

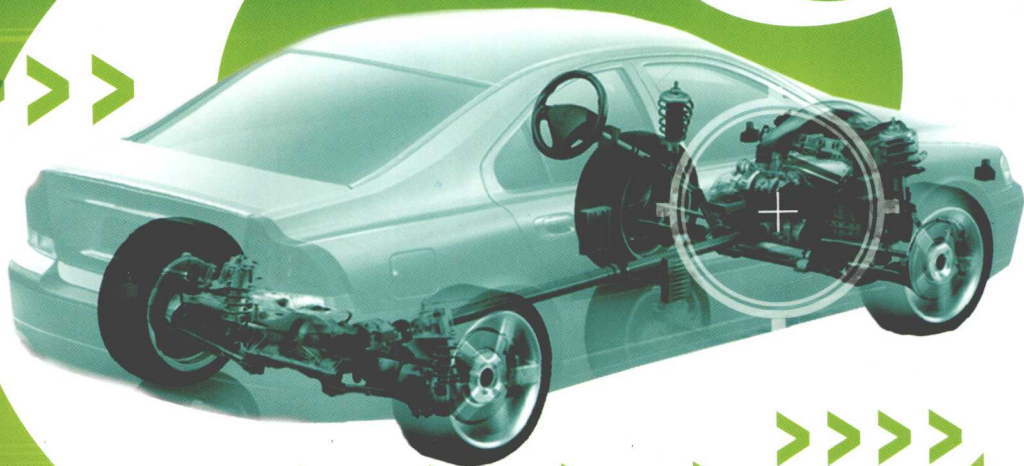


高职高专汽车类规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



汽车机械基础

于丽颖 主编 冯伟 副主编



化学工业出版社



国家五年汽车修理培训教材
国家职业技能鉴定汽车维修工等级培训教材

000000

汽车机械基础

机械工业出版社



机械工业出版社



高职高专汽车类规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



汽车机械基础

于丽颖 主编 冯伟 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材是根据教育部《高等职业教育汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养方案》和教育部第16号文件《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中对高素质技能型专门人才的要求编写的。本教材根据汽车类专业所需的最基本、最主要的经典内容,将传统的学科型教材进行整合,淡化学科体系,减少理论教学课时,提高课堂教学效率。通过整合学科教材,选取以“必需”、“够用”、“适度”为目的的基本知识点,重在体现现代汽车工程中的实例为教学特点,以培养学生分析问题和解决实际问题的能力。

全书共分7章:汽车常用材料、构件受力分析、杆件的承载能力分析、机构的组成及汽车常用机构、机械传动、轴系零部件、液压传动。为方便教师教学和学生自学,每章前有知识目标和能力目标,每章后面附有可供归纳复习的复习与思考题。

本书既可作为高职高专院校汽车专业类的专业基础教材,又可作为相关专业培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/于丽颖主编. —北京:化学工业出版社, 2009.9

高职高专汽车类规划教材

国家技能型紧缺人才培养培训系列教材

ISBN 978-7-122-06253-6

I. 汽… II. 于… III. 汽车-机械学-高等学校:技术学院-教材 IV. U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第123632号

责任编辑:韩庆利

装帧设计:尹琳琳

责任校对:顾淑云

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张12¼ 字数307千字 2009年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00元

版权所有 违者必究

前言

本教材是根据教育部《高等职业教育汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养方案》和教育部第 16 号文件《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中对高素质技能型专门人才的要求编写的,本书既可作为高职院校汽车专业类的专业基础教材,又可作为相关专业培训用书。

本教材紧扣培养“高技能人才”的目标,对传统学科型教材进行了整合,紧密结合汽车运用与维修领域的职业需求进行内容组织,保证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,减少教学时数,提高课堂教学效率。

本书编写力求简洁明了,基本知识点的选取以“必需”、“够用”为度,注重理论联系实际,强调各种知识在实际中的应用,为体现汽车教育的特点,选择汽车工程中的实例,着重培养学生分析、解决问题的能力,充分体现高等职业教育特色,为培养高级应用型人才打下必要的理论基础。

