

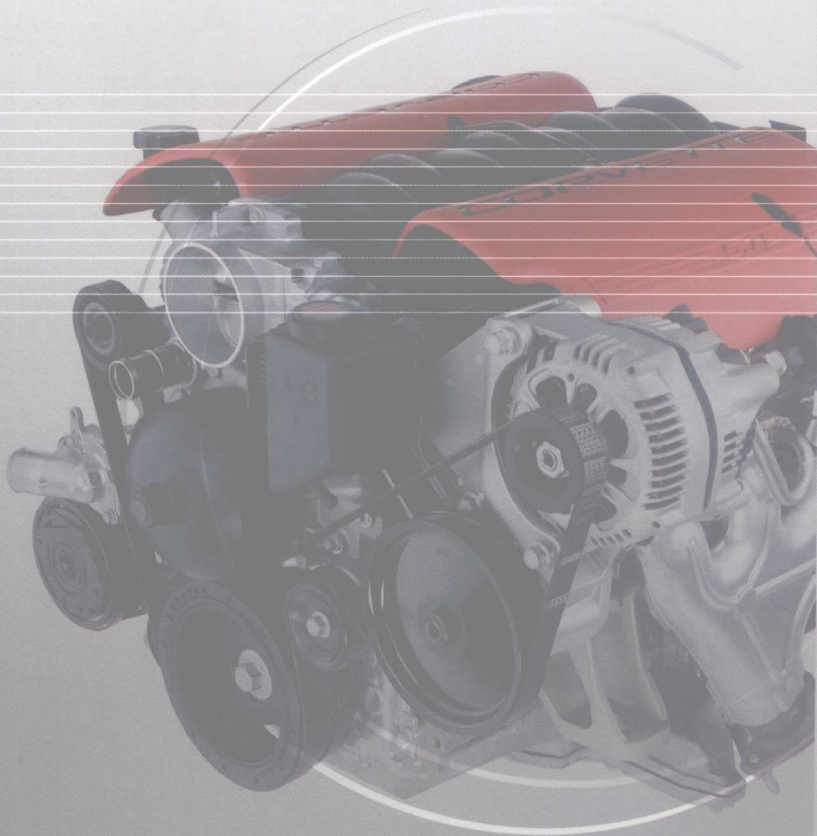


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

汽车运用与维修专业系列

汽车机械基础

■ 蔡广新 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

林泽波蔡广新主编“十一五”普通高等教育

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书以高职高专汽车运用与维修专业的培养目标为依据,充分考虑高职高专教育的特点,淡化学科体系,突出工程应用,将汽车类专业机械基础课程的内容进行整合,组成了汽车机械基础的新体系,为减少教学时数、提高教学效率提供了条件。

本书共分8个单元,内容包括汽车常用材料、机械制图、平面构件的静力分析和动力分析、构件承载能力分析、轴系零部件、常用机构、机械传动、液压传动。

本书可作为高职高专汽车类专业机械基础课程的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/蔡广新主编. —北京:高等教育出版社,
2008.6

ISBN 978-7-04-024435-9

I. 汽… II. 蔡… III. 汽车-机械学-高等学校-教材
IV. U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第067783号

策划编辑	徐进	责任编辑	杜惠萍	封面设计	张志奇	责任绘图	尹莉
版式设计	张岚	责任校对	殷然	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 20
字 数 490 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008年6月第1版
印 次 2008年6月第1次印刷
定 价 29.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24435-00

前 言

本书是以高职高专教育汽车运用与维修专业的培养目标为依据,结合编者多年教学经验编写而成的,可作为高职高专汽车类专业机械基础课程的教学用书。

本书的主要特点如下:

1) 本书对传统学科型教材进行了整合,在教学内容选取上,保证了汽车类专业所需的最基本、最主要的机械基础的经典内容,尽量避免内容之间不必要的交叉和重叠,淡化学科体系,减少教学时数,提高了课堂教学效率。

2) 基本知识点的选取以“必需”、“够用”为度,没有过多的理论推导;为体现汽车教育的特点,本书选择了许多汽车工程中的实例,以培养学生分析问题和解决实际问题的能力。

