



高职高专“十二五”规划教材

汽车材料

主 编 高卫明



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



高职高专“十二五”规划教材

汽车材料

主 编 高卫明

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本教材全面系统地介绍了汽车制造材料、汽车运行材料和汽车美容与养护材料的相关知识。全书内容分为13个项目。其中项目1~8讲解的是汽车制造材料,包括金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、钢的热处理、钢铁材料及其在汽车上的应用、非铁金属材料及其在汽车上的应用、非金属材料及其在汽车上的应用;项目9~12讲解的是汽车运行材料,包括汽车燃料、汽车润滑材料、汽车工作液、汽车轮胎;项目13讲解的是汽车美容与养护材料。

本书可供高等职业技术学院和高等专科学校汽车类专业的师生使用和参考,也可作为汽车行业的技术人员、汽车维修技师和汽车维修工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车材料 / 高卫明主编. --北京:北京航空航天大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-5124-1179-1

I. ①汽… II. ①高… III. ①汽车—工程材料—高等职业教育—教材 IV. ①U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 142086 号

版权所有,侵权必究。

汽车材料

主 编 高卫明

责任编辑 罗晓莉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:13.5 字数:346 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1179-1 定价:26.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

2012 年我国民用汽车保有量达到 12089 万辆,2013 年我国的汽车产销量将有望突破 2000 万辆,再过 10 年,中国的汽车市场将迎来新的里程碑,新车产销量将为美欧之和,汽车保有量将会居世界第一,中国将成为一个的汽车大国。

本书是依据教育部制定的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16)的精神,以培养汽车制造和汽车维修专业人才为目的,紧密结合汽车行业生产实际,突出应用能力和综合素质的培养,并以我院和其他兄弟院校课程改革成果为基础,吸取众多同类教材的优点编写而成的。

本教材以“应用”为主线,以“必须、够用”为度,突出应用性、实际性,全面系统地介绍了汽车制造材料、汽车运行材料和汽车美容与养护材料的相关知识,并及时跟进对现代汽车新材料和新技术应用的介绍。

本书由四川航天职业技术学院高卫明主编,丁晖任副主编。其中,项目 1,2,3,4,5,8 由丁晖编写;项目 6,7,9 由姚明傲编写;项目 11,12,13 由张伟编写;项目 10 由高卫明编写。本教材虽经多次反复修改,但限于编者水平有限,错误和不当之处,敬请读者批评指正。

目 录

项目一 金属材料的基础知识	1
工作任务 1.1 金属材料的力学性能	1
工作任务 1.2 金属材料的工艺性能	9
工作任务 1.3 纯金属的晶体结构及结晶	10
工作任务 1.4 合金的结构及相图	15
习题与思考题	18
项目二 黑色金属	20
工作任务 2.1 铁碳合金相图	20
工作任务 2.2 钢的热处理强化及表面改性	26
工作任务 2.3 钢的合金化	40
工作任务 2.4 工业用钢及铸铁	42
工作任务 2.5 典型汽车零件的选材及热处理	62
习题与思考题	65
项目三 有色金属	70
工作任务 3.1 铝和铝合金	70
工作任务 3.2 铜和铜合金	74
工作任务 3.3 镁和镁合金	79
工作任务 3.4 轴承合金	81
习题与思考题	84
项目四 玻璃、橡胶制品	86
工作任务 4.1 玻璃的分类	86
工作任务 4.2 汽车用玻璃	88
工作任务 4.3 橡胶特性及常用橡胶	90
工作任务 4.4 汽车橡胶制品	92
习题与思考题	94
项目五 摩擦材料	95
工作任务 5.1 摩擦材料性能	95
工作任务 5.2 汽车摩擦材料的组成	96
习题与思考题	97
项目六 陶瓷材料	98
工作任务 6.1 陶瓷的分类、组成及性能	98
工作任务 6.2 陶瓷材料在汽车上的应用	101
习题与思考题	103