全书共分 7 章:汽车常用材料、构件受力分析、杆件的承载能力分析、机构的组成及汽车常用机构、机械传动、轴系零部件、液压传动。为方便教师教学和学生自学,每章前有知识目标和能力目标,每章后面附有可供归纳复习的复习与思考题。

本书由于丽颖担任主编并统稿,冯伟担任副主编。全书共分七章,其中第一章、第六章由于丽颖编写;第二章、第三章由冯伟编写;第四章由郑荻编写;第五章由冯霞编写;第七章由上官红喜编写。

在本书的编写过程中,我们参考了大量的资料,在此对原作者一并表示诚挚的谢意!

本书有配套电子教案,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如有需要,可发邮件至 hanqingli@cip.com.cn 索取。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2009 年 6 月

目 录

第一章 汽车常用材料	1
第一节 金属材料的性能	1
一、金属材料的力学性能	2
二、金属材料的工艺性能	6
第二节 黑色金属(钢、铸铁及其合金)	8
一、金属与合金的内部结构	8
二、碳钢	10
三、合金钢	16
四、特殊性能钢	18
五、铸铁	18
六、钢的热处理	20
七、钢的表面热处理	23
第三节 有色金属及其合金	25
一、铝及铝合金	25
二、铜及铜合金	26
三、轴承合金	27
第四节 橡胶、塑料、胶黏剂	28
一、橡胶	29
二、塑料	30
三、胶黏剂	35
第五节 陶瓷、汽车玻璃、复合材料	35
一、陶瓷	35
二、汽车玻璃	36
三、复合材料	37
复习与思考题	39
第二章 构件受力分析	41
第一节 静力分析基础	41
一、基本概念	41
二、基本公理	44
三、约束与约束反力	45
四、受力分析与受力图	46
第二节 平面力系	48
一、平面汇交力系	48
二、平面力偶系	51

三、平面任意力系	51
第三节 旋转构件的运动分析和动力分析	55
一、转动速度	55
二、转动加速度	56
三、惯性力的概念	57
四、动静法	57
五、定轴转动刚体的动静法	57
复习与思考题	59
第三章 杆件的承载能力分析	62
第一节 杆件的基本变形和内力	62
一、杆件的基本变形	62
二、内力的概念	63
三、截面法	63
第二节 截面法求内力	64
一、轴向拉压时的内力	64
二、轴扭转时的内力	65
三、梁弯曲时的内力	68
第三节 杆件的应力及强度计算	70
一、应力	70
二、杆件的强度计算	71
复习与思考题	76
第四章 机构的组成及汽车常用机构	78
第一节 机构的组成与运动简图	78
一、机构的组成及相关概念	78
二、运动副及其分类	80
三、机构运动简图	80
四、机构具有确定运动的条件	81
第二节 汽车常用四杆机构	83
一、概述	83
二、铰链四杆机构的基本类型及应用	83
三、铰链四杆机构的演化机构	86
第三节 凸轮机构	87
一、发动机配气机构的工作过程	87
二、凸轮机构的组成与特点	89
三、凸轮机构的分类	90
四、凸轮机构从动件的运动规律	90
第四节 螺旋机构	91
一、螺纹种类	92
二、螺旋传动	92
复习与思考题	95

第五章 机械传动	96
第一节 带传动	96
一、带传动概述	96
二、普通 V 带与带轮的结构、型号	99
三、V 带的安装与张紧装置	99
第二节 链传动	101
一、链传动概述	101
二、传动链的结构特点	102
三、滚子链链轮	103
四、运动特性	104
五、布置、张紧与润滑	105
六、链传动的应用	105
第三节 齿轮传动	106
一、齿轮传动的特点与分类	107
二、渐开线齿轮	107
三、直齿圆柱齿轮的结构	110
四、渐开线标准直齿圆柱齿轮啮合传动	111
五、渐开线齿轮的切齿原理与根切现象	113
六、齿轮传动的失效形式	117
七、齿轮材料	117
第四节 其他齿轮传动	118
一、斜齿圆柱齿轮传动	118
二、圆锥齿轮传动	121
三、齿轮齿条传动	122
四、蜗杆传动	123
第五节 轮系	125
一、轮系的分类	125
二、定轴轮系	125
三、周转轮系	126
四、混合轮系	128
复习与思考题	128
第六章 轴系零部件	130
第一节 轴	130
一、轴的功用与分类	130
二、轴的材料及其选择	131
三、轴的结构	132
第二节 滑动轴承	134
一、概述	134
二、滑动轴承的种类和结构	134
第三节 滚动轴承	136
一、滚动轴承的构造	136