3) 本书在叙述上力求通俗易懂,深入浅出,对于各种基本概念与基本原理的阐述力求简明扼要。

4) 为便于教师教学和学生自学,每个课题前均有学习目标、考核标准和教学建议,重点内容有提示,难点内容有讨论,每个单元后附有习题。

5) 所用标准均为最新的国家标准和汽车标准。

参加本书编写的有蔡广新、李莉、梅彦利、邱久生、刘春阁、谢颖、马世辉、崔盟军。全书由蔡广新任主编,李莉、梅彦利任副主编。

本书由承德石油高等专科学校王世振教授审阅,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

单元一 汽车常用材料	1	三、表达零件断面形状的方法	66
课题一 材料的性能	1	四、表达零件的其他方法	66
一、材料的物理性能	2	课题三 标准件和常用件的表达方法	68
二、材料的化学性能	2	一、螺纹及螺纹连接件	68
三、材料的工艺性能	2	二、键和销	71
四、材料的力学性能	3	三、齿轮	72
课题二 金属与合金的结构及铁碳合金相图	9	四、滚动轴承	73
一、纯金属的晶体结构及其结晶	9	课题四 零件的公差与互换性	73
二、合金的结构	12	一、概述	74
三、铁碳合金相图	14	二、极限与配合	74
课题三 钢的热处理	20	三、测量基本知识	79
一、钢热处理的组织转变原理	21	四、形状和位置公差	81
二、常用的热处理方法	22	五、表面结构要求	91
课题四 常用金属材料	25	课题五 零件图的识读	95
一、铁基金属材料	25	一、零件图的内容	96
二、非铁基金属材料	30	二、识读零件图的方法	96
课题五 高分子材料	32	三、读图举例	97
一、概述	33	四、零件图的绘制	100
二、塑料	34	课题六 装配图的识读	101
三、橡胶	38	一、装配图的内容	101
课题六 陶瓷材料和复合材料	40	二、装配图的识读	104
一、陶瓷材料	40	三、装配图读图举例	105
二、复合材料	41	四、由装配图拆画零件图	107
习题	44	习题	107
单元二 机械制图	47	单元三 平面构件的静力分析和动力分析	120
课题一 视图的基本原理	47	课题一 静力分析基础	120
一、制图的基本知识	47	一、基本概念	120
二、正投影原理和三视图	50	二、基本公理	122
三、点、线、面的投影	52	三、约束与约束反力	124
四、基本体的三视图	54	四、受力分析与受力图	127
五、基本体的截交与相贯	57	课题二 平面力系	128
六、组合体及其尺寸标注	60	一、平面汇交力系	129
课题二 零件的各种表达方法	63	二、平面力偶系	132
一、表达零件外部结构的方法	63	三、平面任意力系	133
二、表达零件内部结构的方法	64	课题三 旋转构件的运动分析和动力	

分析	140	二、运动副	216
一、转动速度	141	三、平面机构的运动简图	218
二、转动加速度	141	课题二 平面连杆机构	219
三、惯性力的概念	143	一、平面四杆机构的类型及应用	220
四、动静法	143	二、平面四杆机构的基本性质	224
五、定轴转动刚体的动静法	144	课题三 凸轮机构	226
六、功和功率	145	一、凸轮机构的组成、应用和特点	226
习题	147	二、凸轮机构的分类	227
单元四 构件承载能力分析	151	三、凸轮机构的运动过程及运动参数	228
课题一 轴向拉伸与压缩	151	四、凸轮和滚子的材料	229
一、轴向拉伸(或压缩)时的内力	152	五、凸轮和滚子的结构	229
二、轴向拉伸(或压缩)时的强度计算	154	习题	231
三、拉(压)杆的变形	158	单元七 机械传动	232
四、应力集中	160	课题一 带传动和链传动	232
五、压杆稳定的概念	161	一、带传动的类型、特点和应用	232
课题二 梁的弯曲	162	二、汽车用传动带的结构和标记	235
一、平面弯曲的概念及弯曲内力	163	三、带传动的张紧和维护	236
二、梁的弯曲强度计算	170	四、链传动的结构、特点和应用	237
三、梁弯曲正应力强度条件及其应用	173	五、链传动的运动特性	238
四、梁的弯曲刚度	174	课题二 齿轮传动	239
课题三 圆轴扭转	180	一、齿轮传动的类型和特点	239
一、圆轴扭转的概念	181	二、渐开线齿廓	240
二、圆轴扭转时的内力	181	三、渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数 和几何尺寸计算	241
三、圆轴扭转时的应力和强度计算	183	四、渐开线直齿圆柱齿轮的啮合条件	243
四、弯曲与扭转组合变形的强度计算	186	五、根切现象、最少齿数和变位齿轮的 概念	245
五、动载荷与交变应力的概念	188	六、斜齿圆柱齿轮传动	245
习题	189	七、直齿锥齿轮传动	247
单元五 轴系零部件	194	八、蜗杆传动简介	248
课题一 轴	194	九、轮系	249
一、轴的分类及材料	194	习题	252
二、轴的结构设计	196	单元八 液压传动	254
三、轴的强度校核	198	课题一 液压传动基本概念	254
四、轴毂连接	199	一、液压传动的工作原理	254
课题二 轴承	203	二、液压系统的表示方法与组成	255
一、滑动轴承	203	三、液压系统的基本参数	256
二、滚动轴承	208	四、液压油	258
习题	213	五、流体力学方程	262
单元六 常用机构	215	课题二 液压元件	264
课题一 平面机构的组成	215	一、液压泵	264
一、机器的组成及相关概念	215		