项目七 塑料	104
工作任务 7.1 塑料的组成及分类	104
工作任务 7.2 常用塑料	106
工作任务 7.3 塑料在汽车上的应用	108
习题与思考题	110
项目八 复合材料	111
工作任务 8.1 复合材料的种类及性能特点	111
工作任务 8.2 复合材料在汽车上的应用及前景展望	113
习题与思考题	116
项目九 车用燃料的正确使用	117
工作任务 9.1 车用汽油的使用性能及评定指标	117
工作任务 9.2 车用汽油的牌号和规格	124
工作任务 9.3 车用汽油的选择和使用	129
工作任务 9.4 车用柴油的使用性能及评定指标	131
工作任务 9.5 车用柴油的牌号和规格	137
工作任务 9.6 车用柴油的选择和使用	139
工作任务 9.7 汽车新能源	141
习题与思考题	143
项目十 汽车用润滑材料	144
工作任务 10.1 发动机的润滑油	144
工作任务 10.2 车辆齿轮油	155
工作任务 10.3 汽车润滑脂	161
习题与思考题	165
项目十一 汽车用工作液的正确使用	166
工作任务 11.1 汽车制动液	166
工作任务 11.2 汽车发动机防冻液	171
工作任务 11.3 汽车减振器油	179
工作任务 11.4 汽车空调制冷剂	180
习题与思考题	183
项目十二 汽车轮胎的正确使用	184
工作任务 12.1 车用橡胶材料	184
工作任务 12.2 轮胎的类型与结构特点	187
工作任务 12.3 轮胎的合理使用	192
习题与思考题	196
项目十三 汽车美容养护材料	197
工作任务 13.1 汽车美容概述	197
工作任务 13.2 常用汽车美容养护材料的分类、品种	199
习题与思考题	206
参考文献	207

项目一 金属材料的基础知识

项目要求

金属材料是目前汽车上应用最广泛的材料。金属材料分为黑色金属(钢铁材料)和有色金属,种类繁多,性能优良,能满足汽车上各种结构零件的性能要求。钢铁材料在我国汽车生产上仍占主流地位,构成一部汽车的零件约两万多个,其中约 86% 是金属材料,在金属材料中钢铁材料约占 80%。有色金属因具有质轻、导电性好等钢铁材料所不及的性能,在现代汽车上的用量呈逐年增加的趋势。特别是轿车制造业,采用铝、镁、钛等轻金属代替钢铁材料来减轻汽车重量、降低对环境的污染,已成为轿车轻量化的重要手段。

汽车上使用的各种金属具有各自不同的性能,金属的性能主要取决于其化学成分和组织结构。了解金属的内部组织结构,认识影响金属组织和性能的各种因素,对于合理选材,充分发挥材料的潜力是非常重要的。

项目解析

金属材料在汽车上得到非常广泛的应用,为了了解、熟悉金属材料的知识,本项目将解析为金属材料的力学性能、金属材料的工艺性能、纯金属的晶体结构及结晶、合金的结构及相图四个任务。

工作任务 1.1 金属材料的力学性能

任务引导

金属材料的力学性能是指金属在不同环境因素下,承受外加载荷作用时所表现的行为(通常表现为金属的变形和断裂),即金属抵抗外加载荷引起的变形和断裂的能力。

外加载荷分为静载荷、冲击载荷、交变载荷。静载荷是指大小和方向不变或缓慢变化的载荷,例,汽车在静止时,汽车自重对汽车悬架的压力是静载荷。冲击载荷是指以较高速度作用于零部件的载荷,例,汽车在不平的道路上行驶时,车身对悬架的冲击。交变载荷是指大小和方向随时间发生周期性变化的载荷,例,运转中的发动机曲轴和齿轮等均受交变载荷的作用。

材料在外力的作用下发生形状和尺寸的变化称为变形。外力去除后能够恢复的变形称为弹性变形;外力去除后不能恢复的变形称为塑性变形。

材料常用的力学性能有:强度、塑性、刚度、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。用来表征材料力学性能的各种临界值或规定值称为力学性能指标。力学性能指标通常通过相应的力学性能试验测得。

材料的力学性能不仅是验收、鉴定材料性能的重要依据,也是零件设计和选择材料的重要依据。

相关知识

一、强度和塑性

通常,采用拉伸试验来测定材料的强度与塑性的各种力学性能指标。

金属在静载荷作用下,抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度。强度的大小通常用应力来表示。根据载荷作用方式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度五种。一般情况下多以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。塑性是金属材料在断裂前产生塑性变形的能力。

1. 拉伸试验

根据 GB/T228—2002,将待测的材料制作成标准拉伸试样,如图 1-1 所示,再在拉伸机上做试验,自动记录装置能自动绘制拉-伸曲线图,即 $F-\Delta L$ 曲线。低碳钢的 $F-\Delta L$ 曲线如图 1-2 所示。

