

全国技工学校汽车专业教材

汽车材料与金属加工

汽车修理与驾驶专业

Quanguo Jigong Xuexiao Qiche Zhuanye Jiaocai



中国劳动出版社

全国技工学校汽车专业教材

汽车材料与金属加工

QICHE CAILIAO YU JINSHU JIAGONG

汽车修理与驾驶专业

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写

☐ 程叶军 主编

☐ 孙成刚 主审

中国劳动出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车材料与金属加工/程叶军主编. —北京:中国劳动出版社,1999.6
ISBN 7-5045-2310-0

I. 汽…

II. 程…

III. ①汽车-工程材料-技工学校-教材 ②汽车-金属加工-技工学校-教材

IV. U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 39879 号

中国劳动出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 唐云岐

*

京安印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 262 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

印数: 15000 册

定价: 14.00 元

简 介

本书是根据劳动和社会保障部教材办公室组织制定的《汽车材料与金属加工教学大纲》编写，供技工学校汽车修理与驾驶专业使用的通用教材。

全书共分为三篇十四章。第一篇金属材料，主要包括：金属的性能，碳素钢，钢的热处理，合金钢，铸铁，钢铁的简易鉴别，有色金属，金属的腐蚀及防腐方法；第二篇汽车用非金属材料，主要包括：汽车燃料，汽车润滑油料，汽车工作液油，其他非金属材料；第三篇金属材料加工，主要包括：焊接与气割，金属切削加工基础。

本书也可作为职业技术等级培训教材和自学用书。

本书由浙江省劳动厅技工教研室程叶军、张铭秋、宁波交通技校杨仁法、杭州交通技校刘根平编写，程叶军主编；武汉交通技校孙成刚审稿。

前 言

近几年来，我国的汽车工业、交通运输业迅速发展，汽车在国民经济的各个领域和社会生活中发挥着越来越重要的作用。汽车维修业也随之繁荣，这方面人才的需求很大。为了培养具有专业知识和技能的新一代汽车维修和汽车驾驶人员，我们组织编写了全国技工学校汽车专业教材。

这套教材分汽车修理与驾驶、汽车电气设备维修两个专业来编写。在编写过程中，我们以工人中级技术等级标准和职业技能鉴定规范为依据，以培养具有扎实专业知识和熟练操作技能的技术工人为目的，以内容新颖、理论与实践相结合为原则。全套教材以东风 EQ1092、解放 CA1092、桑塔纳（普通型、2000 型）、奥迪 100 等新车型为例。理论教材着重基本知识、基本原理的讲述；实习教材侧重培养学生的基本技能，包括常用工量具、仪器、仪表的使用，各零部件和总成的维修，故障的判断和排除。为了体现汽车工业发展的新水平，还编写了汽车电子方面的内容，涉及电子控制燃油喷射、自动变速、制动防抱死等新技术。

针对技工学校学生的特点，本套教材力求文字简练，图文并茂，通俗易懂。为了配合教学和课后练习，有的教材还编写了配套的习题册和答案。

教材的编写工作得到浙江、山东、湖北、湖南、广西等省、自治区劳动厅教研室和有关技工学校的大力支持，在此表示衷心的感谢。

劳动和社会保障部教材办公室

1998 年 12 月

目 录

绪 论	(1)
-----	-----

第一篇 金属材料

第一章 金属的性能	(3)
§ 1-1 金属的物理性能和化学性能	(3)
§ 1-2 金属的力学性能	(5)
§ 1-3 金属的工艺性能	(12)
第二章 碳素钢	(14)
§ 2-1 碳及常存元素对碳素钢的影响	(14)
§ 2-2 碳素钢的分类	(15)
§ 2-3 常用碳素钢的性能、牌号及应用	(15)
第三章 钢的热处理	(20)
§ 3-1 退火与正火	(20)
§ 3-2 淬火与回火	(22)
§ 3-3 钢的表面热处理	(25)
§ 3-4 典型零件的热处理分析	(27)
第四章 合金钢	(30)
§ 4-1 合金钢的分类和牌号	(30)
§ 4-2 合金结构钢	(31)
§ 4-3 合金工具钢	(35)
§ 4-4 特殊性能钢	(37)
第五章 铸铁	(40)
§ 5-1 灰铸铁	(40)
§ 5-2 可锻铸铁	(41)
§ 5-3 球墨铸铁	(43)
§ 5-4 蠕墨铸铁和合金铸铁	(44)
第六章 钢铁的简易鉴别	(47)
§ 6-1 钢铁的火花鉴别	(47)
§ 6-2 钢铁的其他鉴别方法	(49)
第七章 有色金属	(51)