二、液压马达	269	二、液压助力转向系统	299
三、液压缸	270	课题四 液压系统的故障分析和排除	
四、液压控制阀	276	方法	301
五、液压辅助元件	293	习题	304
课题三 液压系统实例	297	参考文献	310
一、汽车液压制动系统	298		

单元一 汽车常用材料

材料是人类社会发展和经济建设的物质基础。汽车上每个零件无一不是由材料制成的,汽车行业的工程技术人员在设计选材、加工制造、使用维修等方面都必须懂得汽车用材。现代汽车要求安全、舒适,减轻自重,低污染,节能,价廉,这些更离不开与之相匹配的材料。可以说,材料是汽车工业发展的重要物质基础,层出不穷的新材料为现代汽车的更新提供了必要的条件。

材料的种类很多。生产中用来制作汽车工程结构、零件和工具的固体材料,分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。其中,金属材料是最重要的工程材料,应用最广、最多,占整个用材的80%左右。金属材料之所以能够得到广泛应用,是由于它具有优良的使用性能和工艺性能,易于制成性能、形状都能满足使用要求的机械零件、工具和其他制品。而金属材料中的钢铁材料性能较好,价格不高,是汽车的主要用材,在现代轿车中钢铁材料用量超过三分之二。非铁金属材料(常用为铝、铜合金)在汽车中的使用不如钢铁普遍,但其具有钢铁材料所不及的特性,在汽车中的应用正在稳步上升。

非金属材料及复合材料也各有特点,与汽车的安全性、经济性、舒适性密切相关,在汽车中的应用正在逐步增加。

材料的性能与其成分、组织及加工工艺密切相关,金属材料可通过不同的热处理方法改变金属的表面成分和内部组织结构,以获得不同的性能,从而满足不同的使用要求。因此,机械设计和制造的重要任务之一,就是合理地选用材料和制定材料的加工工艺。而要合理选材,就必须了解其性能。

课题一 材料的性能

学习目标	考核标准	教学建议
1) 了解材料的物理、化学性能及工艺性能。 2) 掌握金属的强度、应力应变概念。 3) 掌握材料的硬度及其测定方法。 4) 了解材料的疲劳强度和冲击韧度。	应知:强度、塑性、韧性、硬度的概念,应力、应变的概念,常用的力学性能判据及意义。 应会:测定金属材料的硬度。	教师重点讲解材料的力学性能及力学性能判据在工程中的意义。

汽车工业中使用的材料主要是金属材料,故首先介绍金属材料的性能。金属材料的性能包括使用性能以及工艺性能两大类。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能,主要有力学性能、物理性能和化学性能;工艺性能是指金属材料在各种加工过程中表现出来的性能,主要有铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工性能。

一、材料的物理性能

材料的物理性能指的是材料在物理方面的特性。主要技术指标有熔点、密度、电导性、热导性、磁导性和热膨胀性。

金属的密度就是单位体积金属的质量,单位符号是 g/cm^3 。密度是金属的特性之一。不同金属材料的密度是不同的。按照密度的大小,金属可分为轻金属和重金属。密度小于 $5 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的金属为轻金属;密度大于 $5 \text{ g}/\text{cm}^3$ 为重金属。在常用金属材料中,铜的密度为 $8.96 \text{ g}/\text{cm}^3$,铁的密度为 $7.87 \text{ g}/\text{cm}^3$,属重金属;铝的密度为 $2.7 \text{ g}/\text{cm}^3$,属轻金属。

在汽车工业中,为了增加有效载荷质量,钢铁占整车质量的 67% 左右;而某些高速运动的零件(如活塞),要求尽量减少质量,以减少其惯性力,宜采用强度较高、密度较小的金属材料(如铝合金)制造。

金属或合金在加热过程中由固体熔化为液体的温度称为熔点,常以摄氏度($^{\circ}\text{C}$)表示。每种金属都有自己的熔点。常用金属材料中钨的熔点最高,铅、锡等金属熔点较低。熔点低的铅、锡可以制造保险丝等,熔点高的钨、钼则用于制造灯丝、加热元件等。

金属能够传导电流的性能称为电导性。所有金属都是导体,其中以银的电导性最好,其次是铜和铝,而且铜、铝价格较低,因此常用铜、铝做导线。合金的电导性比纯金属差,某些合金如镍-铬合金具有很高的电阻率,常用做轿车仪表中的电阻元件。