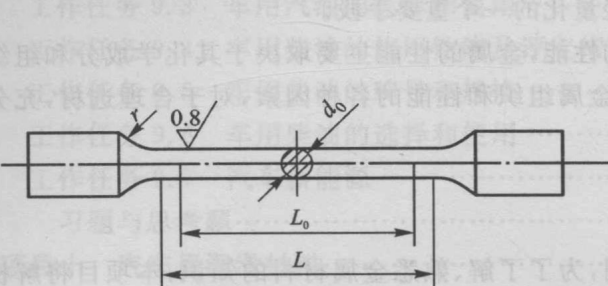


图 1-1 圆形试样

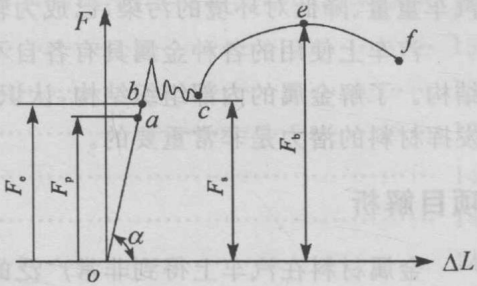


图 1-2 低碳钢的 $F-\Delta L$ 曲线

将载荷 F 除以试样原始横截面积 S_0 ,得到应力 $\sigma(\sigma=F/S_0)$,单位 MPa。将伸长量 ΔL 除以试样原始长度 L_0 ,得到应变 $\epsilon(\epsilon=\Delta L/L_0)$ 。以 σ 为纵坐标, ϵ 为横坐标,作出 $\sigma-\epsilon$ 曲线。低碳钢的 $\sigma-\epsilon$ 曲线如图 1-3 所示。

比较两图可看到,曲线的形状差别不大。由于 $\sigma-\epsilon$ 曲线已消除了试样尺寸的影响,从而能直接反映出材料的性能,也便于材料之间力学性能的比较。分析 $F-\Delta L$ 曲线图,图中明显地表现出下面几个变形阶段。

1) ob ——弹性变形阶段 试样变形完全是弹性的。在 oa 段,试样的变形量与外加载荷成正比。在 ab 段,试样仍处于弹性变形,但载荷与变形量不再成正比。

2) bc ——屈服阶段 既有弹性变形也有塑性变形。当载荷增加到 F_0 时,图上出现平台或锯齿状,这种在载荷不增加或略有减小的情况下,试样还继续伸长的现象叫做屈服。 F_0 称为屈服载荷。屈服后,材料开始出现明显的塑性变形。

3) ce ——强化阶段 在屈服阶段以后,欲使试样继续伸长,必须不断加载。随着塑性变形增大,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称加工硬化),此阶段试样的变形是均匀的。 F_0 为试样拉伸时的最大载荷。

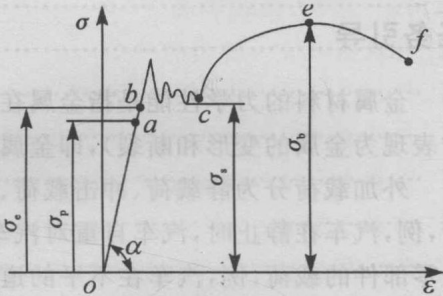


图 1-3 低碳钢的应力-应变曲线

4) ef ——缩颈阶段(局部塑性变形阶段) 当载荷达到最大值 F_b 后,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”。由于试样缩颈处横截面积的减小,试样变形所需的载荷也随之降低,这时伸长主要集中于缩颈部位,直至断裂。

注意:做拉伸试验时,低碳钢等材料在断裂前有明显的塑性变形,断口呈“杯椎”状,这种材料称为塑性材料。铸铁等材料在断裂前没有明显的塑性变形,断口是平整的,这种材料称为脆性材料。

2. 强度和塑性指标

(1) 强度指标

1) 弹性模量 E :表征材料抵抗弹性变形的能力,也称为刚度,单位为 MPa。

$$E = \sigma / \epsilon$$

式中: σ ——弹性变形阶段的应力,单位 MPa;

ϵ ——相应的应变。

E 越大,材料保持原有形状和尺寸的能力也越大。金属材料抵抗弹性变形的能力要比高分子材料高出许多。

2) 弹性极限:材料产生完全弹性变形时所能承受的最大应力,用符号 σ_e 表示,单位为 MPa。计算公式如下:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}$$

式中: F_e ——试样屈服时的载荷,N;

S_0 ——试样原始横截面积,mm²。

σ_e 是弹性零件设计和选材的重要依据。例,设计车用弹簧时要保证工作应力不超过材料的弹性极限。

3) 屈服点:在拉伸试验过程中,载荷不增加,试样仍继续伸长时的应力称为屈服点,用符号 σ_s 表示,为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中: F_s ——试样屈服时的载荷,N;

S_0 ——试样原始横截面积,mm²。

机械零件常因过量的塑性变形而失效,一般来说不允许发生明显的塑性变形。工程上常根据 σ_s 确定材料的许用应力。

除退火和热轧的低碳钢和中碳钢等少数材料在拉伸过程中有屈服现象以外,工业上使用的大多数材料没有屈服现象,须采用条件屈服点 σ_r 。国家标准 GB/T228—2002 规定以残余变形量为 0.2% 时的应力值作为它的条件屈服强度,以 $\sigma_{0.2}$ 来表示,如图 1-4 所示。

4) 抗拉强度:材料在拉断前所能承受的最大应力,用符号 σ_b 表示,单位为 MPa。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