二、滚动轴承的基本类型、特性和应用	137
三、滚动轴承的代号	139
四、滚动轴承的类型选择	140
第四节 联轴器与离合器	141
一、概述	141
二、联轴器	141
三、离合器	144
复习与思考题	146
第七章 液压传动	148
第一节 液压传动的基本概念	148
一、液压传动的工作原理	148
二、液压传动的组成	149
三、液压系统的基本参数	149
四、液压油	149
第二节 液压元件	153
一、液压泵	153
二、液压马达	155
三、液压缸	155
四、液压控制阀	156
五、液压辅助元件	162
第三节 液压基本回路及典型的液压传动系统	166
一、液压基本回路	166
二、典型的液压传动系统	177
第四节 液压系统的常见故障及排除方法	179
复习与思考题	181
参考文献	183

第一章 汽车常用材料

【知识目标】

1. 了解金属及合金的结构。
2. 了解晶体的基本结构及结晶过程。
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. 了解金属材料的分类、牌号和用途。
5. 了解非金属材料的分类、特点和用途。

【能力目标】

1. 掌握铁碳合金的组织及性能随碳的质量分数而变化的规律。
2. 掌握各种金属材料的牌号表示方法及特点。
3. 掌握金属材料和非金属材料在汽车上的应用。

随着科学技术的飞速发展，现代汽车制造材料的构成发生了较大的变化，高密度材料的比例下降，低密度材料有较大幅度的增加，从 20 世纪 90 年代开始，汽车材料向轻量化、节省资源、高性能和高功能方向发展。

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，第一类是金属材料，包括黑色金属（钢和铸铁）、有色金属（铝、铜、铅等）及其合金；第二类是非金属材料，又分为有机高分子材料（塑料、橡胶等）、无机非金属材料（玻璃、陶瓷等）以及新型的复合材料。长期以来，钢铁一直是构成汽车的主要材料，在汽车用钢中，合金钢比例较高。国外不少汽车采用含 Cr、Ni、Mo 等元素的结构钢和含 Co 量很高的永磁材料，而这些元素的资源都较稀缺，节约合金资源成为指导汽车材料开发和应用的方针之一。据统计，构成汽车的零件约有两万多个，汽车上的零部件采用了四千余种不同的材料加工制造，其中约 86% 是金属材料，而在金属材料中，钢铁材料占了 80%。金属材料之所以能够广泛应用，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超过 2/3。有色金属材料（常用为铝、铜合金）在汽车中使用不如钢铁普遍，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。

第一节 金属材料的性能

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来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。

金属材料实际上是以一种金属元素为基体，加入其他金属元素或非金属元素而形成的具有金属特性的材料。

金属材料的性能一般分为两大类，使用性能和工艺性能见表 1-1。

表 1-1 金属材料的性能

使用性能	金属材料在使用过程中所表现出来的特性	力学性能	强度、塑性、硬度、冲击韧性、抗疲劳性等
		物理性能	密度、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等
		化学性能	抗氧化性、抗腐蚀性等
		其他性能	耐磨性、吸振性等
工艺性能	金属材料在加工制造过程中表现出来的特性	铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能、热处理性能等	加工制造过程中，表现出来的是否容易被加工成型及加工特性等