金属传导热的性能称为热导性。所有金属都是导热体,其中以银的热导性最好,铜、铝次之。热导性好并具有较好耐蚀性的材料(如铝)常用来制造轿车的热交换器和散热器中的零件。

金属在温度升高时体积胀大的现象称为热膨胀性,它也是金属的一个重要特性,但一般在常温下使用的金属材料可不予考虑。在某些特殊情况下,例如千分尺、块规等测量工具、有精密配合的零件,对热膨胀性都有严格要求。

二、材料的化学性能

化学性能是指金属材料在外部介质化学作用下表现的性能,包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性。

金属在各种介质中及不同的温度下工作,不可避免地受到腐蚀及氧化。腐蚀对金属材料的危害很大,不仅使金属材料本身受到损失,严重时还使轿车零部件遭到破坏。因此,提高金属材料的耐腐蚀性能,可以减少金属消耗,延长材料的使用寿命。

三、材料的工艺性能

1. 铸造性能
铸造是将熔融金属浇注、压射或吸入铸型型腔中,待其凝固后而得到一定形状和性能的零件的方法。铸造性能是指浇注时液态金属的流动性、凝固时的收缩性和偏析倾向等。流动性好的金属材料有充满铸型的能力,能够铸出大而薄的铸件。收缩是指液态金属凝固时体积收缩和凝

固后的线收缩,收缩率小的液态金属可提高其利用率,减少铸件产生变形或裂纹的可能性。偏析是指铸件凝固后各处化学成分的不均匀性,若偏析严重,将使铸件力学性能变坏。在常用的金属材料中,灰铸铁和青铜有良好的铸造性能。

2. 锻造性能

金属材料的锻造性能是指材料在压力加工时,能改变形状而不产生裂纹的性能以及变形时变形抗力的大小。锻造性好,表明容易进行锻压加工;锻造性差,表明该金属不宜选用锻压加工方法变形。锻造性与化学成分和变形温度有关,一般,高温下材料的锻造性好。与高碳钢和合金钢相比,低碳钢能承受锻造、轧制、冷拉、挤压等形变加工,表现出良好的锻造性。

3. 焊接性能

金属材料的焊接性能是指材料在通常的焊接方法和焊接工艺条件下,能否获得质量良好的焊缝的性能。焊接性能好的材料,易于用一般的焊接方法和工艺进行焊接,焊缝中不易产生气孔、夹渣或裂纹等缺陷,其强度与母材接近。焊接性能差的材料要用特殊的方法和工艺进行焊接。焊接性能与化学成分有关,常用材料中,低碳钢有良好的焊接性能,而高碳钢和铸铁的焊接性能较差。

4. 切削加工性能

切削加工性能是指工件材料进行切削加工的难易程度。切削加工性能好的材料易于高效获得加工表面质量好的零件,且刀具使用寿命长;而加工性能不好的材料,不易获得高质量表面的工件,甚至不能切削加工。金属材料的切削加工性能不仅与材料本身的化学成分、金相组织有关,还与刀具有关。通常,可根据材料的强度和韧性对切削加工性能做大致的判断。硬度过高或过低以及韧性过大的材料,切削加工性能较差。碳钢硬度为 150~250 HBS 时,有较好的切削加工性能。材料硬度高,缩短刀具使用寿命或不能切削加工;材料硬度过低,不易断屑,容易粘刀,加工后表面粗糙。灰铸铁具有良好的切削加工性能。

四、材料的力学性能

汽车是用不同的材料制成的零部件组装而成的。这些零部件在使用过程中往往不可避免地受到各种外力的作用,这些外力的作用对金属有一定的破坏性,这就要求材料具有抵抗外力作用而不被破坏的能力,这就是材料的力学性能。

金属的力学性能主要有强度、塑性、硬度和韧性。

1. 强度与塑性

强度是抵抗永久变形和断裂的能力。按载荷的作用形式分为拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转等几种,载荷的作用形式不同,金属的强度判据不同。拉伸强度判据应用最普遍,测试方法最简单,通常采用拉伸试验法,在拉伸试验机上进行。

目前,金属材料室温拉伸试验方法采用新标准 GB/T 228—2002,由于目前使用的金属材料力学性能数据是采用旧标准 GB/T 228—1987 进行测定和标注的,所以原有旧标准仍然沿用,本教材为叙述方便仍采用旧标准。这里给出关于金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照见表 1-1。

表 1-1 金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照

GB/T 228—2002		GB/T 228—1987	
名词	符号	名词	符号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ϕ
断后伸长率	A 和 $A_{11.3}$	断后伸长率	δ_5 和 δ_{10}
屈服强度	-	屈服点	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定残余伸长强度	R_r , 如 $R_{r0.2}$	规定残余伸长应力	σ_r , 如 $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b
弹性极限	R_e	弹性极限	σ_e

