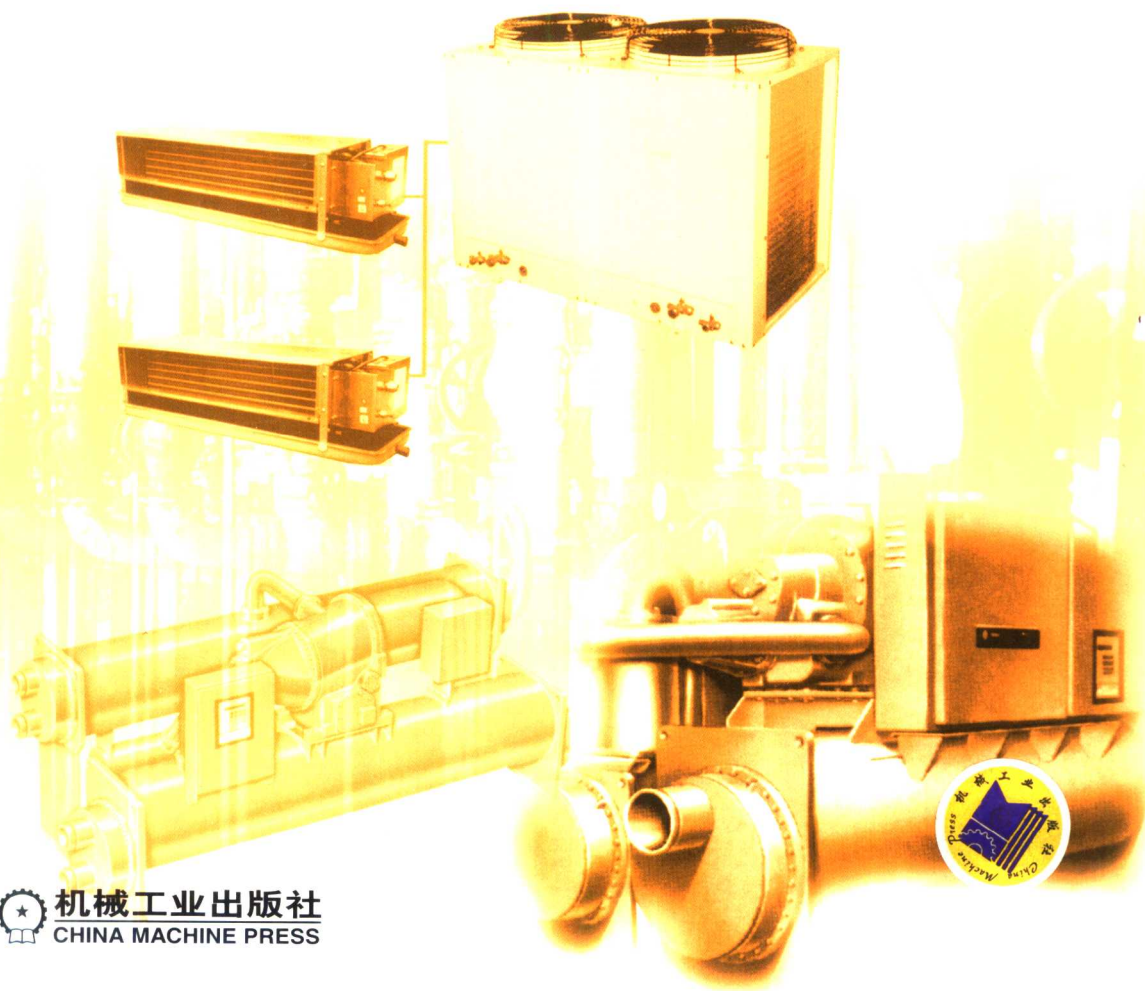




世纪供热通风与空调工程系列规划教材

机械基础

主编 李卫平
主审 余 宁



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书为供热通风与空调专业教材,全书共三篇,十三章,主要包括工程材料及钢的热处理、金属的焊接与气割、机械原理及机械零件三部分内容。根据高等职业教育供热通风与空调专业的特点及理论教学与实践教学内容的实际需要,主要介绍了金属材料的性能及内部组织结构;钢的常用热处理方法的基本原理及应用;常用金属材料和非金属材料的种类、牌号、性能、用途;常用焊接、气割金属的加工工艺知识及操作方法;常用机械传动、机构及零件的种类、特点、应用等内容。本教材以基本原理和应用为主线,注意理论与实际相结合,突出应用性。为便于学生复习和巩固,每章后都附有复习思考题。

本教材突出了高等职业教育的特色,其内容既具有系统性、全面性,又具有针对性、实用性,可作为高职高专供热通风与空调、给水排水、电气安装、水电设备等非机械专业教学用书,也可作为其他专科、电大、职大、函大等相关专业教学用书,还可作为施工管理、施工技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/李卫平主编. —北京:机械工业出版社,2004.7