§ 7-1 铜及铜合金	(51)
§ 7-2 铝及铝合金	(54)
§ 7-3 滑动轴承合金	(57)
§ 7-4 粉末冶金与硬质合金简介	(59)
§ 7-5 汽车用金属材料的发展趋向	(61)
第八章 金属的腐蚀及防腐方法	(63)
§ 8-1 金属的腐蚀	(63)
§ 8-2 金属的防腐方法	(64)

第二篇 汽车用非金属材料

第九章 汽车燃料	(67)
§ 9-1 汽油	(67)
§ 9-2 轻柴油	(73)
§ 9-3 燃料使用安全知识	(77)
§ 9-4 汽车代用燃料	(79)
第十章 汽车润滑油料	(81)
§ 10-1 发动机润滑油	(81)
§ 10-2 汽车齿轮油	(88)
§ 10-3 润滑脂	(93)
第十一章 汽车工作液油	(98)
§ 11-1 汽车制动液	(98)
§ 11-2 汽车防冻液	(101)
§ 11-3 汽车液力传动油	(103)
第十二章 其他非金属材料	(106)
§ 12-1 塑料	(106)
§ 12-2 橡胶	(108)
§ 12-3 黏合剂	(109)
§ 12-4 填料与易损件非金属材料	(112)

第三篇 金属材料加工

第十三章 焊接与气割	(115)
§ 13-1 手工电弧焊	(116)
§ 13-2 气焊与气割	(120)
§ 13-3 其他焊接方法简介	(124)
第十四章 金属切削加工基础	(127)
§ 14-1 金属切削加工的基础知识	(127)

§ 14-2	车削	(132)
§ 14-3	钻削与镗削	(137)
§ 14-4	刨削与拉削	(141)
§ 14-5	铣削	(144)
§ 14-6	磨削	(147)
附录一	常用钢的淬火加热温度	(153)
附录二	发动机润滑油 API 使用性能分类 (SAE J183—89)	(153)
附录三	国产汽油机油规格 (GB 11121—1995)	(155)
附录四	国产柴油机油规格 (GB 11122—1997)	(158)
附录五	HZY2, HZY3, HZY4 合成制动液规格 (GB 12981—91)	(160)

绪 论

公路运输在国民经济中起着重要作用，而汽车则是公路运输的主要交通工具。

一辆汽车是由几百种、上万个零件组成的。这些零件是用不同材料制成的，如钢、铸铁、铜、铝及其合金、塑料、橡胶以及玻璃等。同时在制造过程中，还需要采用各种加工方法。以金属材料为例，常见的金属加工方法有铸造、压力加工、热处理、焊接和金属切削加工等。除此以外，汽车要在公路上运行，需要使用燃料作为其动力源。运行中，为减少各相互运动零件的摩擦和磨损，延长其使用寿命，降低功率消耗，必须采用各种润滑油料。为达到汽车行驶平稳，安全可靠，还要使用各种工作液油，如制动液、防冻液和液力传动油等。因此，各种材料在汽车中的应用非常广泛。

作为从事汽车维修使用的技术工人，在实际工作中常常会遇到材料的选用以及有关加工问题。如果材料选用不当，或加工方法不合理，不仅不能满足使用要求，使车辆过早损坏，造成经济损失，甚至还会引起重大交通事故。因此，必须掌握常用汽车材料的种类、性能和用途，了解有关加工的基本知识，并运用这些知识去解决生产中遇到的具体问题。这就是我们学习本课程的目的。