试验前,先按国家标准 GB/T 228—1987 规定将材料制成一定形状和尺寸的标准试样,如图 1-1 所示。图中, d_0 为试样的直径; l_0 为标距的长度。

试验时,在一根标准试样的两端缓慢地施加试验力,随着力不断增加,试样长度逐渐增加,直至拉断为止。在整个拉伸试验过程中,拉力 F 与试样的伸长量的关系绘成曲线,便得到拉伸曲线。图 1-2 所示为低碳钢的拉伸曲线。用试样原始截面积 A_0 去除拉力 F 得到应力 σ 。以试样原始标距去除绝对伸长 Δl ,得到应变 ϵ ,则力-伸长($F-\Delta l$)曲线就成了应力-应变曲线。

从图 1-2 可看出,低碳钢拉伸过程分为四个阶段: Oe 阶段为一斜直线,随着外力(应力)的增加,伸长量(应变)增加,当外力去除后试样变形完全恢复,此阶段为弹性变形阶段,其最大极限外力为 F_e ,对应的应力为弹性极限,用 σ_e 表示;当应力超过 σ_e ,进入屈服阶段(es 段),应力不增加或只微量增加,试样却继续伸长;屈服后,材料进入均匀塑性变形阶段(sb 段),即此时试样的伸长随载荷的增加均匀增加。当试样变形达到最高点 b 后,试样就在某个薄弱部分发生局部变形,形成缩颈,此时变形就发生在缩颈部位,其余部位不发生变形;由于试样局部截面面积逐渐缩小,使试样继续变形所需的载荷下降,直至断裂(bk 段)。

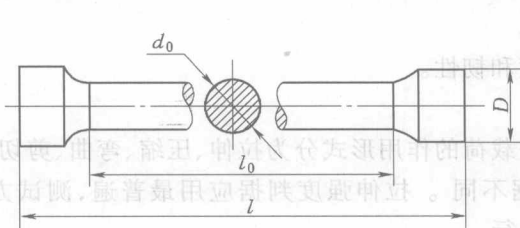


图 1-1 拉伸试样

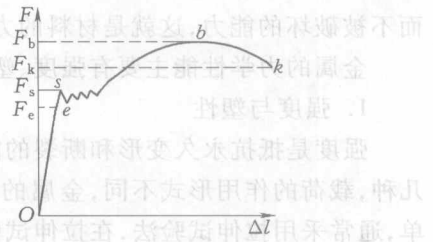


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

(1) 常用强度判据

常用强度判据主要有屈服点和抗拉强度。

1) 屈服点和规定残余伸长应力 在拉伸过程中力不增加(保持恒定),试样仍能继续伸长

时的应力称为材料的屈服点,以 σ_s 表示,单位为 MPa。

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

式中: F_s ——材料屈服时的拉伸力, N。

A_0 ——试样拉伸前 d_0 处横截面积。

屈服点是具有屈服现象的材料特有的强度指标。除退火或热轧的低碳钢和中碳钢等少数合金有屈服点外,大多数合金都没有屈服现象,因此提出“规定残余伸长应力”作为相应的强度指标。国家标准规定:当试样卸除拉伸力后,其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力,作为规定残余伸长应力 σ_r 。表示此应力的符号应附以角标说明,例如 $\sigma_{0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

$$\sigma_r = \frac{F_r}{A_0} \quad (1-2)$$

式中: F_r ——产生规定伸长时的拉力, N。

2) 抗拉强度 拉伸过程中最大力 F_b 所对应的应力称为抗拉强度,以 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (1-3)$$

抗拉强度的物理意义是表征材料对最大均匀变形的抗力,表征材料在拉伸条件下所能承受的最大力的应力值,它是设计和选材的主要依据之一,是工程技术上的主要强度指标。

(2) 塑性判据

断裂前材料发生不可逆永久变形的能力称为塑性。常用的塑性判据是材料断裂时最大相对塑性变形,如拉伸时的断后伸长率和断面收缩率。

1) 断后伸长率 试样拉断后,标距的伸长与原始标距的百分比称为断后伸长率,以 δ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: l_1 ——试样拉断后的标距, mm;

l_0 ——试样原始标距, mm。

2) 断面收缩率 试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比称为断面收缩率,以 ϕ 表示。

$$\phi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样断裂后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

δ 和 ϕ 越大,表示材料的塑性越好;反之,表示材料的塑性越差,脆性越大。

提示 强度与塑性是两个矛盾的力学指标;一般强度高的材料,塑性较差。

2. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形,尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬程度的判据。

材料的硬度是通过硬度试验测得的。硬度试验所用设备简单,操作简便、迅速,可直接在半

成品或成品上进行试验而不损坏被测件,而且还可根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。因此,硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能,应用很广。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。