(21世纪供热通风与空调工程系列规划教材)

ISBN 7-111-14506-2

I. 机... II. 李... III. 机械学-高等学校-教材 IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第046323号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:李俊玲 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年7月第1版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·7.375印张·285千字

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材根据高等职业教育教学要求及供热通风与空调专业教学特点进行选材和编写,重点突出对学生应用能力和实践能力的培养,并充分体现新材料、新工艺、新技术的应用,使学生为后续专业课的学习、参加实习实训乃至参加工作奠定必备的机械基础知识。

本教材在编写时注意拓宽学生的知识面并具有实用性,注意培养学生的分析、思考能力和总结、归纳能力。同时本着有所为、有所不为的原则,使基础理论部分内容具有一定的深度并学为所用;对重点内容讲明讲细并多配合应用实例;对非重点内容简单介绍;对有规律的内容做到举一反三。各章均配有复习思考题。

本教材既可作为高职高专供热通风与空调、给水排水、电气设备、水电设备等非机械专业教材,也可作为相关专业的专科、电大、函大、职大的教学或培训用书以及施工管理、施工技术人员的参考用书。本教材的教学参考学时约为 80 学时。

本教材具体编写分工是:沈阳建筑大学职业技术学院李卫平编写绪论,第一、二、三、四、五章;湖南城建职业技术学院吕东风编写第六、七、八、九章;新疆建设职业技术学院努尔古丽编写第十、十一章;湖南城建职业技术学院李又香编写第十二、十三章。全书由李卫平任主编,吕东风任副主编,江苏广播电视大学建筑工程学院余宁主审。

由于编者水平有限,教材中难免存在缺点和错误,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一篇 工程材料及钢的热处理

第一章 金属材料的性能	3
第一节 金属材料的力学性能	3
第二节 金属材料的物理性能和化学性能	9
第三节 金属材料的工艺性能	11
复习思考题	12
第二章 金属及合金的内部结构	13
第一节 金属的晶体结构	13
第二节 合金的基本结构	20
第三节 铁碳合金	22
复习思考题	31
第三章 钢的热处理	33
第一节 钢在加热及冷却时的组织转变	33
第二节 钢的普通热处理	39
第三节 钢的表面热处理	44
第四节 热处理新工艺简介	47
第五节 影响热处理质量的工艺因素	48
复习思考题	50
第四章 常用金属材料	51
第一节 金属材料的分类	51
第二节 碳素钢	52
第三节 合金钢	58
第四节 铸铁	65
第五节 有色金属及其合金	68
第六节 金属的腐蚀、控制与防护	75
复习思考题	78
第五章 常用非金属材料简介	79
第一节 塑料	79
第二节 橡胶	81

第三节 陶瓷	83
第四节 复合材料	84
复习思考题	86

第二篇 金属的焊接与气割

第六章 焊条电弧焊	88
第一节 焊接电弧	88
第二节 焊条电弧焊的设备	91
第三节 焊条	93
第四节 焊条电弧焊工艺	97
第五节 焊接接头的金属组织与性能	104
第六节 焊接应力与焊接变形	105
第七节 常用金属材料的焊接	108
复习思考题	114
第七章 气焊与气割	116
第一节 气焊、气割常用气体及材料	116
第二节 气焊、气割设备	118
第三节 气焊工艺	121
第四节 气割工艺	124
复习思考题	127
第八章 其他焊接方法	129
第一节 埋弧焊	129
第二节 气体保护焊	130
第三节 等离子弧的切割和焊接	132
第四节 电渣焊	135
第五节 电阻焊	136
第六节 钎焊	138
第七节 电子束焊与激光焊	140
复习思考题	142
第九章 焊接缺陷与质量检验	143
第一节 常见的焊接缺陷	143
第二节 焊接质量的检验	147
复习思考题	151

第三篇 机械原理及机械零件

第十章 机械传动	152
-----------------------	-----

VI

第一节 概述	152
第二节 带传动	155
第三节 链传动	165
第四节 齿轮传动	169
第五节 蜗杆传动	181
复习思考题	183
第十一章 常用机构	185
第一节 平面连杆机构	185
第二节 凸轮机构	194
第三节 间歇运动机构	197
复习思考题	199
第十二章 螺纹联接	201
第一节 螺纹	201
第二节 螺纹联接	202
第三节 螺纹联接的防松装置	206
复习思考题	207
第十三章 轴系零件	208
第一节 轴	208
第二节 键与销联接	211
第三节 滚动轴承	213
第四节 滑动轴承	219
第五节 联轴器、离合器和制动器	223
复习思考题	228
参考文献	229