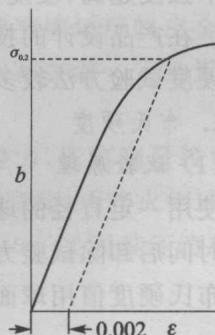


图 1-4 铸铁拉伸曲线

式中: F_b ——试样拉断前承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

抗拉强度 σ_b 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。

5) 屈强比 σ_s/σ_b : 其比值越大, 越能发挥材料的潜力; 但为了使用安全, 其比值不易过大, 适当的比值一般在 0.65~0.75。

6) 比强度 σ_b/ρ : 表征了材料强度与密度之间的关系。在考虑汽车轻量化的问题时, 常常用到这个指标。

(2) 塑性指标

工程上广泛应用的塑性指标主要有断后伸长率和断面收缩率。

1) 断后伸长率

断后伸长率是指材料被拉断后, 标距的伸长量与原始标距的百分比, 用符号 δ 表示:

$$\delta = \frac{L_K - L_0}{L_0}$$

式中: L_0 ——试样原始标距长度, mm;

L_K ——试样被拉断后的标距长度, mm。

必须说明, 同一材料的试样长短不同, 测得的伸长率是不同的。长短试样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

断面收缩率是指材料被拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 ψ 表示。

$$\psi = \frac{S_0 - S_K}{S_0}$$

式中: S_K ——试样被拉断处的横截面积, mm^2 ;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

材料具有一定的塑性, 可以提高零件的使用安全性。零件在使用中偶有过载时, 若发生一定的塑性变形, 就不至于发生突然断裂, 造成事故。另, 对于金属材料, 具有一定的塑性才能顺利地进行各种变形加工。例, 汽车车身外用钢板件, 只有采用具有优良塑性的冷轧钢板, 才能确保加工出各种复杂的形状。

二、硬 度

材料抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度, 是衡量材料软硬程度的指标。一般情况下强度越高, 硬度也越高。硬度试验已成为产品质量检查、制定合理工艺的重要试验方法之一。在产品设计的条件中, 硬度也是一项主要的技术指标。

硬度试验方法较多, 常用的试验方法有以下几种。

1. 布氏硬度

(1) 试验原理

使用一定直径的球体(淬火钢球或硬质合金钢球), 以规定的试验力压入试验表面, 经规定保持时间后卸除试验力, 然后测量表面压痕直径, 用来计算硬度, 如图 1-5 所示。

布氏硬度值用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示, 即

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

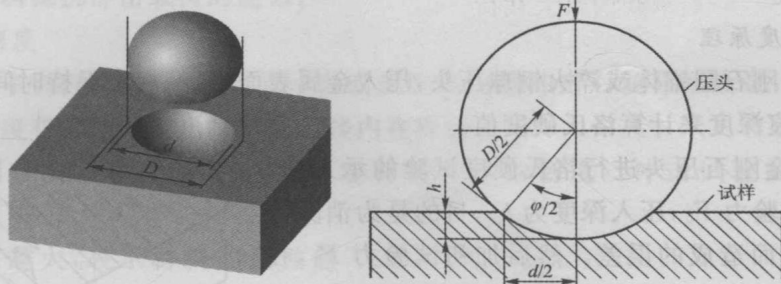


图 1-5 布氏硬度试验原理图

式中: F ——试验力, N;

S ——球面压痕表面积, mm²;

D ——球体直径, mm;

d ——压痕平均直径, mm。

通常布氏硬度值不标出单位。在实际应用中,布氏硬度一般不用计算,而是用专用的刻度放大镜量出压痕直径(d),根据压痕直径的大小,再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值。 d 值越大,硬度值越小; d 值越小,硬度值越大。

(2) 布氏硬度的表示方法

符号 HBS(或 HBW)之前的数字为硬度值,符号后面按以下顺序用数字表示试验条件:

- 1) 球体直径
- 2) 试验力
- 3) 试验力保持时间(10~15s 不标注)。

例如:120HBW10/1000/30 表示用直径 10 mm 的硬质合金球做压头,在 9.807 kN 试验力作用下,保持 30s 所测得的布氏硬度值为 120HBW。

做布氏硬度试验时,压头球体的直径(D)、试验力(F)及试验力保持的时间(t),应根据被试金属材料的种类、硬度值的范围及金属的厚度进行选择。

常用的压头球体直径(D)有 1, 2, 2.5, 5 和 10mm 五种,试验力(F)在 9.807kN~29.42kN 范围内。试验力保持时间,一般黑色金属为 10~15s;有色金属为 30s;布氏硬度值大于 350 时为 60s。

(3) 应用范围及优缺点

布氏硬度主要适用于测定灰铸铁、有色金属、各种软钢等硬度不是很高的材料。

测量布氏硬度的试验力大,球体直径也大,因而压痕直径也大,能较准确地反映出金属材料的平均性能。另外,由于布氏硬度与其他力学性能(如抗拉强度)之间存在着一定的近似关系,在工程上得到广泛的应用。