硬度试验方法较多,生产中常用的是布氏硬度、洛氏硬度试验法。

(1) 布氏硬度*

布氏硬度的测定是在布氏硬度试验机上进行的,其试验原理如图 1-3 所示。用直径为 D 的硬质合金球做压头,以相应的试验力 F (单位: N) 将压头压入试件表面,经规定的长时间后,去除试验力,在试件表面得到一直径为 d 的压痕。用试验力 F 除以压痕表面积 $A_{\text{压}}$, 所得值即为布氏硬度值,用符号 HBW 表示。

$$\text{HBW} = \frac{F}{A_{\text{压}}} = \frac{F}{\pi Dh} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中: $A_{\text{压}}$ ——压痕表面积, mm^2 ;

d 、 D 、 h ——压痕平均直径、压头直径、压痕深度, mm 。

上式中只有 d 是变量,只要测出 d 值,即可通过计算或查表得到相应的硬度值。 d 值越大,硬度值越小; d 值越小,硬度值越大。

布氏硬度试验法压痕面积较大,能反映出较大范围内材料的平均硬度,测得结果较准确,但操作不够简便。又因压痕大,故不宜测试薄件或成品件。HBW 适于测量硬度值小于 650 的材料。

可根据下列布氏硬度与抗拉强度经验公式,近似计算金属材料的强度:

低碳钢 $\sigma_b \approx 3.35 \text{ HBS}$

调质合金钢 $\sigma_b \approx 3.19 \text{ HBS}$

灰铸铁 $\sigma_b \approx 0.98 \text{ HBS}$

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度的测定是在洛氏硬度试验机上进行的,其试验原理见图 1-4。它是以顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的钢球或硬质合金球做压头,在初试验力和总试验力(初试验力+主试验力)先后作用下,压入试件表面,经规定保持时间后,去除主试验力,用测量的残余压痕深度增量(增量是指去除主试验力并保持初试验力的条件下,在测量的深度方向上产生的塑性变形量)计算硬度的一种压痕硬度试验法。

图中 0-0 为压头与试件表面未接触的位置;1-1 为加初试验力 98.07 N 后,压头经试件表面 a 压入 b 处的位置, b 处是测量压入深度的起点(可防止因试件表面不平引起的误差);2-2 为初试验力和主试验力共同作用下,压头压入 c 处的位置;3-3 为卸除主试验力

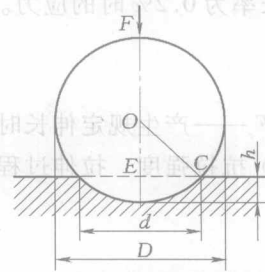


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

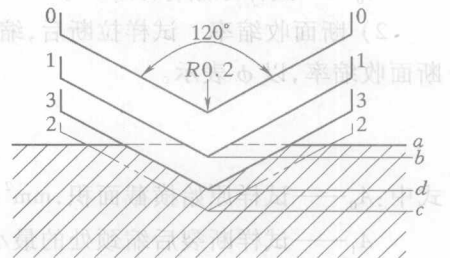


图 1-4 洛氏硬度试验原理示意图

* 国家标准 GB/T 231.1—2002《金属布氏硬度试验 第 1 部分: 试验方法》中取消了淬火钢球压头,布氏硬度用 HBW 表示,但是在一些国家标准中,介绍材料特性时硬度仍采用 HBS,所以本书中在介绍材料时仍采用 HBS。

验力,但保持初试验力的条件下,因试件弹性变形的恢复使压头回升到 d 处的位置。因此,压头在主试验力作用下,实际压入试件产生塑性变形的压痕深度为 bd (bd 为残余压痕深度增量)。用 bd 的大小判断材料的硬度, bd 越大,硬度越低;反之,硬度越高。为适应习惯上数值越大,硬度越高的概念,故用一常数 K 减去 $bd(h)$ 作为硬度值(每 0.002 mm 的压痕深度为一个硬度单位)直接由硬度计表盘上读出。洛氏硬度用符号 HR 表示。

$$HR = K - \frac{bd}{0.002} \quad (1-6)$$

式中:金刚石做压头, K 值为 100 HR;钢球做压头, K 值为 130 HR。

为使同一硬度计能测试不同硬度范围的材料,可采用不同的压头和试验力。按压头和试验力不同,GB/T 230—1991 规定洛氏硬度的标尺有九种,但常用的是 HRA、HRB、HRC 三种,其中 HRC 应用最广。洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 1-2。

表 1-2 常用洛氏硬度的试验条件和应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 $F_{总}/N$	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥	588.4	70~88	硬质合金,表面淬火、渗碳钢等
HRB	φ1.588 mm 钢球	980.7	20~100	有色金属,退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥	1 471.1	20~70	淬火钢,调质钢等