绪 论

一、我国机械工业的发展状况

众所周知,机械工业的发展水平和规模代表着整个社会的发展状况,机械的大力开发和利用,有效地推动着各个行业的发展和进步。所以,社会的发展和进步在某种程度上无疑受到机械工业发展的制约。

材料是人类生存和发展、征服自然和改造自然的物质基础。我国是最早发明和使用金属材料的国家,早在 5000 年前就发明了冶铜术,春秋时期又发明了冶铁技术,开始用铸铁制造农具,这比欧洲国家早 1800 多年。1939 年在河南武官村出土的殷商祭器司母戊大方鼎,铸造精美,重达 875kg,由此可见在距今 3000 多年前,我国的冶铸技术已达到了很高的水平,对世界文明和人类进步作出了巨大的贡献。

我国的机械加工业有着悠久的历史。远古时期的人们就能利用杠杆、碾子、绞盘等简单机械从事建筑和运输。战国时期已有了很高明的制剑技术,它表明炼钢、锻造及热处理等技术已被掌握。公元七世纪,就出现了锡焊和银焊,这比欧洲早 1000 多年。

我国劳动人民在机械方面有过杰出的发明创造,早在 5000 年前就使用简单的纺织机械,夏朝以前就发明了车子,西汉的指南车和记里鼓车采用了齿轮系统。东汉张衡发明的候风地动仪是人类历史上第一台地震仪,晋朝的水碓就已经应用了凸轮原理。

新中国成立以后,我国的机械工业得到了迅速的发展,从机械设计、制造到新产品开发,已接近和达到世界先进水平。

二、本课程的性质和主要任务

“机械基础”是供热通风与空调专业一门重要的专业基础课,其主要任务是:

1) 掌握常用工程材料的种类、牌号、成分、组织结构、性能及用途;了解铁碳合金的内部结构,学会用铁碳合金相图分析钢、铸铁的成分、组织和力学性能的变化规律;了解钢的热处理的基本原理、基本方法及其在生产实际中的应用。

2) 了解金属材料的焊接和气割原理、焊接和气割工艺及其设备;了解常用金属材料在焊接过程中容易产生的缺陷,预防和检验焊接缺陷的方法及金属材料的可焊性,为正确的组织焊接施工打下必备的基础。

3) 掌握常用的机械机构的种类、传动原理、结构特点及应用;掌握常用的机械零件的基本类型、结构特点、主要参数及用途。

三、学习“机械基础”课的意义及方法

机械是机器和机构的总称,是通过力学知识来利用和转换机械能的装置。机械的覆盖面很大,无论是工业、农业、国防以及日常生活都离不开机械。机械一般按其服务对象进行分类,如服务于建筑安装施工的机械,称为建筑安装施工机械(如起重机、混凝土搅拌机、钢筋切断机、砂轮切割机、弯管机等);服务于供热通风与空调工程的机械,称为供热通风空调机械(如水泵、风机、电动机、除渣机、制冷机、空调机);服务于电力工业、冶金工业、石油工业、纺织工业、食品工业的机械,分别称为电力机械、冶金机械、石油机械、纺织机械、食品机械。

任何一种机械都是由金属材料(或非金属材料)通过某种工艺加工制造成的机械零件组成的。为了更好地掌握运用本专业知识的的能力,从工程实际出发,培养自己技术应用的能力,就必须学好有关机械方面的基础知识,这也是为后续的专业课的学习和参加实习、实训以及今后从事施工技术、施工管理工作打下必备的基础。通过学习,能合理的选择和使用常用的工程材料;能用适当的热处理方法来改善钢的性能并解决工程实际中的问题;能了解和掌握焊接、气割技术及焊接质量检验方法;能对常用机械进行合理的使用、维护和保养。

《机械基础》是一门综合性比较强的课程,它涉及工程力学、工程制图、工程材料、金属工艺学、机械原理及机械零件等诸多内容,知识面广而应用性强。

高等职业教育的特色是突出职业技能的培养。在学习《机械基础》课的过程中,应做到理论联系实际,以《工程力学》、《工程制图》等课程为基础,学好《机械基础》的理论知识的同时积极参加现场参观、实验、实习及实训等实践教学环节的学习,提高有关机械基础知识的分析能力、理解能力、运用能力、创新能力以及工艺操作的动手能力,成为合格的技术应用型人才。

第一篇 工程材料及钢的热处理

工程材料是指用于机械制造、工程结构等各种材料的总称。它分为金属材料和非金属材料两大类。工程材料在工业、农业以及国防建设中都占有极其重要的地位,在工程实际中应用很广,如在建筑安装工程中的采暖管道、给排水管道、通风管道、电线配管、暖卫设备、锅炉设备、通风空调设备、各种阀门及配件等等,都大量地使用工程材料。为了能充分地挖掘工程材料的潜力,合理地选择和正确地使用工程材料,就必须了解和掌握它们的性能和应用等方面的基本知识。

