

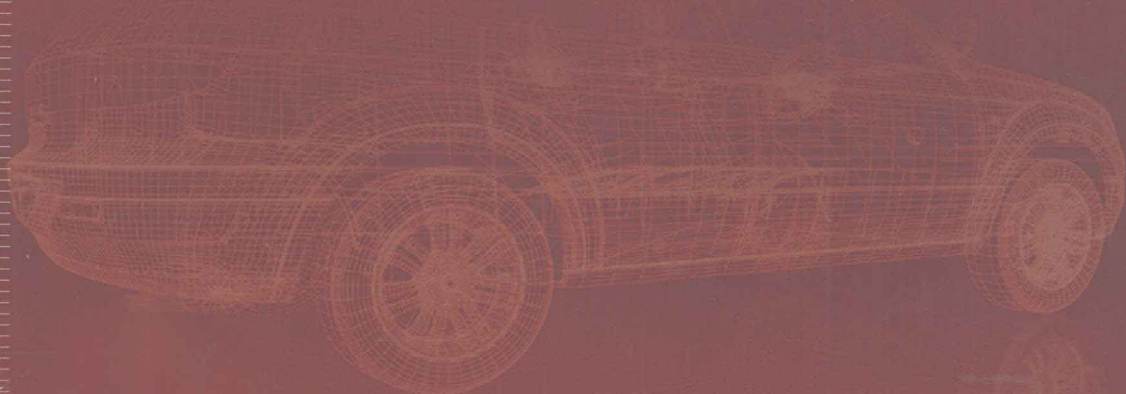
普通高等院校“十二五”规划教材



车辆工程材料

CHELIANG GONGCHENG
CAILIAO

主编 苏铁熊 吕彩琴
参编 高玉霞 李晓杰 等



国防工业出版社

National Defense Industry Press

车辆工程材料

主编 苏铁熊 吕彩琴
参编 高玉霞 李晓杰 等

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书涵盖了车辆材料基础知识、车辆零部件材料、车辆运行材料、车辆用新型功能材料等四方面内容。

车辆用材料技术的发展是汽车技术发展的重要方面之一,为此,本书内容涉及到钢铁材料及其在汽车上的应用、有色金属及其在汽车上的应用、非金属材料及其在汽车上的应用,以及汽车燃料的性能及使用、汽车润滑材料的性能及使用、汽车工作液的性能及使用;此外,本书还涉及了车辆用新型功能材料,介绍了车辆用多种新型轻质、高强度材料,以满足车辆设计中,对经济性、环保性、安全性和轻便性的要求。

为了便于学习及复习,本书在每章后面都附有思考题,在书后附有车辆常用的材料特性表。

本书可作为高等院校车辆工程专业本科生教材或教学参考书,也可供从事车辆设计及相关行业的工程技术人员和操作人员借鉴使用。

图书在版编目(CIP)数据

车辆工程材料/苏铁熊,吕彩琴主编. —北京:
国防工业出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-118-07795-7

I. ①车… II. ①苏… ②吕… III. ①汽车 -
工程材料 IV. ①U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 220866 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 100048)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 9 1/4 字数 238 千字
2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 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

前 言

车辆用材料技术的发展是汽车技术发展的重要方面之一。材料质量是汽车质量保障的基础,在更经济、更环保、更安全和更轻便的汽车的研制过程中,材料的选择是非常重要的。铝合金、高强度钢、合成塑料和陶瓷在汽车材料选择应用方面,已经成为相互竞争的对手。中国汽车工程学会汽车材料分会已经成功举办了 17 届年会。汽车材料年会的成功举办有力地推动着汽车材料的发展,改变着人们对汽车材料在汽车发展过程中的影响的认识。目前,汽车材料学已经作为一门新兴学科出现并被人们接受。

本书采用近年来新制定或新修订的国内外关于汽车材料的分类、规格等标准,重视基础理论和应用技能的培养。本书共分四篇,包括车辆用材料基础知识、车辆零部件材料、车辆运行材料以及新型功能材料等;总共有 10 章内容,分别为车辆材料基础知识、钢铁材料及其在汽车上的应用、有色金属及其在汽车上的应用、非金属材料及其在汽车上的应用、车辆发动机主要零部件采用的材料、汽车燃料的性能及使用、汽车润滑材料的性能及使用、汽车工作液的性能及使用、汽车常用材料和汽车新型功能材料等。

本书在内容的选取编排上,既注意夯实材料理论知识基础,又着重介绍不同类型的材料在汽车上的具体应用。此外,本书采用图文并茂的教材编排方法,重点编写了车辆用材料中材料的概念、常用和关键的性能指标及相关测试方法,以及测试可能用到的仪器和设备,旨在培养汽车专业的学生能合理应用相关材料,提高学生的专业素养和专业基本技能,并为汽车整体设计和后续课程打下基础。

本书附有各相关材料常用牌号及性能,同时附有思考题,以方便教师教学和学生自学。

本书由中北大学苏铁熊教授、吕彩琴教授主编。第一章由苏铁熊编写;第二章由吕彩琴编写;第三至第六章由李晓杰编写;第七至十章由高玉霞编写。全书由吕彩琴教授审核,苏铁熊教授定稿。