注:总试验力 = 初试验力 + 主试验力。

洛氏硬度试验操作简便、迅速,测量硬度范围大,压痕小,无损于试件表面,可直接测量成品或较薄工件。但因压痕小,对内部组织和硬度不均匀的材料,所测结果不够准确。因此,需在试件不同部位测定三点取其平均值。

提示 洛氏硬度与布氏硬度试验原理不同,两者不能相互比较。

3. 韧性及疲劳

(1) 韧性

以上讨论的是静载荷下的力学性能指标,但生产中许多零件是在冲击力作用下工作的,如汽车变速器的齿轮、轴、传动轴等。这类零件不仅要满足在静力作用下的力学性能指标,还应有足够的韧性。韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力,它表示了金属材料抗冲击的能力。韧性的判据是通过冲击试验确定的。

常用的方法是摆锤式一次冲击试验法,它是在专门的摆锤试验机上进行的。试验时,首先将材料按 GB/T 229—1994《金属夏比缺口冲击试验方法》的规定,将被测材料制成标准冲击试样,然后将试样缺口背向摆锤冲击方向放在试验机支座上(图 1-5a),摆锤举至 h_1 高度,然后使摆锤自由落下;摆锤冲断试样后,摆锤升至 h_2 。摆锤冲断试样所消耗的能量,即试样在冲击力一次作用下折断时所吸收的功,称为冲击吸收功,用符号 A_k 表示。

$$A_k = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2)$$

A_k 值不需计算,可由试验机刻度盘上直接读出。冲击试样缺口底部单位横截面积上的冲击吸收功,称为冲击韧度,用符号 a_k 表示,单位为 J/cm^2 。

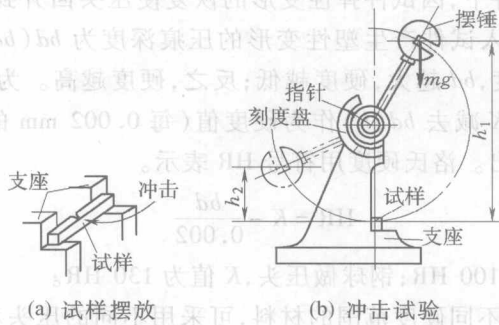


图 1-5 摆锤式冲击试验原理示意图

$$\alpha_K = \frac{A_K}{A}$$

式中: A ——试样缺口底部横截面积, cm^2 。

冲击吸收功越大,材料韧性越好,在受到冲击时越不容易断裂。但应当指出,冲击试验时,冲击吸收功中只有一部分消耗在断开试样缺口上,冲击吸收功的其余部分则消耗在冲断试样前,缺口附近体积内的塑性变形上。因此,冲击韧性不能真正代表材料的韧性,而用冲击吸收功 A_K 作为材料韧性的判据更为适宜。

注意 冲击韧度的大小受试样形状、表面粗糙度、内部组织等影响,因此只作为选材的参考。

(2) 疲劳强度

许多零件如轴、齿轮、弹簧等是在交变应力作用下工作的。在循环应力作用下,零件在一处或几处产生局部永久性累积损伤,经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程,称为疲劳或疲劳断裂。零件疲劳断裂前无明显塑性变形,危险性大,常造成严重事故。

试验证明,金属材料能承受的交变应力与断裂前应力循环基数 N 有关,见图 1-6。由图可知,当 σ 低于某一值时,曲线与横坐标近似平行,表示材料可经无数次循环应力作用而不断裂,这一应力称为疲劳强度,并用 σ_{-1} 表示光滑试样对称弯曲疲劳强度。

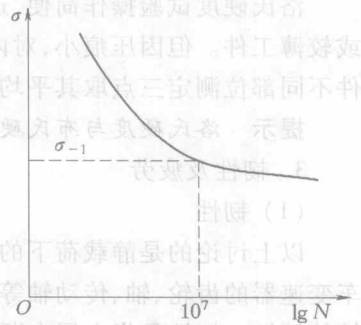


图 1-6 疲劳曲线示意图

一般,交变应力越小,断裂前所能承受的循环次数越多;交变应力越大,可循环次数越少。工程上用的疲劳强度,是指在一定的循环基数下不发生断裂的最大应力。通常规定钢铁材料的循环基数取 10^7 ,有色金属取 10^8 。

提示 疲劳强度与抗拉强度有一个大致的关系,抗拉强度高,疲劳强度也高。

课题二 金属与合金的结构及铁碳合金相图

学习目标	考核标准	教学建议
1) 了解金属及合金的结构。 2) 了解晶体的基本特性及结晶过程。 3) 掌握铁碳合金结晶后的组织及铁碳合金性能与碳的质量分数的关系。 4) 了解铁碳合金的分类。	应知:晶体的概念及特性、晶体的结晶、合金及相图的概念、铁碳合金的组织及性能随碳的质量分数而变化的规律。 应会:如何获得细小晶粒。	教师重点讲解铁碳合金相图。

