



职业院校教学用书 (汽车运用与维修专业)

汽车机械基础

QICHE JIXIE JICHU

(第2版)

姜雁雁 主 编
王 永 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业院校教学用书（汽车运用与维修专业）

汽车机械基础

（第2版）

姜雁雁 主 编

王 永 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 提 要

本书是职业院校汽车类专业用书。全书共 11 章, 主要内容包括: 金属的基本知识, 钢的热处理, 工程材料, 机械制图基础, 机械制图, 常用量具, 机械传动机构, 轮系, 键、销及螺纹连接, 其他典型传动简介及液压传动基础。

本书作为汽车类专业的通用基础知识教材, 紧紧围绕汽车类专业的教学要求, 较为全面地介绍了汽车常用材料的基本性能和用途、金属材料的热处理、制图基本知识和制图技能、汽车常用的传动机构、典型传动、主要连接及液压传动等知识。

全书内容简单, 知识丰富, 图文并茂, 通俗易懂, 内容新颖, 覆盖面广, 实用性强。

本书适合职业院校汽车类专业学生使用, 也可供社会从业人员学习参考和作为培训用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/姜雁雁主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2010.9

职业院校教学用书. 汽车运用与维修专业

ISBN 978-7-121-11674-2

I. ①汽… II. ①姜… III. ①汽车—机械学—专业学校—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 164198 号

策划编辑: 杨宏利 yhl@phei.com.cn

责任编辑: 杨宏利 特约编辑: 王 纲

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15.5 字数: 396.8 千字

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言



为了更好地适应课程综合化和模块化教学的需要,本书在第1版的基础上认真听取了读者、专家的建议并进行了修订,增加了液压传动部分知识的讲解。另外,金属材料部分的图表由原来的通用表改成了各种材料在汽车上的应用表,同时,对制图部分做了一定的删减,机械传动部分的齿轮机构进行了修改,轮系的行星部分改动较大。总之,修改后的教材,更加注重了以汽车为主题,力求文字、图例、思考、训练等符合主体的要求,充分反映了汽车类专业对机械基础知识的基本要求。

本教材在组织教学中,共需160学时,教学计划分配如下(仅供参考)。另书中加“*”内容可选学。

章 节	内 容	学 时	编 者
1	金属的基本知识	8	威海舰
2	钢的热处理	6	威海舰
3	工程材料	16	姜丽萍
4	机械制图基础	34	姜雁雁
5	机械制图	24	姜雁雁
6	常用量具	8	王永
7	机械传动机构	18	高幸绪
8	轮系	8	王永
9	键、销及螺纹连接	4	王永
10	其他典型传动简介	12	王永
11	液压传动基础	22	姜雁雁

本书由高幸绪总体策划,姜雁雁主编,王永担任副主编,威海舰、姜丽萍、宫春青等参与编写,丁业立主审。在编写本书过程中,参考了有关书籍的部分内容,威海市交通学校龙雪梅、姜志红、邹美娜等老师提供了许多宝贵建议,并得到了电子工业出版社杨宏利编辑的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010年8月



目 录

第 1 章 金属的基本知识	1
1.1 材料的分类	1
1.2 金属材料的性能	2
1.2.1 金属材料的物理和化学性能	2
1.2.2 金属材料的工艺性能	3
1.2.3 金属材料的力学性能	4
1.3* 金属的晶体结构及结晶	7
1.3.1 晶体结构的概念	7
1.3.2 金属的结晶	9
1.3.3 金属的同素异构转变	9
1.4* 铁碳合金	10
1.4.1 铁碳合金的组织	10
1.4.2 铁碳合金的分类及成分对性能的影响	11
习题	12
第 2 章 钢的热处理	14
2.1* 钢在加热、冷却时的组织转变	14
2.1.1 钢在加热时的组织转变	14
2.1.2 钢在冷却时的组织转变	15
2.2 钢的退火和正火	16
2.2.1 退火	16
2.2.2 正火	16
2.3 钢的淬火	17
2.3.1 淬火工艺	17
2.3.2 淬透性及淬硬性	17
2.3.3 淬火缺陷	18
2.4 钢的回火	18
2.4.1 淬火钢在回火时性能的变化	18
2.4.2 回火的种类及应用	19
2.5 钢的表面热处理	19
2.5.1 表面淬火	19
2.5.2 表面化学热处理	21
习题	21