所有性能中，力学性能最为重要，它是产品设计和选择材料时的主要依据，所以熟悉和掌握金属材料的力学性能非常必要。

一、金属材料的力学性能

(一) 强度

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。

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 为试样的原始标距长度。

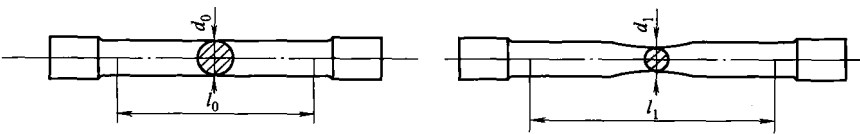


图 1-1 普通低碳钢圆形拉伸试样

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，将拉力 F 与其所对应的试样的伸长量绘成曲线，便得到拉伸曲线。图 1-2 为低碳钢的拉伸曲线。

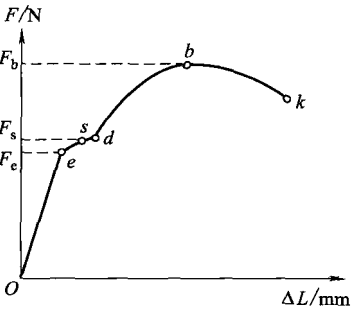


图 1-2 低碳钢的应力—应变曲线

从图 1-2 可看出低碳钢拉伸过程分为下面几个变形阶段：

Oe ——弹性变形阶段。试样的变形量与外加载荷成正比，载荷卸掉后，试样恢复到原来的尺寸。这一阶段，试样变形量与载荷成正比。这时如果卸除载荷，试样便会恢复到试验前的原有状态，这种变形称为弹性变形。

es ——屈服阶段。此时不仅有弹性变形，还发生了塑性变形，即载荷卸掉后，一部分形变恢复，还有一部分形变不能恢复。 s 点为屈服点。当外载荷增大超过 F_s 后，试样进一步变形，且外载荷去除后一部分变形消失，另一部分变形不能消失，即试样不能完全恢复到原来的形状。这种不能恢复的变形称为塑性变形。

sd ——明显塑性变形阶段。该段载荷不再增加，试样却继续变形。在此阶段，尽管外载

荷不增加或增加很少,但变形量继续增大,在拉伸图上出现近似水平线,这种现象称为屈服。

db ——强化阶段。为使试样继续变形,载荷必须不断增加。随着塑性变形增大,材料变形抗力也逐渐增加。当外载荷超过 F_s 后,尽管外载荷增加不大,但试样变形量却很大,直至 b 点。且 b 点的外载荷 F_b 为最大。

bk ——缩颈阶段。当载荷达到最大值时,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”,此时变形所需的载荷逐渐降低。当载荷增大到 F_b 后,试样的某一部位的截面开始急剧减小,产生缩颈现象,其抵抗外载荷的能力下降,此时即使不增加外载荷,试样仍然被拉断。工业上使用的金属材料,有些是没有屈服现象的。有些脆性材料不仅没有屈服现象而且也不产生缩颈。

k 点——试样发生断裂。

金属材料的强度指标根据其变形特点分为以下几个:

弹性极限值 σ_e ,表示材料保持弹性变形,不产生永久变形的最大应力;

屈服极限(屈服强度) σ_s ,表示金属开始发生明显塑性变形的抗力;

强度极限(抗拉强度) σ_b ,表示金属受拉时所能承受的最大应力。

以上三个强度指标具有重要的实际意义。例如,汽车上许多零件都不允许产生过量的塑性变形,像汽缸盖螺栓,就是以屈服极限为设计依据。强度极限也是设计零件时的主要依据之一。

(二) 塑性

塑性是指材料在载荷作用下,产生塑性变形而不被破坏(不断裂)的能力。材料的良好塑性,有利于金属的冷冲压成型加工。如汽车驾驶室外壳、车厢板、油箱等,在其成型过程中,若金属材料塑性不好,则在成型时容易开裂。

衡量材料塑性好坏的指标是伸长率和断面收缩率。

1. 伸长率

试样拉断后的相对伸长量的百分比,称为伸长率,用符号 δ 表示。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样的原始标距长度;

L_1 ——试样拉断后的标距长度。

2. 断面收缩率

试样拉断后的截面积的相对收缩量称为断面收缩率,用 ψ 表示, ψ 比 δ 更能真实反映材料的塑性。

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原始横截面积;