工程材料的各种性能,尤其是力学性能,与其微观结构关系密切。一切物质都是由原子组成的,根据原子在固体物质内部聚集状态的不同,可将物质分为晶体与非晶体两类。晶体物质的原子在三维空间呈现有规律的周期性重复排列,而非晶体不具有这一特点。

汽车上使用的金属材料都是晶体。不同的金属材料具有不同的性能,即使同一种金属材料,由于所处的状态不同,力学性能也不同,这主要是由于金属材料的原子排列方式不同所致。为了合理选材,做到充分发挥材料潜力,必须了解金属材料的内部结构及其影响因素。

一、纯金属的晶体结构及其结晶

1. 晶体结构的基本概念

实际晶体中的各类质点(包括原子、离子、电子等)虽然都在不停地运动着,但是,通常在讨论晶体结构时,常把构成晶体的原子看成是一个个固定的小球,这些原子小球按一定的几何形式在空间紧密堆积,如图 1-7a 所示。

为便于分析晶体原子排列的规律,可将原子近似看成一个点,并用假想的线条(直线)将各原子中心连接起来,便形成一个空间几何格架。这种抽象的用于描述原子在晶体中排列方式的空间几何格架称为晶格(图 1-7b)。晶格中直线的交点称为结点。由于晶体中原子排列规律,因此可以在晶格内取一个能代表晶格特征的、由最少数目的原子排列成的最小结构单元表示晶格,称为晶胞(图 1-7c)。分析晶胞可从中找出晶体特征及原子排列规律。各种晶体由于其晶体类型及晶格大小不同,故呈现出不同的性能。

2. 常见的晶体结构

(1) 体心立方晶格

体心立方晶格的晶胞为一正立方体,立方体的八个顶角各排列着一个原子,立方体中心有一个原子,如图 1-8 所示。属于这种晶格类型的金属有 α 铁(α -Fe)、铬(Cr)、钨(W)、钼(Mo)、

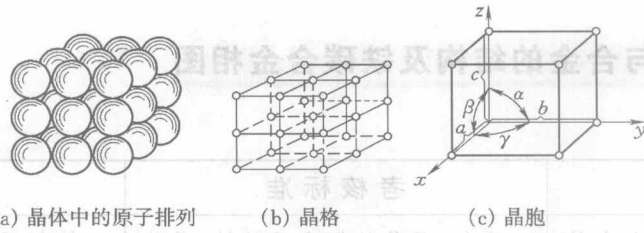


图 1-7 简单立方晶格与晶胞示意图

钒(V)等。

(2) 面心立方晶格

面心立方晶格的晶胞也是一个正立方体,立方体的八个顶角和六个面的中心各排列着一个原子,见图 1-9。属于这种晶格类型的金属有 γ 铁(γ -Fe)、铝(Al)、铜(Cu)、镍(Ni)、金(Au)、银(Ag)。

晶格类型不同,原子排列的致密度(晶胞中原子所占体积与晶胞体积的比值)也不同。体心立方晶格为 68%,面心立方晶格为 74%。面心立方晶格原子排列紧密。各种晶体由于原子结构和原子结合力不同,表现出不同的性能。

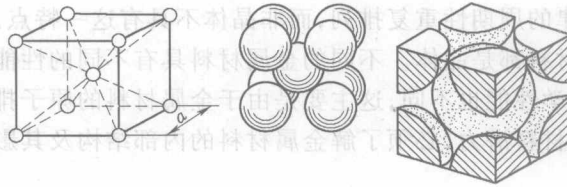


图 1-8 体心立方晶胞示意图

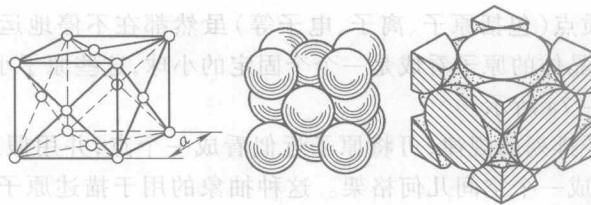


图 1-9 面心立方晶胞示意图

晶体中不同的晶面和晶向上原子密度不同,原子间结合力也不同,因此晶体在不同晶面和晶向上表现出不同的性能,即各向异性。但在实际金属材料中,一般却见不到它们具有这种各向异性的特征,这是因为实际晶体结构与理想晶体结构有很大的差异所致。

3. 实际金属的晶体结构

(1) 多晶体结构