《汽车材料与金属加工》是汽车维修与驾驶专业的一门技术基础课，全书共分为三篇。第一篇金属材料，介绍常用金属材料的性能、分类、牌号和用途，同时还介绍了金属热处理的基础知识。第二篇非金属材料，主要介绍车用燃料、润滑油料和汽车工作液油的性能、品种、规格以及选用方法，同时也介绍了塑料、橡胶、黏合剂以及填料和易损材料的性能和用途。第三篇金属材料加工，介绍的内容包括焊接、金属切削加工的基础知识，以及常用的加工方法和工艺特点。

通过本课程的学习，应达到的基本要求是：

1. 掌握常用金属材料的牌号、成分、性能及应用范围；
2. 明确热处理的目的，了解常用热处理的工艺及实际应用；
3. 掌握汽车燃料、润滑油料和工作液油的基本知识，懂得选用和使用的注意事项；
4. 了解塑料、橡胶、黏合剂的基本知识及其在汽车中的应用；
5. 了解焊接、金属切削加工的基本知识，熟悉它们的加工方法及工艺特点。

由于《汽车材料与金属加工》是一门与生产实践有密切联系的课程，也是学习专业课的基础，因此在学习时，不但要努力学好基础理论，而且还要注重理论联系实际，重视参观、实习和实验，不断培养分析和解决有关生产问题的能力。

第一篇 金属材料

第一章 金属的性能

金属材料作为现代机器制造业的基本材料，在汽车工业中得到广泛的应用。这主要是因为它具有许多优良的性能，可以满足各种零件的加工和使用要求。为了正确合理地选用材料，就必须充分了解金属材料的性能。金属材料的性能主要包括使用性能和工艺性能两个方面。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能，它包括物理性能、化学性能和力学性能等；工艺性能是指金属材料在制造过程中适应各种加工方法的能力。

§ 1-1 金属的物理性能和化学性能

一、金属的物理性能

金属材料在各种物理条件作用下所表现出的性能称为物理性能。它包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

1. 密度

物质单位体积的质量称为该物质的密度，用符号 ρ 表示。

密度是金属材料的一个重要物理性能。体积相同的不同金属，密度越大，其质量也越大。在机械制造中，金属材料的密度与零件自重和效能有直接关系，因此通常作为零件选材的依据之一。此外，还可以通过测量金属材料的密度来鉴别材料的材质。

常用金属的密度见表 1-1，工程上通常将密度小于 $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属称为轻金属，密度大于 $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属称为重金属。

2. 熔点

金属从固态转变为液态的最低温度称为熔点。

每种金属都有其固定的熔点。金属的熔点对铸造和焊接工艺十分重要。一般来说，金属的熔点低，铸造和焊接都易于进行。

3. 导热性

金属材料传导热量的性能称为导热性，常用热导率 λ 表示，其单位为 $\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。金属材料的热导率越大，说明导热性越好。金属中银的导热性最好，铜、铝次之。

金属的导热性对焊接、锻造和热处理等工艺有很大影响。导热性好的金属，在加热和冷却过程中不会产生过大的内应力，可防止工件变形和开裂。此外，导热性好的金属散热性也好，因此一些散热器和热交换器等零件，常选用导热性好的铜、铝等金属材料来制造。

4. 导电性

金属材料传导电流的性能称为导电性，常用电阻率 ρ 表示。金属材料的电阻率越小，导电性越好。常用金属中银的导电性最好，铜和铝次之。所以工业上常用铜、铝及其合金等做导电材料；用导电性差的康铜、钨等做电热元件。

5. 热膨胀性

金属材料在受热时体积增大，冷却时体积缩小的性能称为热膨胀性。热膨胀性常用线胀系数 α_1 来表示，其计算公式如下：

$$\alpha_1 = \frac{L_2 - L_1}{L_1 \times \Delta t}$$

式中 α_1 ——线胀系数 ($1/^\circ\text{C}$)；

L_1 ——膨胀前长度 (m)；

L_2 ——膨胀后长度 (m)；

Δt ——温度变化量， $\Delta t = t_2 - t_1$ ($^\circ\text{C}$)。

热膨胀性是金属材料的又一重要性能。在选材、加工、装配等方面被广泛应用。如轴与轴瓦之间要根据零件材料的线胀系数来确定其配合间隙；精密量具应采用线胀系数较小的材料制造；工件尺寸的测量要考虑热膨胀因素的影响，以减小测量误差等。