S_1 ——试样拉断处的横截面积。

(三) 硬度

硬度是指材料表面抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力。它是材料的一个重要力学性能。硬度测试应用最广泛的是压入法,即在一定载荷作用下,将比工件更硬的压头缓慢压入被测工件表面,使金属局部塑性变形而形成压痕,然后根据压痕面积大小或压痕深度来确定硬度值。

虽然硬度与强度间没有严格的对应关系,但可以通过大量实验数据找出粗略的换算

关系。

而硬度试验设备简单, 操作容易, 性能测试时又不损坏金属零部件。所以, 可通过硬度试验检验工具和质量。

广泛应用的硬度试验有布氏硬度和洛氏硬度试验等。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验时, 钢球的直径 D 和载荷 F 是根据被测试材料的种类、性质和厚度, 按国家标准 (GB 231—1984) 的规定选择, 试验后用专门的刻度放大镜测出压痕直径 d 的大小, 再查布氏硬度值表即可得到布氏硬度值。

图 1-3 为布氏硬度测试原理示意图。用直径为 D 的淬硬圆钢球以规定的载荷 F 压入被测试材料表面, 保持一定时间后, 卸除载荷, 测量被测材料的表面压痕直径 d 和压痕球面积 A , 计算平均压力 F/A 的大小作为材料的布氏硬度值, 用符号 HB 表示。用淬火钢球为压头时, 符号为 HBS; 用硬质合金球为压头时, 符号为 HBW。符号后面的数字依次表示压头球体直径 D 、试验力 F 和试验力保持时间 t (当 t 为 10~15s 时不标注)。

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

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。

例如, 布氏硬度记为 200HBS10/1000/30, 表示用直径为 10mm 的钢球, 在 9800N (1000kgf) 的载荷下保持 30s 时测得布氏硬度值为 200HBS。

布氏硬度只适用于退火或调质处理的钢件、灰口铸铁和有色金属等较软的材料; 硬度高的材料、薄壁工件和表面要求高的工件, 不宜用布氏硬度测定。

由于布氏硬度是材料局部范围抵抗变形的能力, 所以布氏硬度与材料的抗拉强度之间存在一定的换算关系, 对一般的碳钢有如下近似关系:

当硬度 $< 175\text{HBS}$ 时, $\sigma_b \approx 0.36\text{HBS}$ 。

当硬度 $> 175\text{HBS}$ 时, $\sigma_b \approx 0.35\text{HBS}$ 。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验和布氏硬度试验同样采用压入法测定硬度。两者的区别是洛氏硬度试验用的压头是一个 120° 的圆锥形金刚石压头, 施加相应载荷后, 测定金属材料压痕的深度, 以压痕深度来表示硬度值, 如图 1-4 所示。洛氏硬度用 HRC 表示。

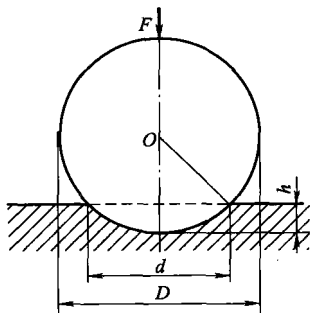


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

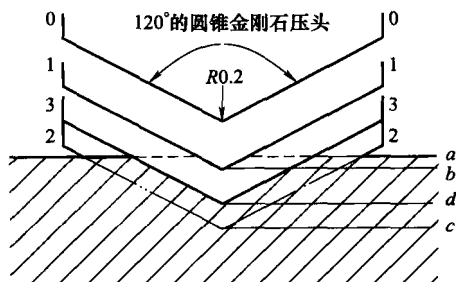


图 1-4 洛氏硬度试验原理示意图

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 98.07N 后, 压头经试件表面 a 压入到 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, 压头压入到 c 处的位置; 3—3 为卸除主试验力, 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 大小来判断材料的硬度, 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) 为硬度值 (每 0.002mm 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。

$$HR = K - \frac{bd}{0.002}$$

式中, 金刚石做压头, K 值为 100; 淬火钢球做压头, K 值为 130。

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 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 $F/\text{kgf(N)}$	硬度值	应 用
HRA	120°金刚石圆锥	60(588.4)	70~85	硬质合金, 表面淬火、渗碳钢等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	100(980.7)	25~100	有色金属, 退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥	150(1471.7)	20~67	淬火钢, 调质钢等