第3章 工程材料	24
3.1 碳素钢	24
3.1.1 钢中的杂质元素	24
3.1.2 碳素钢的分类、牌号和用途	25
习题	27
3.2 合金钢	28
3.2.1 合金钢的分类	29
3.2.2 合金钢的牌号、性能和用途	30
习题	35
3.3 其他工程材料	36
3.3.1 铸铁	36
3.3.2 有色金属及其合金	40
习题	46
3.4 金属的腐蚀及防腐方法	47
3.4.1 金属的腐蚀	47
3.4.2 金属的防腐蚀方法	49
习题	51
第4章 机械制图基础	53
4.1 投影法的基本知识	53
4.1.1 投影的概念	53
4.1.2 投影法的分类	53
4.2 三视图的形成与投影规律	54
4.2.1 三视图的形成	54
4.2.2 三视图的投影规律	56
习题	56
4.3 点、线、面的投影	57
4.3.1 点的投影	57
4.3.2 直线和平面的投影特性	58
4.3.3 直线的投影	59
4.3.4 平面的投影	61
习题	64
4.4 平面立体	65
4.4.1 棱柱	65
4.4.2 棱锥	66
4.5 回转体	67
4.5.1 圆柱	67
4.5.2 圆锥	68
4.5.3 球	69
习题	70
4.6 简单组合体的三视图	70

4.6.1 叠加型组合体	71
4.6.2 切割型组合体	71
4.6.3 相切型组合体	73
4.6.4 相交型组合体	73
4.6.5 综合型组合体	74
4.6.6 组合体视图中的尺寸表达	75
习题	76
4.7 机件的表达方法	77
4.7.1 视图	77
4.7.2 剖视图	79
4.7.3 断面图	85
4.7.4 表达方法综合应用示例	87
习题	89
第 5 章 机械制图	90
5.1 零件图	90
5.1.1 零件图的作用和内容	90
5.1.2 零件表达方案的选择	91
5.1.3 公差与配合	94
5.1.4 形状和位置公差	97
5.1.5 表面粗糙度在零件图上的标注	99
习题	103
5.2 标准件与常用件	104
5.2.1 螺纹	104
5.2.2 螺纹紧固件的连接画法	110
5.2.3 键与销	112
5.2.4 齿轮	114
5.2.5 弹簧与滚动轴承	116
习题	118
5.3 装配图	119
5.3.1 装配图的作用和内容	119
5.3.2 装配图的表达方法	121
5.3.3 读装配图	121
习题	123
第 6 章 常用量具	124
6.1 游标卡尺	124
6.1.1 游标卡尺的结构	124
6.1.2 游标卡尺的刻线原理及读数方法	124
6.1.3 游标卡尺的使用方法	125
6.1.4 游标卡尺的使用注意事项	125
6.1.5 其他类型的游标卡尺	126

6.2	外径千分尺	126
6.2.1	外径千分尺的结构	126
6.2.2	外径千分尺的刻线原理和读数方法	127
6.2.3	外径千分尺的使用方法	127
6.2.4	外径千分尺使用注意事项	128
6.3	百分表	128
6.3.1	百分表的结构和读数方法	128
6.3.2	百分表的使用方法	128
6.3.3	百分表的使用注意事项	129
6.4	内径百分表	129
6.5	扭力扳手	130
6.5.1	扭力扳手的结构原理	131
6.5.2	扭力扳手的使用方法	131
6.6	厚薄规	132
6.7	丝锥	132
	习题	133
第 7 章	机械传动机构	134
7.1	概述	134
7.2	机构的自由度	135
7.2.1	构件的自由度	135
7.2.2	运动副和约束	135
7.2.3	运动副的分类	136
7.2.4	构件的分类	138
	习题	138
7.3	平面连杆机构	139
7.3.1	铰链四杆机构	139
7.3.2	相邻构件转整周的条件	141
7.4	移副四杆机构	141
7.4.1	单移副机构相邻构件间的转整周条件	142
7.4.2	单移副四杆机构及其类型	142
7.5*	四杆机构的基本特性	143
7.5.1	行程速度变化系数	143
7.5.2	压力角与传动角	144
7.5.3	死点位置	145
	习题	146
7.6	凸轮机构	147
7.6.1	凸轮机构的应用	147
7.6.2	凸轮机构运动过程	148
7.6.3	位移线图	149
7.7*	螺旋机构	149
7.7.1	螺旋机构的类型和应用	149