本篇重点介绍常用工程材料的种类、成分、性能、牌号、组织结构、用途及用热处理工艺来改善钢的性能的基本方法。

第一章 金属材料的性能

金属材料的性能包括金属材料的使用性能和工艺性能。金属材料的使用性能是指金属材料在使用的过程中所表现出的性能,包括力学性能、物理性能、化学性能;金属材料的工艺性能是指金属材料在加工过程中适应各种加工工艺所表现的性能。

实践表明,大部分的机械零件在使用过程中,首先应考虑安全可靠性和使用寿命。除了与热、电、磁及化学腐蚀有关的特殊设备的零件外,一般的机械零件在选择金属材料时,大多以金属材料的力学性能指标作为主要指标。

第一节 金属材料的力学性能

用金属材料制成的各种机械零件在使用的过程中,往往要受到各种形式的外力作用,作用的结果使其可能受到冲击力、拉力、压力、弯曲力、扭转力等等。为了保证机械零件能正常工作,要求金属材料必须具有一定的抵抗外力的能力。金属材料抵抗外力的作用所表现出的性能称为金属材料的力学性能,其常用的指标主要包括强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度、蠕变及松弛等。

一、强度

强度是指金属材料在外力的作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。根据金属

材料承受外力的形式不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度及抗剪强度,应用最普遍的是抗拉强度。

抗拉强度是由拉伸试验测定的。通过金属材料拉伸试验绘出拉伸曲线(见工程力学),可求出材料的弹性极限(σ_e)、屈服点(σ_s)和抗拉强度(σ_b)。 σ_e 、 σ_s 、 σ_b 是选择金属材料的重要依据,一般机械零件所承受的最大应力不允许超过 σ_b ,否则会产生破坏;对于一些不允许在塑性变形情况下工作的机械零件,如锅炉、压力容器、高压缸体联接螺栓等等,计算应力要控制在 σ_s 以下。

在工程实际中,还常用到屈强比的概念,它是指 σ_s 和 σ_b 的比值。屈强比的大小能反映材料的强度有效利用和安全使用程度的情况。材料的屈强比越小,安全使用的可靠性越高,一旦超载,也能由于塑性变形使金属的强度提高(称为硬化)而不至于立刻断裂。但屈强比太小,则材料的强度得不到有效利用,造成材料的浪费。根据机械零件的不同需要,对金属材料的屈强比可以通过热处理等手段进行适当的调整。压力容器所用的金属材料的屈强比一般应控制在0.7左右。

二、塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生永久变形而不破坏的能力。塑性指标用伸长率(δ)和断面收缩率(ψ)来表示。 δ 、 ψ 值越大,表示材料的塑性越好。如工业纯铁的 δ 值可达50%、 ψ 值可达80%,而普通铸铁的 δ 、 ψ 值几乎为零。塑性好的材料可以发生较大的塑性变形而不破坏,这样的材料不但能进行各种轧制加工,还能避免一旦超载而引起的突然断裂。一般采用塑性较好的钢材($\delta > 20\%$; $\psi > 40\%$)制造板材、钢筋、型钢(角钢、槽钢等)、垫圈等。

三、硬度

硬度是指金属材料抵抗另一种更硬的物体压入其表面的能力。硬度值是通过硬度试验测定的,用具有高硬度的压头,压入金属材料表面产生塑性变形并形成压痕,再对压痕进行测量并计算从而求得硬度值。因此,硬度也可以表示为金属材料对局部塑性变形的抵抗力。压头压入金属材料表面的压痕越小,其抵抗塑性变形的抗力就越大,硬度也越高。

硬度的测定方法有很多种,常用的有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

1. 布氏硬度

布氏硬度的测试原理如图1-1所示。它是用大小为 F 的力,把直径为 D 的淬火钢球(或硬质合金钢球)压入金属表面并保持一定时间,而后除去载荷,测量钢球在金属表面压出的圆形压痕直径 d ,计算压痕面积 S ,以压痕单位面积上的压力表示金属材料的布氏硬度值,用符号HBS(S 表示淬火钢球)或HBW(W 表示硬质合金球)表示。

压痕凹坑表面积为

$$S = \frac{\pi D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

式中 S ——压痕凹坑表面积(mm^2);

D ——淬火钢球直径或硬质合金钢球直径(mm);

d ——压痕凹坑直径(mm)。

布氏硬度的计算公式为

$$\text{布氏硬度} = 0.102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——试验载荷(N)。