洛氏硬度试验可以直接从刻度盘上读取硬度值; 压痕小, 可测定成品及薄的工件; 测试的硬度范围大, 可以测从极软到极硬的金属材料。但洛氏硬度测试压痕小, 测试有时不够准确, 所以, 同一试样应测三点以上, 取其平均值。

(四) 韧性

在汽车运行时, 汽车的许多零件要受到一些突然施加的外力作用。如发动机曲轴、弹簧钢板、大梁、前工字梁等在汽车启动、制动及速度突然改变时, 都会受到突然施加的力作用。这种突然作用的力称为冲击载荷。

受冲击载荷作用的零件不仅要有较高的强度和一定的硬度, 还要有足够的韧性, 以防止零件受冲击载荷作用而破坏。

目前, 测定材料韧性的方法是摆锤式一次能量冲击试验。

把带有缺口的试样放在一次摆锤试验机上, 测定金属承受冲击载荷的能力。如图 1-5 所示。在实际应用中, 直接从试验机上读出摆锤打断试样所作的冲击功 A_k , 然后将冲击功 A_k 的值除以试样缺口处的横截面积 A 便得到冲击韧度值 a_k 。

a_k 值大, 表示材料韧性好, 耐冲击。有些材料在一般室温时测定的 a_k 值不低, 而在低温时, 稍受冲击即产生脆性断裂, 因为塑性材料随着温度的降低也会逐渐变脆, 说明不同温度范围材料的冲击韧度不同, 这一点对低温工作的零件影响较大。

(五) 疲劳

许多汽车零件, 如齿轮、轴、弹簧等, 往往在工作时并不产生明显的塑性变形而会突然发生断裂, 具有很大的危险性。这些零件在工作中受到大小或大小及方向随时间呈周期性变化的应力作用, 此应力称为交变应力。在交变应力的作用下, 虽然零件所承受的应力远低于材料的抗拉强度 (强度极限), 有时甚至小于屈服极限时就发生断裂, 这种现象称为金属的疲劳或疲劳断裂。

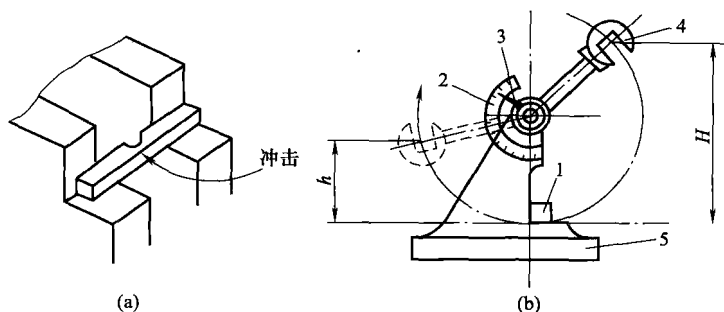


图 1-5 摆锤式冲击试验原理示意图

1—试样；2—刻度盘；3—指针；4—摆锤；5—机架

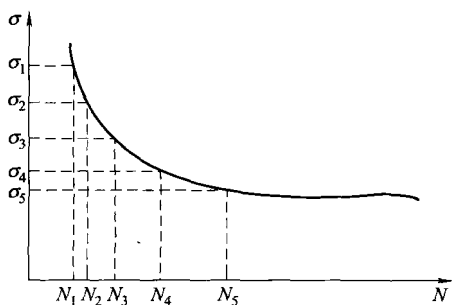


图 1-6 疲劳曲线

材料承受的交变应力，与材料断裂前承受交变应力的循环次数 N 之间的关系可用疲劳曲线来表示，如图 1-6 所示。金属承受的交变应力越大，则断裂时应力循环次数 N 越少。当应力低于一定值时，试样可以经受无限周期循环而不破坏，此应力值称为材料的疲劳极限（亦叫疲劳强度），用 σ_{-1} 表示。由于无数次应力循环次数的试验是无法完成的，工程上一般规定：对于钢铁循环次数为 10^7 ，所对应的应力即为 σ_{-1} ；有色金属、不锈钢则规定 $N=10^8$ 。