7.7.2 螺旋机构及其运动分析	150
习题	151
7.8 齿轮机构	152
7.8.1 齿轮机构的分类及其应用	152
7.8.2 轮齿的受力分析	155
7.8.3 轮齿的失效形式	157
7.8.4 蜗杆传动的特点	158
7.8.5 蜗杆传动机构	159
7.8.6 齿轮传动的维护	160
习题	161
第 8 章 轮系	162
8.1 定轴轮系	162
8.2 行星轮系	164
习题	169
第 9 章 键、销及螺纹连接	171
9.1 键连接	171
9.1.1 紧键连接	171
9.1.2 松键连接	172
9.2 销连接	173
9.3 螺纹连接	174
9.3.1 连接用螺纹	174
9.3.2 连接类型	174
9.3.3 螺纹连接的预紧和放松	175
习题	176
第 10 章 其他典型传动简介	177
10.1 带传动	177
10.1.1 带传动的类型、特性和应用	177
10.1.2 V 带与 V 带轮	178
10.1.3 V 带传动不打滑条件	181
10.1.4 V 带传动的张紧、安装与维护	182
10.1.5 几种新型带传动简介	183
10.2 链传动	184
10.2.1 链传动的结构、特点和应用	184
10.2.2 链传动的布置、安装、张紧和润滑	184
10.3 轴	186
10.3.1 轴的分类与应用	186
10.3.2 轴的材料选择	187
10.3.3 轴的结构	187
10.4* 联轴器和离合器	190
10.4.1 固定式刚性联轴器	191

10.4.2	可移式刚性联轴器	191
10.4.3	弹性联轴器	192
10.4.4	安全联轴器	194
10.4.5	牙嵌式离合器	195
10.4.6	摩擦式离合器及定向离合器	195
10.5	滚动轴承	197
10.5.1	滚动轴承的类型和代号	197
10.5.2	滚动轴承类型、系列的选择	201
	习题	204
第 11 章	液压传动基础	205
11.1	液压传动基本概念	205
11.1.1	液压传动概述	205
11.1.2	液压传动的几个基本概念	206
11.2	液动力元件	208
11.2.1	液压泵的概述	208
11.2.2	齿轮泵	209
11.2.3	叶片泵	210
11.2.4	柱塞泵	212
11.3	液压执行元件	212
11.3.1	双杆式活塞缸	212
11.3.2	单杆式活塞缸	213
11.4	液压控制元件	215
11.4.1	方向控制阀	215
11.4.2	压力控制阀	221
11.4.3	流量控制阀	223
11.5	液压基本回路	226
11.5.1	压力控制回路	226
11.5.2	速度控制回路	229
11.6	典型液压传动系统实例	233
	习题	235

第1章 金属的基本知识



制造一辆汽车，需要使用大量的各种工程材料，其中以金属材料为主。作为一名汽车专业的学员，今后要经常接触汽车上的各种材料，因此，要掌握有关金属材料与热处理的基本知识，为以后的工作打下基础。

1.1 材料的分类

材料可分为金属材料和非金属材料两大类，其中使用最广泛的是金属材料。非金属材料又可分为塑料、橡胶、陶瓷及复合材料等。

金属是指具有良好的导电性和导热性、有一定的强度和塑性、并具有光泽的物质，如铁、铝和铜等。金属材料是由金属元素或以金属元素为主要材料组成的，并具有金属特性的工程材料。它包括纯金属和合金。金属材料，尤其是钢铁材料在国民经济及其他方面都有重要作用，这是由于它具有比其他材料优越的性能，如物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能。它能够适应生产和科学技术发展的需要。金属（或金属材料）通常分为黑色金属和有色金属两大类：

- 黑色金属：以铁或以铁为主而形成的物质称为黑色金属，如钢和铸铁等。
- 有色金属：除黑色金属以外的其他金属，称为有色金属，如铜、铝和镁等。
- 在机械制造工业中，常用的金属材料如图 1-1 所示。