在实际应用中,布氏硬度值并不计算,也不标注单位,只需测出压痕直径 d ,即可从压痕直径与布氏硬度专用对照表(表 1-1)中查得。

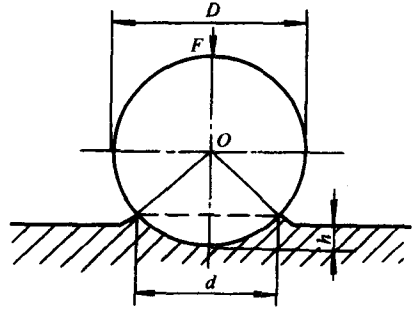


图 1-1 布氏硬度试验原理示意图

表 1-1 压痕直径与布氏硬度对照表

压痕直径 d /mm	HBS 或 HBW $D = 10\text{mm}$ $F = 29.4\text{kN}$	压痕直径 d /mm	HBS 或 HBW $D = 10\text{mm}$ $F = 29.4\text{kN}$
2.40	653	4.22	204
2.48	611	4.30	197
2.56	573	4.38	189
2.64	538	4.46	182
2.70	514	4.50	179
2.78	485	4.58	172
2.86	457	4.66	166
2.94	432	4.74	160
3.02	409	4.82	154
3.10	388	4.90	149
3.18	368	4.98	144
3.26	350	5.06	139
3.34	333	5.14	134
3.42	317	5.22	130
3.50	302	5.30	126
3.58	288	5.38	122
3.66	275	5.46	118
3.74	263	5.54	114
3.82	252	5.62	110
3.90	241	5.70	107
3.98	231	5.78	104
4.06	222	5.86	101
4.14	213	5.94	97.7

布氏硬度的表示方法是布氏硬度值标注在布氏硬度符号前面,如 360HBS 表示用淬火钢球做压头所测的布氏硬度值为 360。

在布氏硬度试验中,所加的载荷 F 和钢球的直径 D 是一定的。所以,布氏硬度值仅与压痕 d 有关。 d 愈大,布氏硬度值愈小,金属材料的硬度就愈低,塑性也就愈好;反之 d 愈小,布氏硬度值愈大,金属材料的硬度就愈高,塑性也就愈差。

布氏硬度的应用特点如下:

1) 当要测的金属材料硬度较高(布氏硬度值大于 450)时,一般采用硬质合金钢球试验压头,淬火钢球试验压头适用于测布氏硬度值在 450 以下的材料。

2) 当压痕直径 d 在 $0.25D \sim 0.6D$ 范围内时,布氏硬度试验法所测的数据结果较准确。但是,布氏硬度不宜测定硬度过高、厚度太薄或表面不允许有较大压痕(成品件)的金属材料。

3) 布氏硬度值与金属材料的抗拉强度有一定关系,因此在工程中应用很广。一些金属材料的 HBS 值与 σ_b 值之间存在如下近似关系:低碳钢 $\sigma_b \approx 0.36\text{HBS}$;高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34\text{HBS}$;调质合金钢 $\sigma_b \approx 0.325\text{HBS}$;铝铸件 $\sigma_b \approx 0.26\text{HBS}$;冷加工黄铜及青铜 $\sigma_b \approx 0.4\text{HBS}$;退火黄铜及青铜 $\sigma_b \approx 0.55\text{HBS}$ 。

4) 布氏硬度主要用于铸铁、有色金属、退火钢等原材料及半成品的硬度测定。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度的测试原理如图 1-2 所示。使用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球作压头,加上试验载荷 F ,使压头压入试件表面,然后根据压痕的深度确定其硬度值。规定洛氏硬度压痕深度每 0.002mm 为一个洛氏硬度单位,洛氏硬度试验时,硬度值可直接从洛氏硬度试验机的表盘上读出,不需计算,也不用标出单位。

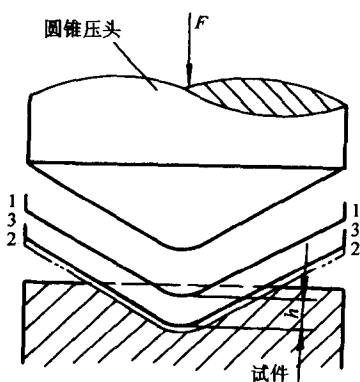


图 1-2 洛氏硬度试验原理示意图

根据试验时所用的压头与载荷的不同,洛氏硬度分为 HRA、HRB、HRC 三种标尺,其中以 HRC 标尺应用最广。常用洛氏硬度的试验条件及适用范围见表 1-2。

表 1-2 常用洛氏硬度的试验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	试验力 F/kN	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120° 金刚石圆锥体	0.5884	70 ~ 85HRA	硬质合金, 表面淬硬层, 渗碳层等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	0.9807	25 ~ 100HRB	非铁金属, 退火钢, 正火钢等
HRC	120° 金刚石圆锥体	1.4711	20 ~ 67HRC	淬火钢, 调质钢等