布氏硬度的缺点是操作时间较长,对不同材料需要不同压头和试验力,压痕测量较费时;在进行高硬度材料试验时,由于球体本身的变形会使测量结果不准确。因此,用淬火钢球测量时,材料硬度必须小于 450;用硬质合金球压头时,材料硬度必须小于 650。又因其压痕较大,不宜于测量成品及薄壁件。

2. 洛氏硬度

(1) 洛氏硬度原理

试验采用金刚石圆锥体或淬火钢球压头,压入金属表面后,经规定保持时间后卸除主试验力,以测量的压痕深度来计算洛氏硬度值。

图 1-6 是金刚石压头进行洛氏硬度试验的示意图。测量时先加初试验力 F_0 ,压入深度为 h_3 ,目的是为消除因零件表面不光滑而造成的误差。然后加初试验力 F_1 ,在总试验力 $(F_1 + F_0)$ 的作用下,压头压入深度为 h_1 。卸除主试验力,由于金属弹性变形的恢复,使压头回升到 h_2 位置,则由主试验力所引起的塑性变形的压痕深度 $e = h_2 - h_3$ 。显然, e 值越大,被测金属的硬度越低,为了符合数值越大、硬度越高的习惯,将一个常数 K 减去 e 值来表示硬度的大小,并用 0.002 mm 压痕深度作为一个硬度单位,由此获得洛氏硬度值,用符号 HR 表示,即

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

洛氏硬度没有单位,试验时硬度值直接从硬度计的表盘上读出。

(2) 常用洛氏硬度标尺及其适用范围

为了用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬度,可采用不同的压头和总试验力组成几种不同的洛氏硬度标尺,每一种标尺用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后面加以注明。常用的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种,其中 C 标尺应用最广。三种洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围如表 1-1 所列。

表 1-1 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	Φ1.588mm 钢球	980.7	20~100	有色金属,退火,正火钢等
HRC	120°金刚石圆锥	1471.1	20~70	淬火钢、调质钢、钛合金等

洛氏硬度表示方法如下:符号 HR 前面的数字表示硬度值,HR 后面的字母表示不同洛氏硬度的标尺,例,62HRC、85HRA 等。

(3) 优缺点

洛氏硬度优点是:操作简单迅速,能直接从刻度盘上读出硬度值;压痕较小,可以测定成品及较薄工件;测定的硬度值范围大,可测定从很软到很硬的金属材料。缺点是:压痕较小,当材料的内部组织不均匀时,硬度数据波动较大,测量值的代表性差,通常需要在不同部位测试数次,取其平均值来代表金属材料的硬度。

三、韧 性

一些汽车零部件比如发动机的连杆、活塞销、变速器齿轮等,在工作过程中往往受到以一定速度作用于机件上的冲击载荷。冲击载荷的加速度高,作用时间短,材料在受冲击时,应力分布和变形很不均匀,易产生损坏。这类零件的性能指标不能单纯用静载荷下的指标来衡量,

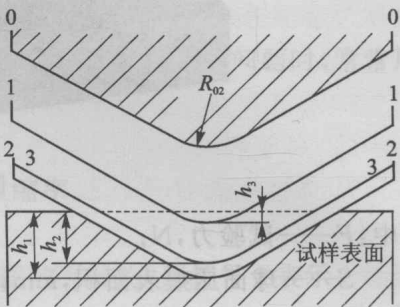


图 1-6 洛氏硬度测试试验图

而必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。

1. 冲击韧度

实际生产中,有些零件在承受了一次或多次大能量冲击后便导致断裂,采用冲击韧度 α_k 表征。冲击韧度很容易显现出材料的某些内在质量。

通常采用一次摆锤冲击试验来测定材料的冲击韧度。冲击试验的原理如图 1-7 所示。

冲击韧度越大,表示材料的韧性越好,根据试样缺口形式不同,U 型缺口用 α_{kU} 表示,V 型缺口用 α_{kV} 表示。

$$\alpha_k = \frac{A_K}{S_0}; A_K = G(h_1 - h_2)$$

式中: α_k ——冲击韧度, J/cm²;

A_K ——冲击吸收功, J;

S_0 ——试样缺口处横截面积, cm³。

A_K 或 α_k 值越大,材料的韧性越好,据此将材料分为脆性材料和韧性材料。韧性材料在断裂前有明显的塑性变形,断口呈纤维状、无光泽;脆性材料在断裂前没有明显的塑性变形,断口较平整、呈晶状或瓷状,有金属的光泽。