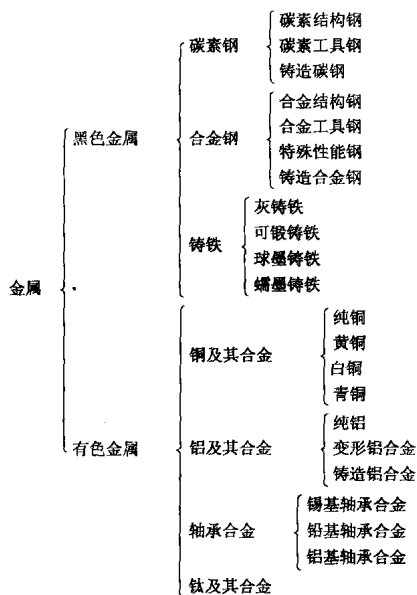


图 1-1 常用的金属材料

1.2 金属材料的性能

金属材料是现代汽车制造业的基本材料,如发动机、变速器、减速差速器、车架等主要总成都需要用金属材料来制造。金属材料之所以在汽车制造业中获得广泛的应用,是因为它具有许多优良的性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的特性,它包括力学性能、物理性能、化学性能等;工艺性能是指金属材料在加工制造过程中所表现出来的特性,金属材料的工艺性能主要有锻造性能、铸造性能、焊接性能、切削性能、热处理性能及冷变形性能等。

1.2.1 金属材料的物理和化学性能

1. 物理性能

金属的物理性能是指金属固有的属性,包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

(1) 密度

某种物质单位体积的质量称为该物质的密度。金属的密度是单位体积金属的质量。在体积相同的情况下,金属材料的密度越大,其质量也越大。

(2) 熔点

金属或合金从固态向液态转变时的温度称为熔点。熔点高的金属称为难熔金属,可用来制造耐高温零件。熔点低的金属称为易熔金属,可用来制造熔断丝和防火安全阀等零件。

(3) 导热性

金属材料传导热量的性能称为导热性。金属的导热能力以银为最好,铜、铝次之。导热性是金属材料的重要性能之一,在制定焊接、铸造和热处理工艺时必须考虑材料的导热性,防止金属材料在加热或冷却过程中形成过大的内应力,以免金属材料变形或开裂。导热性好的金属散热也好,因此在制造冷却系统的散热器、空调暖风系统的热交换器与活塞等零件时要选用导热性好的金属材料。

(4) 导电性

金属材料传导电流的性能称为导电性。金属的导电性以银为最好,铜、铝次之。导电性好的金属,如纯铜、纯铝适于做导电材料,导电性差的金属如铁铬铝合金适于做电热元件。

(5) 热膨胀性

金属材料随温度变化而膨胀、收缩的特性称为热膨胀性。一般来说,金属受热时膨胀而体积增大,冷却时收缩而体积缩小。在实际工作中考虑热膨胀性的地方很多,例如,轴与轴瓦之间要根据热膨胀性来控制其间隙尺寸,在制定焊接、热处理、铸造等工艺时,必须考虑材料热膨胀的影响,以减少工件的变形和开裂;测量工件的尺寸时也要注意热膨胀的影响,以减少测量误差。

(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。铁磁性材料在外磁场中能强烈地被磁化;顺磁性材料在外磁场中,只能微弱地被磁化;抗磁性材料能抗拒或削弱外磁场对材料本身的磁化作用。工程上使用的强磁性材料是



铁磁性材料。铁磁性材料可用于制造变压器、电动机、测量仪表等。抗磁性材料则可用做要求避免电磁场干扰的零件和结构材料。铁磁性材料当温度升高到一定数值时，磁畴被破坏，变为顺磁体，这个转变温度称为居里点，如铁的居里点是 770°C 。

2. 化学性能

金属的化学性能是指金属在化学作用下所表现出的性能，如耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

(1) 耐腐蚀性

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称为耐腐蚀性。腐蚀对金属材料的危害很大。它不仅使金属材料本身受到损伤，严重时还会使金属构件遭到破坏，引起重大的伤亡事故。因此，提高金属材料的耐蚀性能，对于节约金属、延长金属材料的使用寿命，具有现实的经济意义。

(2) 抗氧化性

金属材料在加热时抵抗氧化作用的能力称为抗氧化性。金属材料的氧化随温度的升高而加速，例如，钢材在铸造、锻造、热处理、焊接等热加工过程中，氧化比较严重。这不仅会造成材料过量的损耗，也可形成各种缺陷。为此，常在工件的周围造成一种保护气氛，避免金属材料的氧化。

(3) 化学稳定性

化学稳定性是金属材料的耐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零部件，需要选择热稳定性好的材料来制造。