本书在编写过程中得到了许多同行的关心和支持,但由于编者水平所限,定有不妥之处,敬请读者指正。

编 者

第一篇 材料基础知识

第一章 车辆材料基础知识

第一节 车辆材料概述

车辆用材料主要是指汽车零部件用的材料和汽车运行时用的材料。一辆汽车是由成千上万个零部件组成的,而这些零部件又是由上千种不同品质、规格的材料加工制造出来的,因此在汽车制造中,需要应用大量的机械工程材料作为汽车零部件材料。汽车作为一种现代化的运输工具,在其运行过程中必然需要使用和消耗燃料、润滑材料和工作液等,通常把这些材料称为汽车运行材料。

一、车辆零部件材料

车辆零部件材料数量大、品种多,几乎涵盖了所有传统的和新兴的机械工程材料。据统计,全世界钢材产量的 1/4,橡胶产量的 1/2 以上,都用于汽车生产。车辆零部件常用材料的种类如图 1-1 所示。

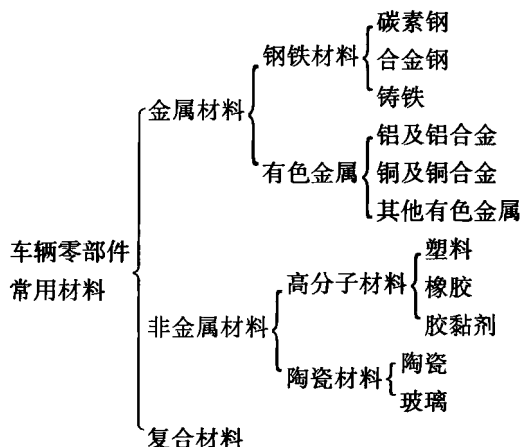


图 1-1 车辆零部件常用材料的种类

车辆零部件制造材料以金属材料为主,金属材料中又以钢铁材料的用量为最多。有色金属和非金属材料因具有钢铁材料所没有的特性,所以在汽车制造中也得到了广泛应用。近年来,为适应汽车安全性、舒适性和经济性的要求,以及汽车低污染的发展趋势,要求汽车减轻自重以实现轻量化,所以在汽车制造中钢铁的用量有所下降,而有色金属、非金属材料 and 复合材料等新型材料的用量正在上升。各种性能优越的新材料的应用,促进了汽车性能的提高和汽

车工业的发展。

据统计,目前我国国产中型载货汽车的材料构成比为:钢材 64%、铸铁 21%、有色金属 1%、非金属材料 14%。一汽奥迪轿车的材料构成比为:钢材 62%、铸铁 9.67%、粉末冶金 1.23%、有色金属 8.5%、非金属材料 18.6%。从中不难看出车辆零部件的应用情况和发展趋势。

轿车发动机材料的应用实例如图 1-2 所示。

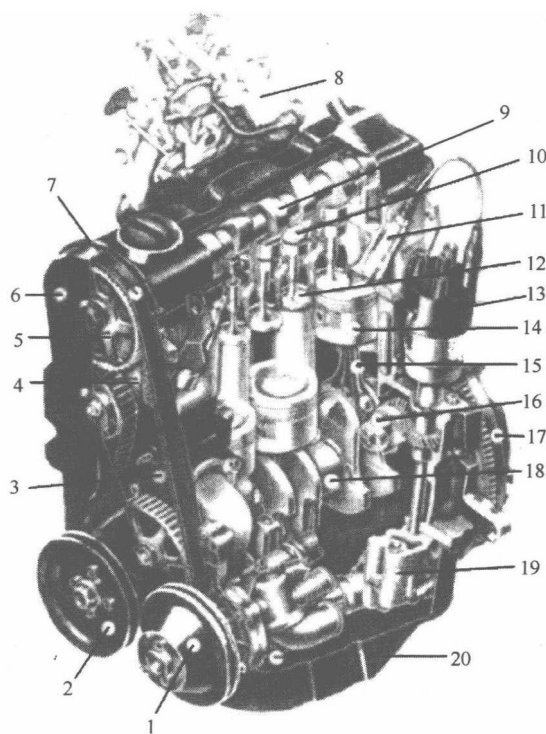


图 1-2 轿车发动机材料的应用实例

- 1—水泵带轮(低碳钢); 2—曲轴带轮(低碳钢); 3—汽缸体(合金铸铁); 4—汽缸盖(铝合金);
5—齿形轮(铁基粉末冶金); 6—齿形带护罩(工程塑料); 7—正时齿形带(玻璃纤维增强氯丁橡胶);
8—化油器壳体(锌合金); 9—凸轮轴(合金铸铁); 10—挺柱(合金钢); 11—火花塞(陶瓷);
12—气门(耐热钢); 13—分电器盖(酚醛塑料); 14—活塞(铝硅合金); 15—连杆(中碳钢);
16—中间轴(球墨铸铁); 17—飞轮(灰口铸铁); 18—曲轴(中碳钢或球墨铸铁);
19—机油泵泵体(灰口铸铁); 20—油底壳(低碳钢)。

二、车辆运行材料

车辆运行材料大多是石油产品,据统计,全世界约 46% 的石油产品为汽车所消耗。车辆运行材料主要包括燃料、润滑材料及工作液等,常用车辆运行材料的种类如图 1-3 所示。

1. 燃料

汽车作为交通工具在道路上行驶,就需要消耗燃料以提供动力。目前汽油和柴油是汽车的主要燃料。近年来为了减少能源消耗、降低空气污染,开发了醇类燃料、天然气和液化石油气等作为汽车代用燃料。