洛氏硬度试验法与布氏硬度试验法相比,具有操作简单,压痕小,不损伤工件表面,测量范围广等特点,主要应用于硬质合金、有色金属、退火或正火钢、调质钢、淬火钢等。但是,由于压痕小,当测量组织不均匀的金属材料时,其准确性不如布氏硬度试验法。

洛氏硬度试验法和布氏硬度试验法的试验条件不同,不能直接用数学公式换算,但在数值上也有一定的数值关系,当 $HB > 220$ 时, HRC 与 HB 的关系大约为 1: 10。

四、冲击韧度

冲击韧度是指金属材料抵抗冲击载荷的作用而不破坏的能力。冲击韧度是用摆锤冲击试验测定的。测定前将被测的金属材料按国标制成标准试件,如图 1-3 所示。测定方法是:将标准试件放置在冲击试验机的支座上,使试件缺口背向摆锤冲击方向,如图 1-4 所示。然后把重量为 W 的摆锤抬起一定的高度 H_1 后落下,击断试件后摆锤又升起一定的高度 H_2 。此时摆锤冲断试件所做的功称为冲击吸收功,用 A_k 表示。冲击吸收功为

$$A_k = W(H_1 - H_2)$$

实际上 A_k 数值可由试验机刻度盘上直接读出,再根据试件的缺口面积 S_0 ,可计算出在缺口处单位面积所消耗的功 a_k ,即冲击韧度,其计算公式为

$$a_k = \frac{A_k}{S_0}$$

式中 a_k ——冲击韧度 (J/cm^2);

A_k ——冲断试样所消耗的功 (J);

S_0 ——试样缺口处的横截面积 (cm^2)。

冲击韧度值 a_k 愈大,表示金属材料的冲击韧度愈好,在受到冲击载荷时愈不宜被破坏。由此可见,对于受冲击载荷作用的机械零件,如空气压缩机的连杆、曲轴等,只用强度和硬度这些静载荷指标作为设计计算的依据是不够的,还要考虑金属材料抵抗冲击载荷的能力,即冲击韧度 a_k 应满足设计要求,

以保证机械零件使用中的安全可靠。

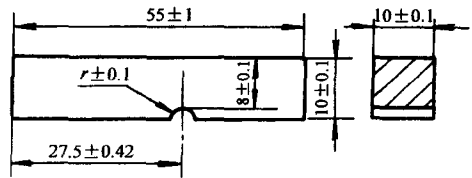


图 1-3 冲击试验的标准试件

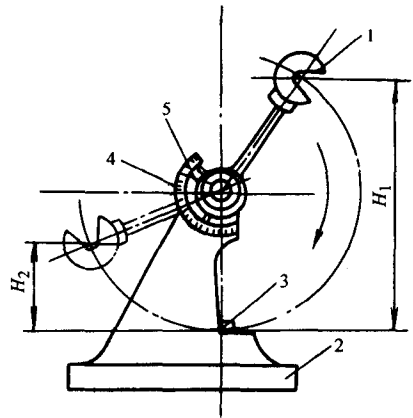


图 1-4 冲击试验示意图

1—摆锤 2—机架 3—试件
4—刻度盘 5—指针

五、疲劳强度

在机械中有许多零件是在交变载荷(载荷大小及方向随时间周期性变化)下工作,如弹簧、齿轮、轴等,它们在工作时所承受的应力,通常低于材料的屈服点。金属材料长时间在小于屈服点的交变应力作用下发生断裂的现象,称为金属的疲劳或疲劳断裂。

金属材料在发生疲劳断裂时并没有明显的塑性变形,断裂是突然发生的。因此,疲劳破坏具有很大的危险性。

实验证明,在交变载荷的作用下,金属材料承受的交变应力 σ 和断裂前应力循环次数 N 有着如图 1-5 所示的曲线关系,该曲线称为疲劳曲线。

由疲劳曲线可知,金属材料承受的交变应力 σ 愈大,则断裂时应力循环次数 N 愈少;反之, σ 愈小,则 N 愈多。当应力低于某一值时,材料可经受无数次应力循环而不发生疲劳断裂。金属材料在无数次交变载荷作