金属的疲劳极限受到很多因素的影响，主要有工作条件、表面状态、材质、残余内应力等。改善零件的结构形状、降低零件表面粗糙度以及采取各种表面强化的方法，都能提高零件的疲劳极限。

疲劳断裂破坏的原因一般认为是：由于材料内部有气孔、疏松、夹杂等组织缺陷，表面有划痕、缺口等引起应力集中的缺陷，导致产生微裂纹，随着循环次数的增加微裂纹逐渐扩展，最后造成工件突然断裂破坏，因此，提高材料、工件疲劳强度的途径，除改善内部组织、外部形状和表面状态，减小和避免应力集中外，还可通过表面强化处理和减小表面粗糙度值，如表面滚压、喷丸处理等，进一步提高疲劳强度。

金属零件、结构，都是将金属坯料进行一系列加工处理而制成的。工艺性能是反映金属材料接受各种加工和处理时难易的适应程度，对产品质量、加工生产率和生产成本等，都有很大影响，不同的成型、加工和处理方法，对材料有不同的工艺性能要求。如浇注成型，要求材料易熔化、流动性好、充型能力好，凝固成型性好，收缩和偏析小等；塑性变形成型，要求材料塑性变形能力大而变形抗力小；切削加工成型，要求材料具有良好的切削加工性能等。进行焊接、胶接、切割、热处理等加工处理，材料也应具有相应的工艺性能。

二、金属材料的工艺性能

机械零件在制造过程中对其材料进行加工，如铸造、焊接、切削等。为了使工艺简单、产品质量好、成本低，必须考虑金属材料的工艺性能。工艺性能实际上是材料的力学性能、物理性能和化学性能的综合表现。

（一）铸造性能

铸造是将熔化的金属或合金，注入铸型型腔内，待其凝固后而得到一定形状和性能的零

件的方法。金属的铸造性能是指能否将金属材料用铸造方法制成优良铸件的性能。它取决于金属的流动性、收缩性和偏析等。生产中常根据金属的铸造性能,调整铸造工艺,以获得合格的铸件。流动性好的金属材料有充满铸型的能力,浇注后的铸件轮廓清晰,无浇注不足现象,能够铸出大而薄的铸件。收缩性是指金属浇注后在铸型中凝固时铸件体积的收缩量,收缩率小的金属,铸件冷却后缩孔小,表面无空洞,不容易因收缩不均匀而引起开裂,尺寸比较稳定。铸件的几种主要缺陷如裂纹、疏松、变形等,都与金属的收缩率有关。因此,要获得性能良好的铸件,应选用收缩率小的金属。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。

铸造能生产其他加工方法难以加工的箱体、壳体等形状复杂、大小不等的零件或毛坯。铸铁、钢、有色金属是常用的铸造材料,其中灰铸铁和青铜铸造性能较好。

(二) 锻造性能

锻造是使加热后的工件坯料利用静压力或冲击力作用而产生塑性变形,从而获得一定形状工件的工艺方法。常以生产零件毛坯为主,精密锻造也可以直接制成零件。金属的锻造性能是指金属锻压的难易程度。若金属在锻压时塑性好,变形抗力小则说明该金属锻造性能好,它取决于金属的化学成分、组织结构及变形条件。在高温下材料一般锻造性好。与高碳钢和合金钢相比,低碳钢、中碳钢及部分有色金属和合金锻压性能良好,铸铁不能锻造。

(三) 焊接性能

焊接是将两部分金属,通过加热或加压借助原子间的结合力,使它们牢固地连接成整体的工艺方法。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。焊接后金属产生裂纹的可能性与金属本身的化学成分和性能有关。例如,碳钢的焊接性能比合金钢好;合金元素含量低的焊接性能就比合金元素含量高的好;含碳量低的碳钢焊接性能比含碳量高的好。铸铁由于组织中存在石墨,所以焊接性较差。