2. 冲击吸收功与温度的关系

冲击吸收功与温度的关系如图 1-8 所示, A_K 随温度降低而减小,在不同温度的冲击试验中,冲击吸收功急剧变化或端口韧性急剧转变的温度区域,称为韧脆转变温度。韧脆转变温度越低,材料的低温抗冲击性能越好。对于在低温下工作的车辆,必须具有更低的韧脆转变温度,才能保证正常工作。

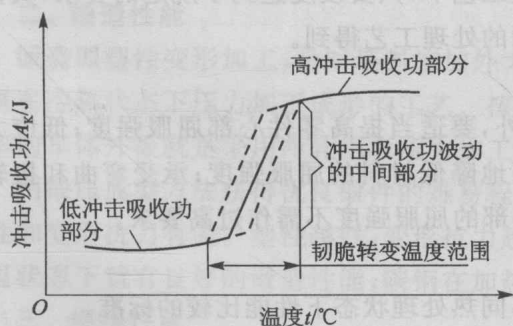


图 1-8 温度对冲击韧性的影响

材料的强度。

四、疲劳强度

1. 疲劳的概念

汽车发动机曲轴、齿轮、弹簧、轴承等许多零件,都是在交变应力下工作的。虽然零件所承受的应力低于屈服点 σ_s ,但经过较长时间的工作后产生裂纹或突然发生完全断裂的现象称为

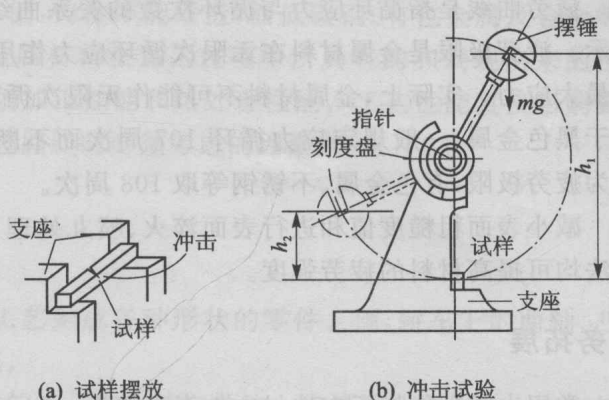


图 1-7 摆锤式冲击试验原理示意图

3. 多冲抗力

实际生产中,有一些零件承受小能量多次冲击,未达到 α_k 值,却发生了失效损坏,此时,一般采用多冲抗力来表征其韧性。

小能量多次冲击测试原理是:试样在冲头多次冲击下断裂时,经受的冲击次数(N)代表金属的抗冲击能力。

实践证明,金属材料受大能量的冲击载荷作用时,其冲击抗力主要决定于材料的塑性,而在小能量多次冲击条件下,其冲击抗力主要取决于

金属的疲劳。

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计,在机械零件失效中大约 80% 以上属于疲劳破坏,而且疲劳破坏前没有明显的变形,所以疲劳破坏经常造成重大事故。

2. 疲劳曲线

材料抵抗疲劳的能力用疲劳强度 σ_{-1} 来表征。它可以通过疲劳试验,绘制疲劳曲线进行测定。

疲劳曲线是指循环应力与循环次数的关系曲线,如图 1-9 所示。疲劳极限是金属材料在无限次循环应力作用下而不破坏的最大应力。实际上,金属材料不可能作无限次循环载荷试验,对于黑色金属,一般规定应力循环 10^7 周次而不断裂的最大应力为疲劳极限,有色金属、不锈钢等取 10^8 周次。

减小表面粗糙度值和进行表面淬火、喷丸处理、表面滚压等方法均可提高材料的疲劳强度。

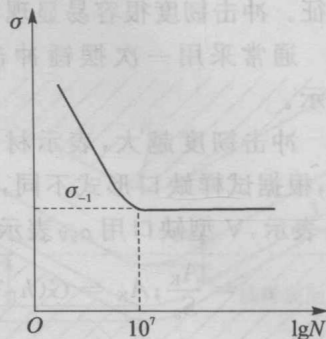


图 1-9 钢铁材料的疲劳曲线

任务拓展

常用力学性能指标在选材中的意义如下。

1. 刚度

当零件的尺寸和外加载荷一定时,材料的 E 越高,零件的弹性变形量越小,则刚度越好。若在给定的弹性变形量下,要求零件的重量最轻,则必须按照比刚度进行选材。

2. 弹性

材料的 σ_e 越高和 E 越低,则零件的弹性越好。工程结构中的弹簧都选用 E 较大、 σ_e 和 σ_s 较高的材料。

3. 硬度

硬度高,耐磨性好。一般情况下,在一定的处理工艺下,只要硬度达到了规定的要求,其他性能也基本能达到要求。同样的硬度可以通过不同的处理工艺得到。

4. σ_s

承受交变接触应力的零件,除了保证表面硬度外,要适当提高零件心部屈服强度;低应力脆断的零件,其承载能力决定于材料的韧性,应适当地降低材料的屈服强度;承受弯曲和扭转的轴类零件,只要求一定的脆硬层深度,对于零件心部的屈服强度不需作过高要求。