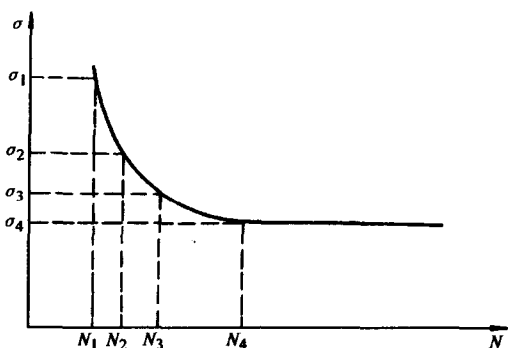


图 1-5 疲劳曲线示意图

用下,而不产生断裂的最大应力称为疲劳强度,用 σ_{-1} 表示。

实际上,金属材料并不能作无数次交变载荷试验,一般将钢经过 10^7 次、有色金属在经过 10^8 次交变载荷的作用而不产生断裂所承受的最大应力作为该金属材料的疲劳强度。

弹簧、齿轮、轴等机械零件往往在交变应力的作用下工作,在这些零件的设计计算选择材料时,不仅要考虑强度、硬度等力学性能指标是否满足要求,还要考虑它们的疲劳强度指标 σ_{-1} 是否能满足要求。

六、蠕变

金属材料在高温及一定应力作用下,随着时间的增加而产生缓慢的连续塑性变形的现象,称为金属材料的蠕变。

1. 金属材料蠕变的特点

金属材料的蠕变也是一种塑性变形,但它与一般的塑性变形相比,具有以下几个特点:

1) 金属材料蠕变是在一定的温度下才能发生的。金属材料开始发生蠕变的温度与金属材料本身的熔点有关,熔点高的材料开始发生蠕变的温度也高。如铅、锡等熔点低的材料,在室温下就能发生蠕变,而钢在 400°C 以上才能发生蠕变。

2) 发生蠕变现象时间长,一般要经过几百甚至几万小时才发生蠕变现象。

3) 发生蠕变现象时的应力较小。金属材料发生蠕变现象时的应力,一般低于本身的屈服点甚至低于弹性极限。对于长期在高温条件下工作的机械零件,如热力管道、锅炉设备,要特别重视蠕变现象。

2. 评定金属材料的蠕变的指标

评定金属材料的蠕变指标有蠕变极限、持久极限、持久塑性。

(1) 蠕变极限 蠕变极限是指试件在一定温度下,经过一定时间,产生一定伸长率的应力值。如 $\sigma_{0.2/1000}^{700}$ 表示试件在 700℃ 下经过 1000h 产生 0.2% 伸长率的应力值。

(2) 持久极限 持久极限是指试件在一定温度下,经过一定时间发生断裂的应力值。如 $\sigma_{10^5}^{500}$ 表示试件在 500℃ 下经过 10^5 h 发生断裂的应力值。20 钢的 $\sigma_{10^5}^{500}$ 为 40MPa。

(3) 持久塑性 持久塑性是指试件在一定温度下,经过一定时间发生断裂后的伸长率和断面收缩率。

蠕变现象的发生与材料本身的化学成分、组织结构有很大关系。因此,要提高金属材料的抗蠕变能力,需从改善金属材料的冶炼方法及选择合理的热处理工艺入手。

七、松弛

受到一定预紧力的金属零件,在高温工作条件下,随着时间的逐渐延长,原来的弹性变形逐渐转变成了塑性变形而应力逐渐减小,这种现象称为松弛。如紧固螺栓及一些过盈配合相互联接的机械零件都可能出现松弛现象。

金属的松弛和蠕变都是在高温和应力共同作用下不断产生塑性变形的现象,但两者也有区别,蠕变时应力基本不变,而变形不断增加;松弛则是变形量不变,而应力逐渐减小。

第二节 金属材料的物理性能和化学性能

一、金属材料的物理性能

金属材料的物理性能是指金属材料在自然界中对各种物理现象(如引力、温度变化、磁场作用等)的反应。

1. 密度

某种物质单位体积的质量称为该物质的密度,用 ρ 表示。金属材料的密度差别很大,常用金属材料的密度见表 1-3。密度小于 $4.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属材料称为轻金属;密度大于 $4.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属材料称为重金属。如铝、镁属于轻金属,钢、铸铁属于重金属。

密度是金属材料重要的物理性能。随着科学技术的发展,都特别强调要求各种机械设备体积小、重量轻、容量大。因此,往往要求金属材料在保证力学性能的同时有较小的密度。

2. 熔点

金属材料由固态转变为液态时的熔化温度称为熔点。常用的金属材料的熔点见表 1-3。金属材料的熔点愈高,在高温条件下工作时力学性能变化就愈小,即金属材料的热稳定性愈好;反之,金属材料的熔点愈低,在高温条件下工作时力学性能变化就愈大,即金属材料的热稳定性愈差。如对于制造锅炉等耐高温设备的材料,一般要选择熔点高、热稳定性好的合金结构钢;而配电箱里熔断器上安装的熔丝,一般要选择熔点低、热稳定性差的铅、锡等材料。