1.2.2 金属材料的工艺性能

工艺性能直接影响零件加工后的工艺质量，是选材和制定零件加工工艺路线时必须考虑的因素之一。

1. 铸造性能

金属材料利用铸造的方法获得完好铸件的能力称为铸造性能，其优劣表现在以下三个方面。

(1) 流动性

流动性是铸造金属在浇注时本身的流动能力或充填铸型的能力。它主要受金属化学成分和浇注温度等的影响。流动性好的金属液体能浇铸出外形完整、尺寸精确、轮廓清晰的铸件。

(2) 收缩性

收缩性是指金属液在铸型内的全部冷却过程中，其体积和尺寸减少的现象。铸件收缩不仅影响尺寸，还会使铸件产生缩孔、疏松、内应力、变形和开裂等缺陷。故用于铸造的金属其收缩率越小越好。

(3) 偏析

偏析是液态金属凝固后化学成分不均匀的现象。偏析严重时可使铸件各部分的力学性能有很大的差异，降低了铸件的质量。

2. 焊接性能

焊接性能是指被焊接金属在一般的焊接工艺条件下，获得优质焊缝的能力。对碳钢和低



合金钢，焊接性能主要与金属材料的化学成分有关，其中碳的影响最大，含碳量越高其焊接性越差。例如，低碳钢具有良好的焊接性能，高碳钢、铸铁的焊接性能较差。

3. 锻造性能

金属材料利用锻压加工方法成形的难易程度称为锻造性能，其优劣取决于金属材料的塑性和变形抗力。塑性好的金属变形时不易开裂；变形抗力小的金属，锻压时省力，而且工具、模具不易磨损。例如，碳钢在加热状态下锻造性能较好，铸铁则不能锻造。

4. 切削加工性能

切削加工性能是指金属被切削加工时的难易程度。一般认为金属材料具有适当硬度（170~230HBS）和足够的脆性时，较易切削。所以灰铸铁比钢切削加工性能好，一般碳钢比高合金钢切削加工性能好。改变钢的化学成分和进行适当的热处理，是改善钢切削加工性能的重要途径。

5. 冷变形工艺性能

各种钢板和各种管路在施工和安装中，有时需要进行各种冷变形，所以要求这些材料具有良好的冷变形工艺性能。

6. 热处理性能

金属材料热处理性能的好坏，是根据其淬透性、淬硬性、晶粒长大倾向、回火脆性倾向等来评价的。

1.2.3 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特性称为力学性能或机械性能。力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同，它可以分为静载荷、冲击载荷及疲劳载荷三种：

- ① 静载荷是指大小不变或变动很慢的载荷；
- ② 冲击载荷是指突然增加的载荷；
- ③ 疲劳载荷是指所经受的周期性或非周期性的载荷（也称循环载荷）。

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。金属材料在外力作用下而发生变形，当外力去除后，能够消失的变形叫弹性变形，不能消失的变形叫塑性变形，也叫残余变形。

金属受外力作用后，为保持其不变形，在材料内部产生与外力相对抗的力称为内力。单位截面积上的内力称为应力。将材料制作成拉伸试样，在专用拉伸试验机进行拉伸试验，可测得金属材料的强度和塑性。

1. 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形或断裂的能力，衡量强度的指标主要是屈服强度和抗拉强度。



(1) 屈服强度（也叫屈服点或屈服极限）

材料开始发生塑性变形时的应力，叫屈服强度，以符号 σ_s 表示。例如，45 号钢的 $\sigma_s=360\text{MPa}$ ，当用 45 号钢制成的零件在工作时受的应力低于 360MPa ，就不会发生塑性变形，高于 360MPa 就会发生塑性变形。

有些材料，如退火状态下的低碳钢，屈服强度的测定是比较容易的，但是工程上使用的多数金属材料，要想测定其屈服强度是很困难的。所以人为地规定：将试样的残余变形量相当于试样原始标距长的 0.2% 时的应力，称为条件屈服强度，并以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度代表材料抵抗微量塑性变形的能力。它是设计零件时选用材料的重要依据。例如，为了保证汽缸盖和汽缸体之间的密封性，缸盖螺栓是不允许发生塑性变形的，所以设计缸盖螺栓时就以屈服强度作为计算依据。

(2) 抗拉强度

材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度，用符号 σ_b 表示。例如 45 号钢的 $\sigma_b=610\text{MPa}$ ，当用 45 号钢制成的零件在工作时受的应力低于 610MPa ，就不会发生断裂，高于 610MPa 就会发生断裂，抗拉强度是机械零件设计和选材的主要依据之一。