2. 润滑材料

汽车在运行中,为了减少各运动零部件之间的摩擦及磨损,延长机件的使用寿命,并降低

燃料的消耗,就必须使用各种润滑材料。它们主要包括发动机润滑油、车辆齿轮油和润滑脂等。

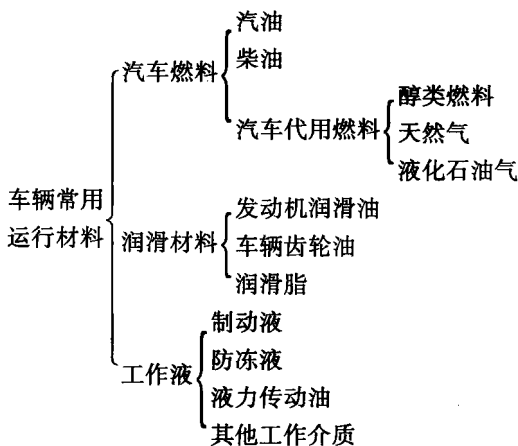


图 1-3 常用车辆运行材料的种类

3. 工作液

汽车的各种工作系统需使用各种工作介质,包括液压制动系统需使用的制动液,冷却系统需使用的防冻液,自动变速器需使用的液力传动油(即自动变速器油),以及减振器油。我们把这些材料统称为汽车液压油和制冷剂。

4. 其他工作液

除了上述材料之外,在汽车维修作业中,还需要用到一些常用的辅助材料,如清洗液、胶粘剂和衬垫材料等。近年来随着人们对汽车审美要求的提高,又出现了许多新型的汽车清洁和装饰材料。

总之,车辆材料的种类繁多,性能各异,它们是汽车制造、运行和维护的基础。汽车的使用性能、安全性、可靠性和寿命等都离不开所用材料的性能。因此,只有了解车辆材料的性能及其应用,才能正确、合理地选用材料,使汽车充分发挥其良好的技术和经济性能。

第二节 金属材料的性能

金属材料是汽车制造业中使用的基本材料,汽车中约有 80% 的零件是用金属材料制成的。由于用于汽车零件制造的金属材料种类很多、性能各异,所以只有充分了解金属材料的性能及用途,才能正确、合理地选用材料。金属材料的性能主要包括使用性能和工艺性能两方面,其中使用性能又包括物理性能、化学性能和机械性能等。

一、金属的物理性能

金属的物理性能包括密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性和磁性等。

1. 密度

密度是指物质单位体积的质量,用符号 ρ 表示,单位为 kg/m^3 。

密度大于 $5 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属称为重金属,如铜、铁等;密度小于 $5 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属称为轻金属,如铝、钛等。在零件选材时,就需要考虑金属的密度。例如汽车发动机的活塞要求质量轻、运动时惯性小,因此常用密度小的铝合金制造。

2. 熔点

熔点实质上是该物质由固态转变为液态,且固、液两相可以共存并处于平衡的温度。

各种金属都有其固定的熔点。常用金属中钨、铬等的熔点较高,锡、铅等的熔点较低。通常熔点低的金属材料加工时易于进行铸造和焊接。

3. 导电性

金属传导电流的性能称为导电性。通常用电阻率来衡量金属的导电性,电阻率用符号 ρ 表示,单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ (欧米)。电阻率越小,金属的导电性越好。常用金属中银、铜、铝等的导电性较好,工业上常用铜、铝及其合金作为导电材料。

4. 导热性

金属传导热的性能称为导热性。

其大小用热导系数来衡量,热导系数用符号 λ 表示,其单位为 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,即瓦/(米·开)。热导系数越大,金属的导热性越好。导热性能好的金属,往往吸热快,散热也快,其散热性能也好。纯金属的导热性好,合金的导热性比纯金属差。汽车上的散热器常采用导热性好的铝、铜等金属材料制造。

一般来说,金属在焊接、铸造、锻造和热处理等工艺中必须考虑其导热性,防止材料在加热或冷却过程中其内外温差过大,从而对材料造成变形和破坏等因素。

5. 热膨胀性

金属在受热时膨胀,冷却时缩小的特性称为热膨胀性。通常用线膨胀系数来衡量金属的热膨胀性。

线膨胀系数定义为固体物质的温度每改变 1°C 时,其长度的变化和它在 0°C 时长度之比,单位为 $1/\text{K}$,符号为 α 。即假设物体原来的长度为 L_0 ,温度升高 Δt 后长度的增加量为 ΔL ,实验指出它们之间存在如下关系:

$$\Delta L / L_0 = \alpha_1 \Delta t \quad (1-1)$$

式中: α_1 称为线膨胀系数,也就是温度每升高 1°C 时,物体的相对伸长。

线膨胀系数越大,金属的热膨胀性也越明显。

由于物质的不同,线膨胀系数亦不相同,其数值也与实际温度和确定长度 L 时所选定的参考温度有关,但由于固体的线膨胀系数变化不大,通常可以忽略,而将 α 当作与温度无关的常数。

金属的热膨胀性在实际工作中得到了广泛应用,如在零件测量中必须考虑热膨胀性的因素;轴与轴瓦的装配间隙必须根据材料热膨胀性来确定;在汽车修理中可利用金属的热膨胀性将活塞安装在连杆上,即先将活塞在开水或热油中加热,使活塞孔径产生膨胀,从而使活塞销顺利地将活塞和连杆连接。

6. 磁性

磁性是物质放在不均匀的磁场中会受到磁力的作用。在相同的不均匀磁场中,由单位质量的物质所受到的磁力方向和强度,来确定物质磁性的强弱。因为任何物质都具有磁性,所以任何物质在不均匀磁场中都会受到磁力的作用。