焊接的优点:减轻零件或结构件的重量,生产周期短,效率高,成本低;焊接结构的强度高,气密性好;能节约金属,减少切削加工量,并能制造锻造、铸造等加工工艺无法生产的大型容器和框架结构件等。例如,汽车车身、车架一般是焊接而成。

(四) 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。金属的切削加工性能好,即它经过切削加工成为合格产品的难度小,且刀具寿命长;反之切削性能差。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,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作大致的判断。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150~250HBS时,有较好的切削加工性能。材料硬度过高,使刀具寿命短或不能切削加工;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。

(五) 热处理性能

金属的热处理性能是指金属能否通过热处理工艺来改善或提高金属的力学性能。有色金属一般不易进行热处理。通常碳钢、合金钢可以用热处理来改变其内部组织结构,甚至改变金属表面一定厚度的化学成分,以达到改善材料力学性能的目的。中碳钢、高碳钢及中碳合金钢、高碳合金钢具有较好的热处理工艺性。

第二节 黑色金属（钢、铸铁及其合金）

工业上，通常把金属材料分为两大类：黑色金属（铁基）和有色金属（非铁基）。黑色金属是以铁为基本元素的合金，如钢、铸铁及其合金，它们在工业中得到极其广泛的应用；有色金属是指除钢铁等材料以外的其他所有金属材料，如铝、铜、镁及其合金。

一、金属与合金的内部结构

材料的性能取决于其化学成分与内部的组织结构。材料的化学成分不同，性能当然不同；然而化学成分相同的材料，通过热处理改变其组织结构，性能也会差别很大。所以，首先应该了解金属及合金的组织结构。金属和合金的内部结构主要是指晶体结构和显微组织。

（一）金属晶体结构基本知识

所有的固态金属和合金都属于晶体。晶体结构是指原子的结合方式及原子在金属和合金内部的排列方式。显微组织是指显微镜下观察到的晶粒及各种组成相的不同形态、大小、数量及分布。

1. 晶格

为了便于描述晶体内部原子排列的规则，可将原子近似地看成一个点，称为结点；再用假想的直线连接结点，形成空间几何格架，这种假想的空间格架称为结晶格子，简称晶格。

2. 晶胞

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最小结构单元来表示晶格，称为晶胞。晶格就是由许多形状、大小和位向相同的晶胞在空间重复叠堆而成的。

晶胞三个棱边的长度称为晶格常数，用 a 、 b 、 c 表示，棱边夹角用 α 、 β 、 γ 表示。当 $a=b=c$ 和 $\alpha=\beta=\gamma$ 时，这种晶胞称为简单立方晶胞。简单立方晶格与晶胞示意图如图 1-7 所示。

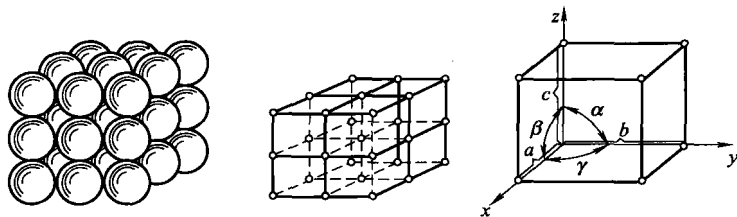


图 1-7 简单立方晶格与晶胞示意图

3. 金属晶格的基本类型

在金属元素中，常见的晶格类型有体心立方晶格、面心立方晶格和密排六方晶格三种。

（1）体心立方晶格 这种晶格的晶胞是一个立方体，立方体 8 个顶角和立方体中心各有 1 个原子，如图 1-8 所示。晶胞顶角的原子，实际上是晶格中邻近的 8 个晶胞所共用，只有晶胞中心的原子为该晶胞独有，所以体心立方晶格每个晶胞的实有原子数为 2 个。

属于体心立方晶格的金属有铬、钼、钒、钨和 α 铁等。

（2）面心立方晶格 这种晶格的晶胞也是立方体，8 个顶角和 6 个面的中心都各有 1 个原子，如图 1-9 所示。同样，晶胞顶角原子为邻近 8 个晶胞共有，各面中心的原子为相邻 2