6. 磁性

金属材料能导磁的性能称为磁性。不同的金属材料，其导磁性能不同。常用金属材料中，铁、镍、钴等具有较高的磁性，称为磁性金属；铜、铝、锌等没有磁性，称为抗磁金属。但金属的磁性不是永远不变的，当温度升高到一定程度时，金属的磁性会减弱或消失。

磁性是电器、电机、仪表等零件不可缺少的性能。

常用金属的物理性能见表 1-1。

表 1-1 常用金属的物理性能

金属名称	符号	密度 ρ ^① (kg/m ³)	熔点 ($^\circ\text{C}$)	热导率 λ (W/m·K)	线胀系数 α_1 ($1/^\circ\text{C}$) ^②	电阻率 ρ ^③ ($10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$)
银	Ag	10.49×10^3	960.8	418.6	19.7×10^{-6}	1.5
铜	Cu	8.96×10^3	1 083	393.5	17×10^{-6}	1.67~1.68 ^④
铝	Al	2.7×10^3	660	221.9	23.6×10^{-6}	2.655
镁	Mg	1.74×10^3	650	153.7	24.3×10^{-6}	4.47
钨	W	19.3×10^3	3 380	166.2	4.6×10^{-6} ^④	5.1
镍	Ni	8.9×10^3	1 453	92.1	13.4×10^{-6}	6.84
铁	Fe	7.87×10^3	1 538	75.4	11.76×10^{-6}	9.7
锡	Sn	7.3×10^3	231.9	62.8	2.3×10^{-6}	11.5
铬	Cr	7.19×10^3	1 903	67	6.2×10^{-6}	12.9
钛	Ti	4.51×10^3	1 677	15.1	8.2×10^{-6}	42.1~47.8
锰	Mn	7.43×10^3	1 244	4.98 ^④	37×10^{-6}	185 ^④

注：① 20 $^\circ\text{C}$ ；② 0~100 $^\circ\text{C}$ ；③ 0 $^\circ\text{C}$ ；④ -192 $^\circ\text{C}$ 。

二、金属的化学性能

金属的化学性能是指金属抵抗化学介质侵蚀的能力。它包括耐腐蚀性和抗氧化性等。

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗大气、水蒸气、酸及碱等介质腐蚀的能力称为耐腐蚀性。在实际工作中,金属材料总是与各种有腐蚀性的介质接触,所以金属的腐蚀现象是非常普遍的。各种介质的腐蚀作用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,引起重大的事故。因此,对金属材料的腐蚀应引起足够的重视,在选用材料时,要考虑材料的耐腐蚀性,并采取必要的防腐蚀措施。

2. 抗氧化性

金属材料在高温下容易被周围环境中的氧气氧化而遭破坏。金属材料在高温下抵抗氧化作用的能力称为抗氧化性。

在高温环境中工作的设备(如锅炉、汽轮机、汽车发动机等)上的一些零件极易因氧化而失去使用性能,所以对长期在高温下工作的零件,应采用抗氧化性好的材料来制造。

§ 1-2 金属的力学性能

金属材料在加工和使用过程中,会受到各种外力的作用。金属材料在外力作用下所表现出来的性能称为力学性能。

工程上将这种外力称为载荷。按载荷的作用性质不同,可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷三种。

静载荷——大小不变或变化缓慢的载荷;

冲击载荷——突然增加的载荷;

交变载荷——大小和方向随时间作周期性变化的载荷。

按载荷的作用方式不同,载荷又可分为如图 1-1 所示的拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转等载荷。