金属的磁性通常用磁导率来衡量,磁导率用符号 μ 表示,其单位为 H/m (亨/米)。磁导率越高,金属的磁性越好。具有较高磁性的材料称为磁性材料,如铁、钴、镍等。根据所加磁场的性质,磁导率分为静态磁导率、复数磁导率和张量磁导率。3种磁导率的测量方法也有所不同。静态磁导率是物质在静磁场 H 的作用下磁感应强度 B 与磁场强度 H 的比值,即 $\mu = B/H$ 。

静态磁导率一般用冲击检流计测量。复数磁导率是物质在交变磁场 h 的作用下交变磁感应强度 b 与 h 的比值。 b 与 h 常常具有不同的相位,因为 μ 为复数,即 $\mu = b/h = \mu' - j\mu''$,式中 μ'' 表示材料的磁损耗。当频率从几赫到几十兆赫时,在用被测材料制成的环状磁芯上均匀绕制线圈,测出线圈的电感 L 和电阻 R ,利用公式 $\mu/\mu_0 = [(R - R_0) + j\omega L]/j\omega L_0 = L/L_0 + (R - R_0)/j\omega L_0$ 计算出复数磁导率。其中, μ_0 为空气的磁导率, L_0 和 R_0 分别为无磁芯时同一线圈的电感和电阻。在微波频率范围内常用的测量方法有驻波法和谐振腔法。

磁性材料是汽车上的电机、仪表等电气设备必不可少的材料。常见金属的物理性能如表 1-1 所列。

表 1-1 常见金属的物理性能

金属名称	符号	密度 $\rho(20^\circ\text{C})$ $/(1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$	熔点/ $^\circ\text{C}$	热导率 λ / $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	线膨胀系数 α $(0 \sim 100^\circ\text{C})/(1 \times 10^{-6}^\circ\text{C})$	电阻率 $\rho(0^\circ\text{C})$ $/(1 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m})$
银	Ag	10.49	960.8	418.6	19.7	1.5
铝	Al	2.698	660.1	221.9	23.6	2.665
铜	Cu	8.96	1083	393.5	17.0	1.67 ~ 1.68 ^①
铬	Cr	7.19	1903	67	6.2	12.9
铁	Fe	7.87	1538	75.4	11.76	9.7
镁	Mg	1.74	650	153.7	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1224	4.98 ^②	37	185 ^①
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	231.9	62.8	2.3	11.5
钨	W	19.3	3380	166.2	4.6 ^①	5.1

注:① 20 $^\circ\text{C}$;② -192 $^\circ\text{C}$

二、金属的化学性能

1. 耐腐蚀性

金属在常温下抵抗各种腐蚀介质侵蚀的能力称为金属的耐腐蚀性。金属材料被周围各种腐蚀介质,如空气中的水蒸气、有害气体以及酸、碱、盐等介质腐蚀的现象是很常见的。腐蚀不但使金属材料本身受到损伤,还会使机械零部件的使用性能遭到破坏,甚至会发生机械事故,其危害是很大的。金属的腐蚀是由材料的成分、化学性能、组织形态等决定的。为防止金属的腐蚀,一般可采用改变金属材料成分或表面处理的方法来提高金属的耐腐蚀性。比如钢中加入可以形成保护膜的铬、镍、铝、钛;改变电极电位的铜以及改善晶间腐蚀的钛、铌等,可以提高耐腐蚀性。

极化电阻测量技术已成为测量金属腐蚀速度的重要手段,其原理是通过慢扫描三角波测量得到表观极化电阻,然后减去介质电阻得到真实极化电阻 R_p ,再根据 Stern 方程估算腐蚀电流 I_{corr} ,其测量误差 $\leq 5\%$ 。

2. 抗氧化性

金属在高温下抵抗氧化作用的能力称为金属的抗氧化性。
在高温条件下工作的机械零件的金属氧化作用较为强烈,极易造成零件的损坏。因此选

用零件材料时,必须考虑其抗氧化性能,例如汽车发动机排气门工作在高温、高压环境下,就应选用抗氧化性好的材料制造。

GB/T 13303—91 介绍了钢的抗氧化性能测定方法,规定了用减重法或增重法测定钢及合金在高温下气体介质中的抗氧化性。

三、金属的工艺性能

金属的工艺性能是指金属材料适应各种加工工艺方法的能力。它包括金属的铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

1. 铸造性能

铸造性能是指金属材料在铸造成型的过程中,获得外形准确、内部健全的铸件的能力,主要包括以下性能:流动性——充满铸模能力;收缩性——铸件凝固时体积收缩的能力;偏析——化学成分不均性;吸气性——在熔炼和浇注时吸收气体的性能。一般来说,铸铁、铸造铝合金具有良好的铸造性能。

2. 压力加工性能

压力加工性能是指金属材料在冷、热状态下,在外力作用下产生塑性变形,以获得具有一定形状、尺寸和力学性能的原材料、毛坯或零件的生产方法的能力,为金属压力加工,又称金属塑性加工。

压力加工方法可分为如下几类:

(1) 轧制:金属坯料在两个回转轧辊的缝隙中受压变形以获得各种产品的加工方法。靠摩擦力,坯料连续通过轧辊间隙而受压变形。主要产品:型材、圆钢、方钢、角钢、铁轨等。