2. 塑性

金属材料在断裂前产生塑性变形的能力称为塑性。常用的塑性指标是伸长率和断面收缩率。

(1) 伸长率

材料拉断后，单位长度上产生的塑性变形量称为伸长率，用符号 δ 表示。用长、短试样测得的伸长率分别用符号 δ_{10} 和 δ_5 表示。习惯上 δ_{10} 也常写成 δ 。

(2) 断面收缩率

材料拉断后，单位横截面积上产生的塑性变形量称为断面收缩率，用符号 ψ 表示。

金属材料的伸长率 (δ) 和断面收缩率 (ψ) 数值越大，表示材料的塑性越好。工程上常按伸长率的大小把材料分为两大类： $\delta>5\%$ 的材料称为塑性材料，如钢、铝和铜等； $\delta<5\%$ 的材料称为脆性材料，如铸铁等。具有良好塑性的材料，可使冷加工成形工艺如冷拉、冷变形等顺利进行。

3. 硬度

硬度是金属表面抵抗局部塑性变形（压陷、划痕、摩擦、切削等）的能力。或者说是衡量金属软硬程度的指标。常用的硬度测定方法是压入硬度测验法。

(1) 布氏硬度

布氏硬度是用一定直径的球体（钢球或硬质合金球），以相应的试验力压入试样表面，经规定的保持时间后卸除试验力，用测量表面压痕深度来计算硬度的一种压痕硬度试验方法。压痕越深，被测材料就越软，反之被测材料就越硬。

布氏硬度用 HB 表示。当压头为钢球时其硬度符号表示为 HBS，当压头为硬质合金球时，其硬度符号用 HBW 表示。布氏硬度试验的优点是测定的数据准确、稳定、数据重复性强，常用于测定灰口铸铁、结构钢、有色金属等材料的硬度。其缺点是压痕较大，易损坏成品的表面，也不能检验薄片材料。

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度试验,是用顶角为 120° 的金刚石圆锥压头或直径为 1.588mm 的淬火钢球做压头,在先后施加两个载荷(初载荷和主载荷)的作用下,压入金属表面,测量其压痕深度来确定硬度的一种试验方法。洛氏硬度用 HR 表示。为了便于洛氏硬度计测定从软到硬较大范围的材料硬度,可采用不同的压头和载荷,组成各种不同的洛氏硬度标度,每种标度用一字母在 HR 字样后加以注明,以做区别,如 HRA、HRB、HRC 等,其中 HRA 与 HRC 是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体为压头,采用的总载荷分别为 600N 与 1500N ,而 HRB 值的测定则采用直径为 1.588mm 的钢球为压头,总载荷为 1000N 。

洛氏硬度试验方法的优点是操作迅速、简便、压痕小,不损伤试样表面,硬度值的测量范围也较大,故应用范围很广,可用于测定从很软到很硬的材料。其缺点是由于压痕小,其准确性也不如布氏硬度高,所测硬度值的重复性差,也易受试样微小区域的影响。

(3) 维氏硬度

维氏硬度的试验原理与布氏硬度相同,只是采用顶角为 136° 的金刚石正四棱锥体做压头,且所加负荷较小,用符号 HV 表示。维氏硬度法较布氏、洛氏硬度法精确,压入深度浅,适用于测定很薄工件或经表面处理的零件表面层的硬度。此法操作较麻烦。

4. 韧性

以很快的速度作用于零件上的载荷称为冲击载荷。许多机械零件,往往要受到冲击载荷的作用,如活塞销、连杆等。制造这类零件所用的材料其性能指标不能单纯用静载荷作用下的指标来衡量,而必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力称为冲击韧性,简称韧性,用冲击试验方法测定。

韧性大小用冲击韧度表示,符号为 a_k ,有时也用冲击吸收功表示,符号为 A_K 。实践证明,在小能量多次冲击条件下,其冲击抗力主要取决于材料的强度和塑性。

某些材料的 a_k 值还与温度有关,随温度的降低, a_k 值会显著降低。例如,低碳钢在 -40°C 以上, a_k 值较高,而在 -40°C 以下时, a_k 值显著降低。这种现象称为脆性转变。使 a_k 值明显降低的温度称为脆性转变温度。在脆性转变温度以下,材料由韧性状态变成脆性状态,材料的脆性转变温度越低,说明低温韧性越好。