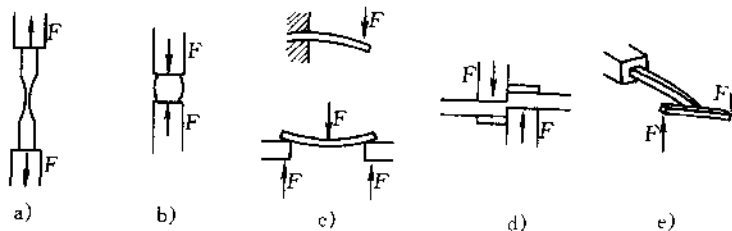


图 1-1 载荷的作用方式

a) 拉伸载荷 b) 压缩载荷 c) 弯曲载荷 d) 剪切载荷 e) 扭转载荷

金属材料受载荷作用而产生形状和尺寸的变化称为变形,按变形性质的不同分为弹性变形和塑性变形两种。弹性变形是随载荷的作用而产生,随载荷的去除而消失的变形;塑性变形是不能随载荷的去除而消失的变形。

金属材料的力学性能是通过专门的试验测定的。主要的力学性能有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

一、强度

金属材料在载荷作用下抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度。强度大小通常用应力来表

示, 应力是指材料单位横截面积上所产生的抵抗力, 用符号 σ 表示。应力的计算公式为:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中 σ ——应力 (MPa);

F ——载荷 (N);

S ——材料横截面积 (mm^2)。

金属材料的强度按载荷作用方式不同, 有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等, 通常多以抗拉强度作为最基本的强度指标。抗拉强度指标可以通过拉伸试验测定。

1. 拉伸试验

拉伸试验是在拉伸机上用静拉力对标准试样进行轴向拉伸, 使试样不断产生变形, 直至拉断。连续测量拉伸力和试样相应的伸长量, 根据测得的数据便可求出有关的力学性能。

(1) 拉伸试样 按国家标准 (GB397—86) 规定, 常用的圆形拉伸试样如图 1-2 所示, 图中 d_0 为试样直径, l_0 为标距长度。圆形试样有长试样 ($l_0 = 10d_0$) 和短试样 ($l_0 = 5d_0$) 两种。

(2) 拉伸图 记录拉伸过程中拉伸力和对应伸长量关系的图称为拉伸图, 也称拉伸曲线。低碳钢拉伸图如图 1-3 所示。图中纵坐标为拉力 F , 横坐标为试样伸长量 Δl 。从拉伸图中可以明显地看出低碳钢在拉伸过程中出现的几个变形阶段:

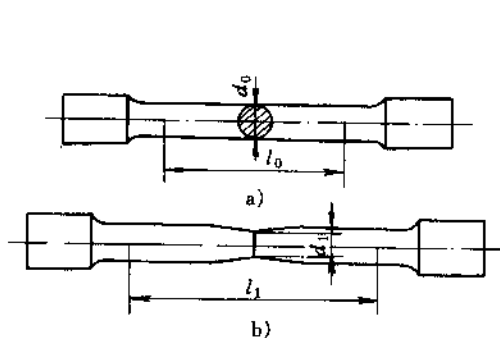


图 1-2 圆形拉伸试样

a) 拉伸前 b) 拉伸后

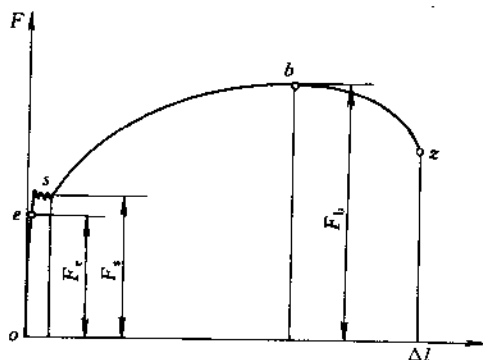


图 1-3 低碳钢的拉伸图

oe ——弹性变形阶段 试样在此阶段的变形属于弹性变形, F_e 为试样能恢复原状的最大拉力。

es ——屈服阶段 当载荷超过 F_e 后, 试样的伸长只能部分恢复, 试样开始出现塑性变形。当载荷增大到 F_s 时, 曲线在 s 点处出现平台或锯齿状, 这时即使载荷不增长或略有下降, 试样伸长量仍然增加, 这种现象称为“屈服”, F_s 称为屈服载荷。屈服后, 试样将出现明显塑性变形。