(2) 锻造:在锻压设备及工(模)具的作用下,使坯料或铸锭产生塑性变形,以获得一定几何尺寸、形状和质量的锻件的加工方法。

(3) 挤压:金属坯料在挤压模内受压被挤出模孔而变形的加工方法。

(4) 拉拔:将金属坯料被拉过拉拔模的模孔而变形的加工方法。

(5) 冲压:金属板料在冲模之间受压产生分离或成型。

(6) 旋压:在坯料随模具旋转或旋压工具绕坯料旋转中,旋压工具与坯料相对进给,从而使坯料受压并产生连续、逐点的变形。

压力加工的优点是:

(1) 结构致密,组织改善,性能提高,强度、硬度、韧度俱高。

(2) 少、无切削加工,材料利用率高。

(3) 可以获得合理的流线分布(金属塑变是固体体积转移过程)。

(4) 生产效率高。

压力加工的缺点是:一般工艺表面质量差(氧化);不能成型形状复杂件(相对);设备庞大、价格昂贵;劳动条件差(强度大、噪声大)。

一般来说,低碳钢具有良好的压力加工性能,铸铁则不能进行压力加工。

3. 焊接性能

焊接性能是指金属材料之间通过焊接方法连接在一起的结合性能。一般来说,低碳钢具有良好的焊接性能,高碳钢、铸铁和铝合金的焊接性能则较差。

4. 切削加工性能

切削加工性能是指金属材料用切削刀具切削加工的难易程度。一般由工件切削后的表面

粗糙度及刀具寿命等方面来衡量。影响切削加工性能的因素主要有工件的化学成分、组织状态、硬度、塑性等。一般来说,铸铁、铝合金具有良好的切削加工性能,一般碳钢比高合金钢切削加工性能好。

5. 热处理性能

热处理性能是指金属材料适应各种热处理方法的能力。钢一般都可以通过热处理来提高其性能。

金属材料的工艺性能对于机械零件加工工艺方法的选择极为重要。例如,铸造性能和切削加工性能较好的灰口铸铁可广泛应用于制造形状和尺寸较复杂的零件(如汽车发动机汽缸体等);压力加工性能和焊接性能较好的低碳钢常用来制造外形较复杂的零部件(如汽车车身外壳等)。

四、金属的机械性能

金属的机械性能又称为力学性,它是指金属材料在加工和使用时,在外力作用下所表现出来的抵抗能力。主要的机械性能指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

金属材料在加工和使用过程中都会受到外力的作用,这种外力通常称为载荷。载荷按作用性质不同,可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等3种形式;按作用形式不同,可分为拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转等5种基本形式,载荷的作用形式如图1-4所示。

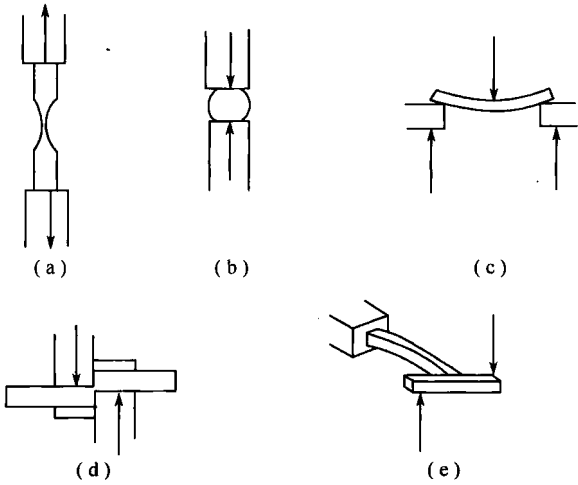


图1-4 载荷的作用形式

(a) 拉伸; (b) 压缩; (c) 弯曲; (d) 剪切; (e) 扭转。

金属材料在载荷作用下形状和尺寸的变化称为变形。变形可分为弹性变形和塑性变形两种。所谓弹性变形是随着载荷的作用而产生,随着载荷的去除而消失的变形;塑性变形是不随载荷的去除而消失的变形。

1. 强度

金属材料在载荷作用下抵抗变形或破坏的能力称为强度。强度的大小常用应力表示,应力是指单位面积上抵抗变形或破坏的抵抗力(内力),用符号 σ 表示,单位为Pa(即 N/m^2)。

金属材料的强度根据载荷作用方式的不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。通常应用最广泛的是抗拉强度,抗拉强度可在拉伸试验机上通过拉伸试验测定。拉伸试件可以是圆试件,也可以是扁试件,如图1-5和图1-6所示。利用拉伸试验得

到的数据可以确定材料的弹性极限、伸长率、弹性模量、比例极限、面积缩减量、拉伸强度、屈服点、屈服强度和其他拉伸性能指标。从高温下进行的拉伸试验可以得到蠕变数据。金属拉伸试验的步骤可参见 ASTM E-8 标准。常用指标为屈服极限和抗拉强度。

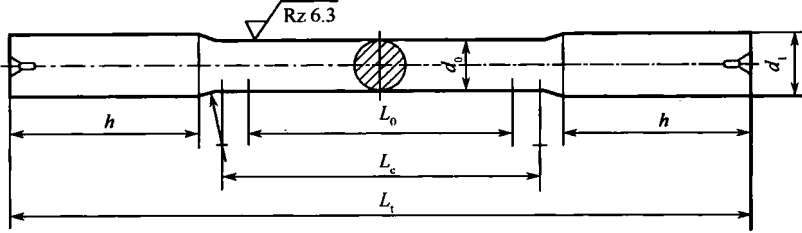


图 1-5 圆试件

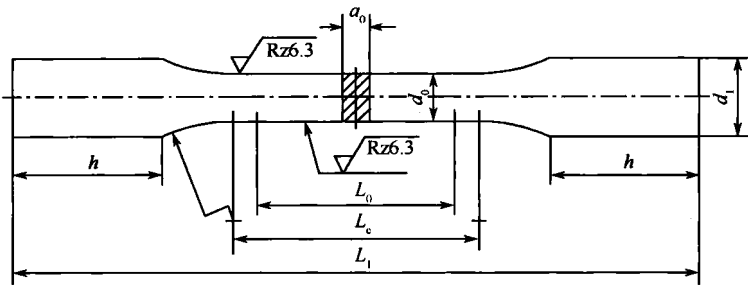


图 1-6 扁试件

(1) 屈服极限。金属材料在产生屈服时的应力称为屈服极限,又称为屈服点,用符号 σ_s 表示。屈服是指当在试样上的载荷增加到一定值后,不再增加,而试样仍继续变形的现象。