5. σ_b

σ_b 可作为两种不同的材料或同一材料在两种不同热处理状态下性能比较的标准。

6. 塑性

δ 、 ψ 是材料产生塑性变形使应力重新分布而减少应力集中的能力的度量。只能表示在单向拉伸应力状态下的塑性,不能反映应力集中、工作温度、零件尺寸等对断裂强度的影响,因此不能可靠地避免零件脆断。

7. A_k 或 α_k

A_k 或 α_k 表征在有缺口时材料塑性变形的能力,反映了应力集中和复杂应力状态下材料的塑性,而且对温度很敏感,正好弥补了 δ 、 ψ 的不足。

工作任务 1.2 金属材料的工艺性能

任务引导

汽车上绝大多数零件都是采用金属材料制造的,选择不同的材料其加工工艺不同,因为不同的材料对不同加工方法的适应性有差异。例,铸铁不能锻造,而低碳钢、有色金属及合金等锻造性能优越。金属材料的工艺性能是指金属材料在加工过程中所具有的和表现出来的性能。包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。工艺性能直接影响到零件制造工艺和质量,是选材和制定零件工艺路线时必须考虑的因素之一。

相关知识

一、铸造性能

铸造俗称翻砂,金属材料可以通过铸造工艺制成各种形状的零件。例,轿车上的曲轴、凸轮轴、转向器壳体、汽缸套等均采用铸造而成。

金属及合金在铸造工艺中获得优良铸件的能力称为铸造性能。衡量铸造性能的主要指标有流动性、收缩性和偏析倾向等。

1) 流动性 熔融金属的流动性能被称为流动性,它主要受金属化学成分和浇注温度等的影响。流动性好的金属容易充满铸型,从而获得外形完整、尺寸精确、轮廓清晰的铸件。

2) 收缩性 铸件在凝固和冷却过程中,其体积和尺寸减小的现象被称为收缩性。铸件收缩不仅影响尺寸精度,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越小越好。

3) 偏析倾向 金属凝固后,内部化学成分和组织的不均匀现象被称为偏析。偏析严重时能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。这对大型铸件的危害很大。

二、锻造性能

锻造即塑性变形加工,是对坯料施加外力,使其产生塑性变形,改变其形状、尺寸、性能使金属在冷热状态下压力加工成形的工艺。按重量比例,汽车上 70% 的零件都是锻造成型,例,轿车的车体外板就是采用冷轧钢板压力加工成型。

用锻压成型方法获得优良锻件的难易程度称为锻造性能。锻造性能的好坏主要同金属的塑性和变形抗力有关。塑性越好,变形抗力越小,金属的锻造性能越好。例,黄铜和铝合金在室温状态下就有良好的锻造性能;碳钢在加热状态下锻造性能较好;铸铁则不能锻压。

三、焊接性能

焊接工艺是通过加热或加压,或两者并用,且可用或不用填充材料,使接触面处于熔融状态,将两部分的接触面连接起来的工艺。

焊接性是指在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。

焊接工艺性包括工艺焊接性和使用焊接性。工艺焊接性是指焊接接头产生工艺缺陷的倾向,尤其是出现各种裂缝的可能性。使用焊接性是指焊接接头在使用中的可靠性,包括力学性能及其他特殊性能。

同一种金属材料的焊接性并非不变,采用不同的焊接方法、焊接材料、焊接工艺,其焊接性

能不一样。随着新技术、新能源的发展,等离子弧焊接、真空电子束焊接、激光焊接等焊接方法相继出现,使钼、钨、钽、钼等高熔点金属及其合金的焊接都已成为可能。

四、切削加工性能

切削加工是指通过机械加工设备加工工件的工艺。生产上的切削加工主要有车削、铣削、刨削、磨削等。

切削加工金属材料的难易程度称为切削加工工艺性能。切削加工工艺性能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。影响切削加工工艺性能的因素主要有工件的化学成分、组织状态、硬度、塑性、导热性和形变强化等。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。所以铸铁比钢切削加工工艺性能好,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。

五、热处理性能

热处理工艺是指对材料进行加热、保温、冷却处理,以改变材料的内部组织结构和性能的工艺。热处理工艺性能包括淬透性、变形开裂倾向、过热敏感性、回火脆性、氧化脱碳倾向等。

任务拓展

热处理工艺性能将在后续章节讲述。零件设计时,设计者应根据零件的使用要求,提出热处理的技术条件并标注在图样上。技术条件包括热处理工艺名称、硬度要求、表面热处理要求等。对于某些要求性能较高的零件还需标注要求的金相组织或其他力学性能指标。