3. 导热性

金属材料传导热量的能力称为导热性。金属材料的导热性用热导率 λ 表示,单位 $W/(m \cdot K)$ 。常用金属的热导率见表 1-3。热导率愈大,导热性就愈好,反之,热导率愈小,导热性就愈差。导热性好的金属材料,散热好,在加热或冷却时内外温差小;导热性差的金属材料,散热差,在加热或冷却时内外温差大。如散热器通常采用导热性好的钢或铸铁等金属材料制造,而地下的供热外网管道通常采用导热性差的岩棉等材料作保温层。

4. 热膨胀性

金属材料在加热时其体积增大、冷却时体积收缩的性能称为热膨胀性,用线膨胀系数 α_l 表示,即单位长度的金属材料在温度升高 $1^\circ C$ 或 $1K$ 时伸长的大小,单位为 $1/^\circ C$ 或 $1/K$ 。常用金属材料的线膨胀系数见表 1-3。

表 1-3 常用金属材料的物理性能

金属名称	符号	密度 ρ / [$10^3 \times (kg/m^3)$] ($20^\circ C$)	熔点/ $^\circ C$	热导率 λ / [$W/(m \cdot K)$]	线膨胀系数 α_l / ($10^{-6}/^\circ C$) ($0 \sim 100^\circ C$)	电阻率 ρ / [$10^{-8} \times (\Omega \cdot m)$] ($0^\circ C$)
银	Ag	10.49	960.8	418.6	19.7	1.5
铝	Al	2.6984	660.1	221.9	23.6	2.665
铜	Cu	8.96	1083	393.5	17.0	1.67 ~ 1.68 ($20^\circ C$)
铬	Cr	7.19	1903	67	6.2	12.9
铁	Fe	7.84	1538	75.4	11.76	9.7
镁	Mg	1.74	650	153.7	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1244	4.98	37	185 ($20^\circ C$)
镍	Ni	8.90	1453	92.1	13.4	6.84
钛	Ti	4.508	1677	15.1	8.2	42.1 ~ 47.8
锡	Sn	7.298	231.91	62.8	2.3	11.5
钨	W	19.3	3380	166.2	4.6 ($20^\circ C$)	5.1

热膨胀性是金属材料在工程应用中应考虑的重要物理性能,如在设计 and 安装热力管道、换热器等设备时,都应考虑金属材料的热膨胀性,在必要的部位留有膨

胀节。

5. 导电性

金属材料能传导电流的性能称为导电性。金属材料的导电性是由该金属材料的电阻率 ρ (单位: $\Omega \cdot \text{m}$)值的大小决定的,电阻率愈小,导电性就愈好;反之,电阻率愈大,导电性就愈差。金属材料中银的导电性最好,其次是铜和铝。考虑金属材料的导电性和经济性,电气安装工程中的绝缘导线芯常常选用铜芯或铝芯。常用金属材料的电阻率见表 1-3。

二、金属材料的化学性能

金属材料的化学性能是指金属材料在常温或高温条件下,抵抗氧气和各种腐蚀介质对其侵蚀的能力。它主要包括耐腐蚀性和抗氧化性。

1. 耐腐蚀性

耐腐蚀性是指金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其他化学介质腐蚀破坏作用的能力。在工程实际中发生的腐蚀现象很多,如暖卫管道、工业管道、泵与风机等设备的锈蚀等。

对于长期工作在氧和水蒸气以及其他腐蚀性介质包围的环境中的管道、机械零件和设备,不仅要考虑金属材料的力学性能,也要考虑金属材料的耐腐蚀性能,以保证它们能正常工作,延长使用寿命。

2. 抗氧化性

抗氧化性是指金属材料在高温时抵抗氧化性腐蚀作用的能力。不同的金属材料的抗氧化性不同,如当用普通碳钢来制造供热锅炉管束时,会由于管束的外表面很快被氧化而脱皮,造成管壁变薄、强度下降而爆管。若选择耐热钢就不会发生上述现象。

第三节 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料在加工成型过程中表现出的性能。它主要包括金属材料的铸造性能、压力加工性能、焊接性能及切削加工性能等。

1. 铸造性能

铸造性能是指金属材料用铸造方法制成铸件时所表现的性能。金属材料的铸造性能主要取决于金属的流动性、收缩性和偏析倾向等。金属的流动性是指液态金属在浇注时充满铸型的能力,流动性愈好,金属愈容易成型;金属的收缩性是指液态金属在浇注后冷凝时体积收缩量的大小,收缩量愈小,铸件产生的疏松、缩孔、变形、裂纹等缺陷愈少;偏析是指铸件凝固后各处化学成分的不均匀性。常用的金属材料中,铸铁的铸造性能较好,所以,散热器、阀门、机械设备的机座或机壳等铸件常常选用铸铁制造。