屈服极限表示的是金属材料抵抗微量塑性变形的能力。零件的屈服极限应高于零件的工作应力,否则零件就会因过量的塑性变形而报废。

某些金属材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象发生,工程上规定这类材料产生 0.2% 原标距长度的塑性变形时的应力作为屈服极限,称为条件屈服极限,又称为条件屈服点,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度。金属材料在被拉断前所承受的最大应力称为抗拉强度,用符号 σ_b 表示。抗拉强度表示金属材料抵抗断裂破坏的能力。零件在工作时承受的最大应力不允许大于抗拉强度,否则就会发生断裂破坏,如图 1-7 所示。

2. 塑性

金属材料在载荷作用下发生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。金属材料的塑性也可通过拉伸试验测定,常用伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 伸长率。材料试样拉断后标距长度的伸长量与原试样标距长度之比的百分数称为伸长率,又称为延伸率,用符号 δ 表示。 δ 数值越大,表示材料的塑性越好。

(2) 断面收缩率。材料试样拉断后横截面积的缩减量与原始横截面积之比的百分数称为断面收缩率,用符号 ψ 表示。 ψ 数值越大,表示材料的塑性越好。

塑性好的金属材料易于通过压力加工的方法制成形状复杂的零件,同时,塑性好的金属材料制成的零件万一发生超载时,由于塑性变形能避免突然断裂。因此,机械工程材料大多要求

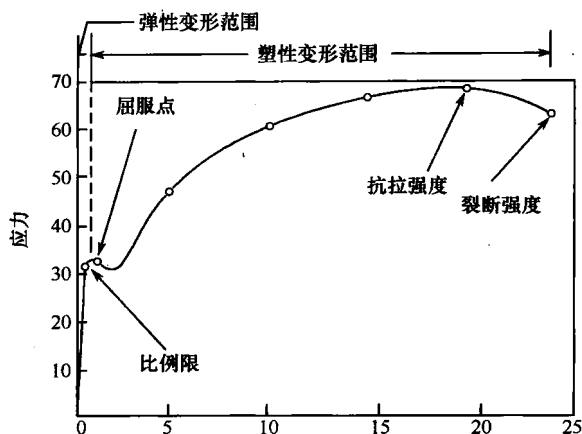


图 1-7 抗拉试验应力应变曲线

有一定的塑性。

3. 硬度

金属材料抵抗其他更硬的物体压入其表面的能力称为硬度。硬度可通过硬度试验测定，常用的有布氏硬度试验法、维氏硬度试验法和洛氏硬度试验法，每种硬度试验法用的压痕器尺寸及材料见表 1-2。

表 1-2 布氏硬度、维氏硬度和洛氏硬度压痕器尺寸及材料

压痕器	布氏硬度	维氏硬度	洛氏硬度	
材料	硬化钢或碳化钨	金刚石	金刚石	硬化钢
形状	球形	正方锥	圆锥	球形
尺寸	10cm 标准直径	圆相对面夹角 = 136°	圆	直径 1/16、1/8、1/4、1/2 (in)

(1) 布氏硬度试验是把一定直径 D (mm) 的钢球，在规定的时间内，以规定的载荷 P (N) 将其压入试件，并保持一段规定的时间，然后卸载，取出试件，测量压痕的直径 d (mm)。布氏硬度用符号 $HB [N(kgf/mm^2)]$ 表示，根据试验机的压头不同，常用的有 HBS (压头为淬硬钢球)、HBW (压头为硬质合金球) 两种。如 HBS175，其数值越大，表示材料硬度越高。硬度习惯上不写单位。

可按下式计算布氏硬度值：

$$HB = 0.102 \frac{P}{A} = \frac{0.204P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-2)$$

式中： A 为压痕球冠的表面积。

钢料的抗拉强度与布氏硬度约成比例。布氏硬度乘以 0.357 为淬火钢料的抗拉强度 (kg/cm^2)，乘以 0.326 时为淬火然后回火钢材的抗拉强度。材料硬化性能可以通过观察硬度试验压痕边缘的变化，如图 1-8 所示。表 1-3 给出了铜、铝、镍、纯铁及共析钢等材料的布氏硬度。

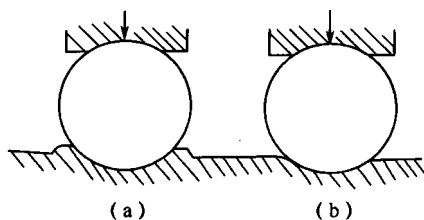


图 1-8 布氏硬度试验压痕边缘上升或下降显示材料硬化性能

(a) 边缘上升; (b) 边缘下降。

表 1-3 铜、铝、镍、纯铁及共析钢等布氏硬度

材料	铜	铝	铁	镍	共析钢	共析钢	中碳钢	白铸铁	渗氮钢	高碳钢
说明	高纯度				波来铁	水淬火	未淬火		渗氮处理	球化处理
布氏硬度	40	16	65	70	200~400	700	131	415	745	235