5. 疲劳强度

在静载荷作用下,零件所受的外力小于 σ_s 时,材料是不会断裂的。但是,当零件在工作中受到方向与大小呈周期性交变的载荷作用时,在周期性交变应力作用下,零件会在小于 σ_s 的情况下发生突然断裂,这种现象称为疲劳。金属因疲劳而产生的断裂,称为疲劳断裂。在机件断裂事故中,疲劳断裂约占断裂事故的 $80\%\sim 90\%$ 。疲劳断裂与在静载荷作用下的断裂不同,不论是脆性材料还是塑性材料,疲劳断裂都是突然断裂的,断裂前没有明显的塑性变形先兆,事前很难觉察到。因此具有很大的危险性,常常造成严重的后果。

疲劳破坏的原因是材料内部应力分布不均匀,在零件内部有缺陷或有缺口的地方应力特别高。当该处应力超过材料的强度极限时,就形成微裂纹。这种微裂纹在交变应力作用下逐渐扩大,使裂纹两边的表面在一张一合的过程中互相摩擦,逐渐磨光。而当裂纹发展到相当深度,其中心的连接部分的截面缩小到一定程度后,在经受不住外载荷的作用时,便发生突然断裂,因此,最后断裂的部位是粗糙的断口。



机器零件在使用过程中,不允许产生疲劳破坏,因此,在交变载荷作用下工作的零件,应能在无数次交变载荷(钢常以 10^7 周次为基数)作用下不致断裂。金属材料在无限次交变载荷作用下,不致引起疲劳断裂的最大应力叫疲劳极限或疲劳强度。光滑试样的对称弯曲疲劳强度用 σ_{-1} 表示。

影响疲劳极限的因素很多,可通过改善零件结构形状、避免应力集中、给表面一定的残余压应力、降低零件表面粗糙度值,以及采取各种表面强化的方法来提高材料的疲劳强度。

6. 高温下金属的机械性能

很多零件是长期在高温条件下工作的,如发动机的进、排气阀等,对这类零件,室温下的机械性能是不能满足高温条件下长期工作要求的。金属零件长时间在高温和恒应力作用下,即使应力小于 σ_s ,也会缓慢地产生塑性变形,这种现象称为蠕变。蠕变发展到最后也能导致断裂,造成设备的重大事故。金属在高温下的机械性能指标,主要有热强度和热硬性。

(1) 热强度

热强度的指标有蠕变极限和持久强度。

① 蠕变极限

蠕变极限是金属长期在高温和载荷作用下对塑性变形的抗力。蠕变极限用 $\sigma_{\delta/t}^T$ 表示,单位为 MPa。其中, T 为材料的工作温度($^{\circ}\text{C}$), δ 为变形量(%), t 为零件工作时间(h)。例如,国内外多用 1Cr13 制作汽轮机叶片,该材料的蠕变极限 $\sigma_{0.1/10000}^{500}=57\text{MPa}$,即零件在 500°C 温度下,工作 10000h,产生 0.1%变形量时的应力值为 57MPa。

② 持久强度

持久强度是金属材料在高温和载荷作用下抵抗断裂的能力,持久强度与 σ_b 相似,用 σ_t^T 表示,单位为 MPa。 T 为材料的工作温度($^{\circ}\text{C}$), t 为零件工作时间(h)。例如,1Cr13 的持久强度 $\sigma_{100000}^{500}=190\text{MPa}$,即在 500°C 温度下,工作 100000h,发生断裂时的强度为 190MPa。

(2) 热硬性

金属材料在高温下的硬度是高温轴承、高速切削刀具、热作模具材料和某些机器零件材料的重要指标。例如,机械加工中对于切削刀具不仅要在室温下有较高的硬度,而且因高速切削温度升高,在刀具刃部达 600°C 或更高时,仍能保持高的硬度。材料在高温下具有较高硬度的性能,称为热硬性,又称红硬性。

1.3* 金属的晶体结构及结晶

金属材料所具有的各种不同的机械性能、工艺性能、理化性能,除与金属材料的化学成分有关外,还与金属材料的内部构造有关。

1.3.1 晶体结构的概念

物质的原子(或离子)有规则排列时,这样的物质称为晶体,在通常的情况下,处于固态的一切金属都是晶体。为了便于理解,把原子看成是一个个小球,则金属晶体就是由这些小球有规律地堆积而成的,如图 1-2 所示。

为了形象地表示晶体中原子排列的规律,可以将原子简化成一个点,用假想的线将这些