sb ——强化阶段 屈服阶段后, 欲使试件继续伸长, 必须不断加载。随变形增加, 变形抗力也逐步增加, 这种现象称为变形强化或加工硬化。 F_b 为拉伸试验的最大载荷。

bz ——缩颈阶段 当载荷达到最大值 F_b 后, 试样的某个截面发生局部收缩, 这种现象

称为“缩颈”。试样产生缩颈后，所需的载荷也随之降低。这时的伸长主要集中在缩颈部位，直至拉断。

在使用中，大部分金属材料没有明显的屈服现象。特别是低塑性材料，如铸铁等，往往在此之前已经断裂。因此也不会出现缩颈现象。

2. 强度指标

根据拉伸试验，金属材料的常用强度指标为屈服点和抗拉强度。

(1) 屈服点 金属材料产生屈服时的应力称为屈服点，用 σ_s 表示。计算公式为：

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

式中 σ_s ——屈服点 (MPa)；

F_s ——试样屈服时的载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

屈服点代表金属材料抵抗微量塑性变形的能力。它是机械设计和选用材料的依据。例如，为了保证缸盖和缸体的密封性，缸盖螺栓是不允许产生塑性变形的，所以在设计缸盖螺栓时就是以屈服点作为计算依据。

对于无明显屈服现象的金属材料，国家标准 GB228—87 规定，可用规定残余伸长应力 σ_r 表示。工程上常用试样在卸除载荷后，标距部分残余伸长率达到 0.2% 时的应力作为该材料的屈服点，用 $\sigma_{r0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度 金属材料在被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，计算公式为：

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

式中 σ_b ——抗拉强度 (MPa)；

F_b ——试样承受的最大载荷 (N)；

S_0 ——试样原始截面积 (mm^2)。

抗拉强度表示金属材料在拉伸载荷作用下的最大均匀变形能力。零件在工作中所承受的应力，若大于抗拉强度则会发生断裂，造成事故。因此，抗拉强度也是机械设计和选材的主要依据之一。

二、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。金属材料的塑性也是由拉伸试验测定的。常用伸长率和断面收缩率来表示。

1. 伸长率

试样拉断后，标距长度的伸长量与原始标距长度之比的百分数称为伸长率，用符号 δ 表示，计算公式为：

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

式中 δ ——伸长率 (%)；

L_1 ——试样拉断后的标距长度 (mm)；

L_0 ——试样的原始标距长度 (mm)。

由于试样的伸长量是均匀伸长和局部缩颈后的伸长之和, 所以伸长率的大小与试样的长短有关。为便于比较, 试样的长度必须标准化。

2. 断面收缩率

试样拉断处的截面积减少量与试样原始截面积之比的百分数称为断面收缩率。用符号 ψ 表示, 其计算公式为:

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

式中 ψ ——断面收缩率 (%);

S_0 ——试样原始截面积 (mm^2);

S_1 ——试样拉断处最小截面积 (mm^2)。

金属材料的断面收缩率与试样的尺寸无关, 所以能较可靠地反映金属材料的塑性。金属材料的伸长率或断面收缩率数值越大, 其塑性越好。塑性好的金属材料容易进行压力加工。同时, 塑性好的机械零件万一超载时, 由于会产生变形强化而避免零件突然断裂。因此, 用于制造机械零件的材料大多有一定的塑性要求。

下面举例说明强度、塑性的计算方法。

例 有一根钢试棒, 原标距长度为 50 mm, 直径为 10 mm。在拉伸试验时, 当载荷达到 18 840 N 时, 试样产生屈服现象, 载荷加至 36 110 N 时, 试样产生缩颈现象, 然后被拉断, 拉断后标距长度为 73 mm, 断裂处直径为 6.7 mm。求此试样的屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

解: 已知: $d_0 = 10 \text{ mm}$, $d_1 = 6.7 \text{ mm}$, $l_0 = 50 \text{ mm}$, $l_1 = 73 \text{ mm}$,
 $F_s = 18\,840 \text{ N}$, $F_b = 36\,110 \text{ N}$