(2) 维氏硬度试验的做法与布氏的相似,但所用的压头为相对面夹角等于 136° 的正四棱锥。维氏硬度的计算式为

$$HV = 0.102 \frac{P}{A} = 0.1891 \frac{P}{d^2} \quad (1-3)$$

式中: A 为压痕的表面积; d 为压痕两对角线长度 d_1 和 d_2 的平均值。

(3) 洛氏硬度试验采用 120° 的圆锥或一定直径的淬火钢球作为压头,在先后施加的 2 个规定载荷(预载荷和总载荷)作用下,将压头压入试件。洛氏硬度用符号 HR 表示,根据不同的试验标尺,常用的有 HRA、HRB、HRC 共 3 种。HRA 采用 60kg 载荷和钻石锥压头,用于硬度极高的材料,如硬质合金等;HRB 采用 100kg 载荷和钢球压头,用于硬度较低的材料,如退火钢、铸铁等;HRC 采用 150kg 载荷和钻石锥压头,用于硬度很高的材料,如淬火钢等。其数值越大,表示材料硬度越高,如 HRC50。洛氏硬度的计算式为

$$\text{圆锥压头: HRC \setminus HRA \setminus HRD} = 100 - \frac{H-h}{0.002}$$

$$\text{钢球压头: HRB \setminus HRF \setminus HRG} = 130 - \frac{H-h}{0.002}$$

式中: h 为预载荷 98.1N 时,压头压入的深度(mm); H 为总载荷(预载 + 主载)作用后,卸去主载荷,保留预载荷下压痕的深度(mm)。

一般来说,金属材料的硬度越高,其耐磨性就越好。另外,硬度还可以间接地反映金属材料的强度。布氏硬度(HB)一般用于材料较软的时候,如有色金属、热处理之前或退火后的钢铁。洛氏硬度(HRC)一般用于硬度较高的材料,如热处理后的硬度等。

进行硬度试验时,必须注意国家的试验标准,按要求去做。详见 GB231—84、GB/T230—91、GB4340—84 等国家硬度试验标准。

4. 韧性

许多机械零件在工作中受到的载荷不是不变或变化缓慢的静载荷,而是突然施加的载荷,即冲击载荷。例如汽车发动机中的活塞、活塞销、连杆和曲轴等在汽缸中受到的载荷就是冲击载荷。金属材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力称为韧性。

韧性可通过在冲击试验机(图 1-9)上的冲击试验测定,冲击试验试棒有两种,如图 1-10 所示,冲击韧性用符号 α_k 表示,其单位为 J/m^2 (即焦耳/米²),表示试样在冲断时单位

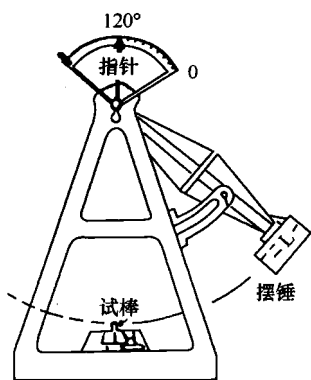


图 1-9 冲击试验仪

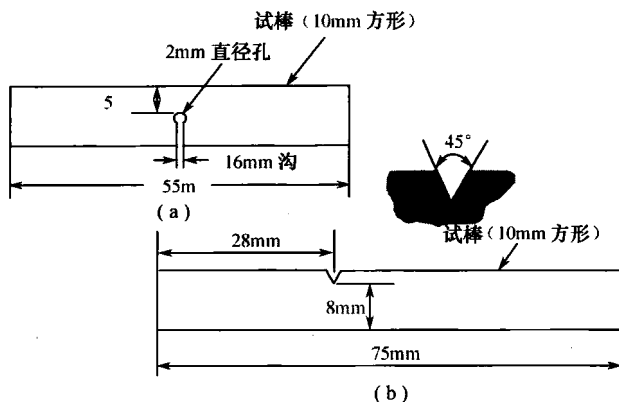


图 1-10 冲击试验试棒

(a) 夏比(Sharp)试棒；(b) 爱曹特(Izod)试棒。

面积上所消耗的冲击功。冲击韧性越高,表示材料的韧性越好。

5. 疲劳强度

许多机械零件如汽车的曲轴、齿轮、钢板弹簧等在工作中承受的载荷大小、方向是随时间作周期性变化的,即为交变载荷,如图 1-11 所示。金属材料长时间在交变载荷产生的交变应力作用下而发生断裂的现象称为疲劳破坏。金属材料在无数次交变载荷作用下(实际试验中钢铁材料为 10^7 次,有色金属为 10^8 次),而不发生断裂的最大应力称为疲劳强度。疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示,单位为 Pa(即 N/m²),可通过疲劳试验测定。

疲劳试验仪器有旋转式 Rotating-beam、振动式 Vibratory-beam、拉伸-压缩 Tension-compression 式。图 1-12 为旋转式疲劳试验仪。