工作任务 1.3 纯金属的晶体结构及结晶

任务引导

材料的性能取决于材料的化学成分及其组织结构,了解金属材料的内部结构对性能的影响,对于合理选用材料,充分发挥材料的潜力有重要意义。纯金属是指仅由一种金属元素组成的金属。汽车中的各种导电体、传热器等大多由纯铜、纯铝等纯金属材料制成,纯金属是典型的晶体材料。

相关知识

一、纯金属的晶体结构

1. 晶体结构

1) 晶体与非晶体

固态物质按其原子(分子)的聚集状态可分为晶体和非晶体两大类。在晶体中,原子(或分子)按一定的几何规律作周期性地、重复地排列,如图 1-10 所示。非晶体中这些质点无规则地堆积在一起。

2) 晶格与晶胞

为了便于分析晶体中原子的排列规律,通常将每一个原子抽象为一个点,再把这些点用假想的直线连接起来,由此构成的空间晶架,称为晶格,如图 1-11(a)所示。

组成晶格的最小几何单元称为晶胞,如图 1-11(b)所示。分析晶胞即可从中找出晶体结构及原子排列规律。晶胞的大小和形状可用晶胞的三条棱边长 a 、 b 、 c (单位为 $\text{\AA}$, $1\text{\AA}=10^{-8}\text{cm}$)和棱边夹角 α 、 β 、 γ 描述,其中 a 、 b 、 c 称为晶格常数,如图 1-12 所示。

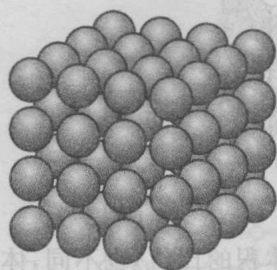
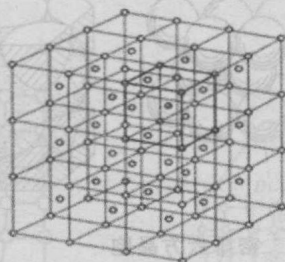
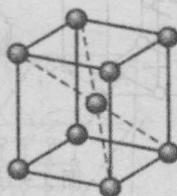


图 1-10 晶体中原子的排列



(a) 晶 格



(b) 晶 胞

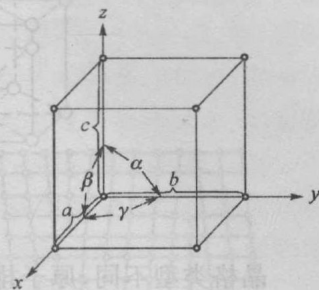


图 1-12 晶胞

图 1-11 晶格和晶胞示意图

2. 常见晶格类型

1) 体心立方晶格

体心立方晶格的晶胞是一个立方体,立方体的八个顶角各排列着一个原子,立方体的中心有一个原子,如图 1-13 所示。其晶格常数 $a=b=c$,属于这种晶格类型的金属有 α -Fe、铬、钨、钼、钒等。

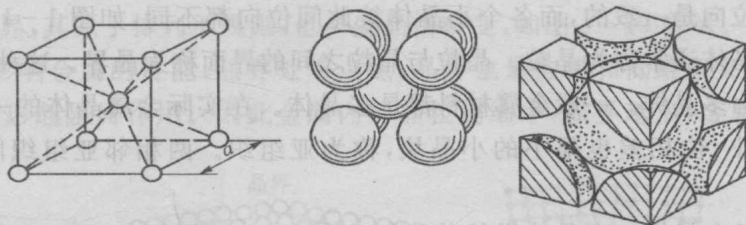


图 1-13 体心立方晶胞

2) 面心立方晶格

面心立方晶格的晶胞也是一个立方体,立方体的八个顶角和六个面的中心各排列着一个原子,如图 1-14 所示。属于这种晶格类型的金属有 γ -Fe、铝、铜、镍、金、银等。

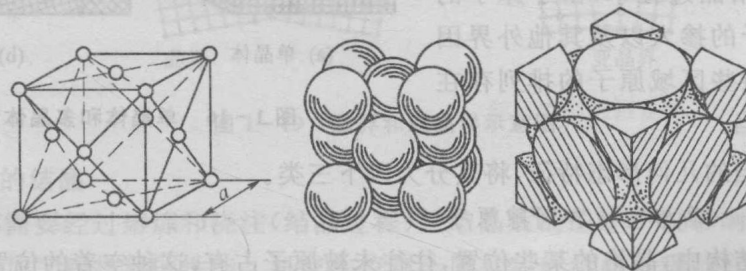


图 1-14 面心立方晶胞

3) 密排六方晶格

密排六方晶格的晶胞是一个六方柱体,柱体的十二个顶角和六个面的中心各排列着一个