则

$$S_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{3.14 \times 10^2}{4} = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3.14 \times 6.7^2}{4} = 35.3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} = \frac{18\,840}{78.5} = 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} = \frac{36\,110}{78.5} = 460 \text{ MPa}$$

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{73 - 50}{50} \times 100\% = 46\%$$

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% = \frac{78.5 - 35.3}{78.5} \times 100\% = 55\%$$

答: 此钢棒的屈服点 σ_s 为 240 MPa, 抗拉强度 σ_b 为 460 MPa, 伸长率 δ 为 46%, 断面收缩率 ψ 为 55%。

三、硬度

金属材料抵抗其他更硬物体压入其表面的能力, 称为硬度。硬度是衡量金属材料软硬的

依据, 一般来说, 金属材料的硬度越高, 耐磨性也越好。硬度还与材料的强度有一定的关系, 可作为估算材料强度的参考。因此, 硬度是金属材料的重要性能指标之一。

硬度试验的方法很多, 在生产中常用的有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

1. 布氏硬度

布氏硬度的试验原理如图 1-4 所示。在规定的载荷作用下, 把一定直径的淬火钢球 (或硬质合金球) 压入试样的表面, 保持一定时间后卸荷。然后用载荷除以压痕表面积的商作为所测金属的布氏硬度值。用符号 HBS (HBW) 表示, 其计算公式为:

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

式中 HBS (HBW)——用钢球 (或硬质合金球) 试验时的布氏硬度值, 习惯上不标注单位;

F ——钢球上加的载荷 (N);

S ——被试金属表面压痕面积 (mm^2);

D ——球体直径 (mm);

d ——压痕平均直径 (mm)。

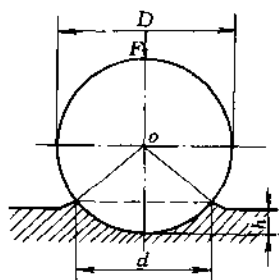


图 1-4 布氏硬度试验示意图

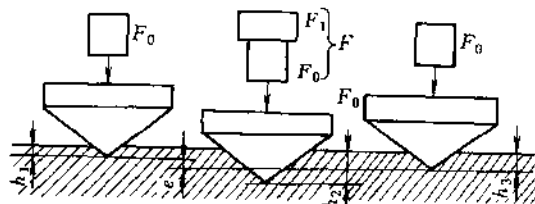


图 1-5 洛氏硬度试验示意图

布氏硬度试验时, 钢球直径和载荷根据被测金属的种类、性质和厚度按有关规定选择。试验后用专门的刻度放大镜测出压痕的平均直径, 再查布氏硬度值表, 得到布氏硬度值, 一般不需要计算。

布氏硬度的表示方法有两种, 当压头为钢球时, 用 HBS 表示, 适用于布氏硬度值在 450 以下的材料; 当压头为硬质合金时, 则用 HBW 表示, 适用于布氏硬度值在 650 以下的材料。符号 HBS 或 HBW 之前的数字表示硬度值, 符号后面表示试验条件, 并按球体直径、试验载荷和载荷保持时间顺序依次排列。若载荷保持时间为 10~15 s, 时间可不标注。

例如: 150HBS10/1 000/30 表示用直径 10 mm 的钢球, 在 9 807 N (1 000 kgf) 的载荷作用下, 保持 30 s 时测得的布氏硬度值为 150; 500HBW5/750 表示用直径 5 mm 的硬质合金球, 在 7 355 N (750 kgf) 的载荷作用下, 保持 10~15 s 时测得的布氏硬度值为 500。

布氏硬度试验方法测定的数据正确、稳定, 重复性强。但由于压痕较大, 且工件过硬时, 压头容易变形, 因此不宜测定厚度太薄或表面不允许有较大压痕的工件, 也不宜测定高硬度的材料。通常用于测定退火、正火、调质处理后的钢件, 以及铸铁和有色金属等材料的硬度。

2. 洛氏硬度