总结上述各点,常用的机械性能指标及其含义可用表 1-4 来说明。

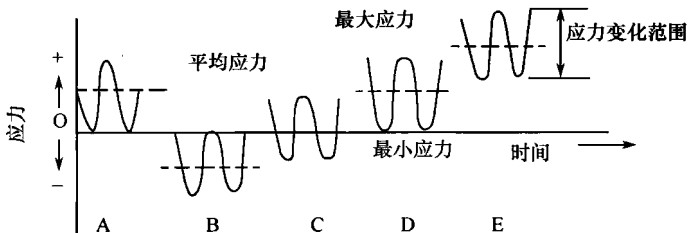


图 1-11 材料受力时应力变化的种类

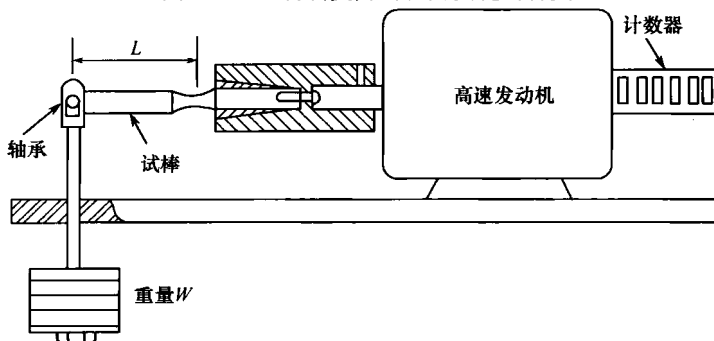


图 1-12 旋转式疲劳试验仪

表 1-4 常用的机械性能指标及其含义

机械性能	性能指标			含 义
	符 号	名 称	单 位	
强度	σ_s	屈服点	Pa	外力不增加而试样仍能继续变形时的应力
	$\sigma_{0.2}$	条件屈服点	Pa	试样产生 0.2% 原标距长度的塑性变形时的应力
	σ_b	抗拉强度	Pa	材料在拉断前所承受的最大应力
塑性	δ	伸长率	%	试样标距长度的伸长量与原标距长度的百分比
	ψ	断面收缩率	%	试样横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比
硬度	HBS、HBW	布氏硬度	Pa(一般不用)	压痕单位球形面积上所承受的压力
	HRC、HRB、HRA	洛氏硬度	—	根据压痕深度来确定的硬度
韧性	α_k	冲击韧性	J/m ²	冲击试样缺口处单位横截面积上的冲击吸收功
疲劳强度	σ_{-1}	疲劳强度	Pa	金属材料在无数次交变载荷作用下而不发生断裂的最大应力

思考题

- (1) 汽车材料包括哪两大类?
- (2) 汽车零部件常用材料包括哪些?
- (3) 汽车运行材料包括哪些?
- (4) 金属材料的性能包括哪些?
- (5) 金属材料的使用性能包括哪些?
- (6) 概念解释:密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性。
- (7) 重金属和轻金属的差别是什么?
- (8) 金属的化学性能包括什么?
- (9) 金属的工艺性能包括什么?
- (10) 金属的机械性能指标有哪些?
- (11) 概念解释:强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度、应力。

第二篇 车辆零部件材料

工业上把金属及其合金分为两大部分:黑色金属和有色金属。黑色金属是工业上对铁、铬和锰的统称,亦包括这三种金属的合金。它们三者都不是黑色而是银白色,因为铁的表面常常生锈,盖着一层黑色的四氧化三铁与棕褐色的三氧化二铁的混合物,看上去就是黑色的,所以人们称之为黑色金属,常说的黑色冶金工业,主要是指钢铁工业。钢铁材料通常指铁和以铁为基的合金(包括钢、铸铁及其合金等);有色金属则是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。在汽车零件所使用的金属材料中,黑色金属材料占了80%,是现代汽车工业中使用最广泛的工程材料。

第二章 钢铁材料及其在汽车上的应用

钢铁材料的主要组成元素是铁和碳,因此又称为铁碳合金。钢铁材料包括碳素钢、合金钢和铸铁。含碳量小于2.11%的铁碳合金称为钢,含碳量大于2.11%的铁碳合金称为铸铁。图2-1为铁与碳平衡图。

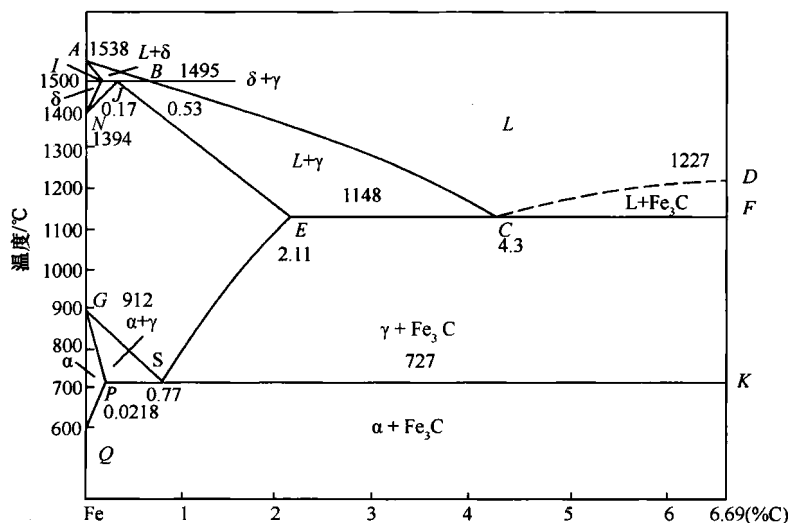


图 2-1 铁与碳平衡图

铁与碳平衡图中存在的特性点如下:

A 点——纯铁的熔点 1538℃;

C 点——共晶点 1148℃;

D 点——渗碳体的熔点 1227℃;