

中等专业学校试用教材

金属材料

JIN SHU CAI LIAO

中国铁道出版社

中等专业学校试用教材

金属材料

太原铁路机械学校 孙士恒 编

中国铁道出版社

1981年·北京

中等专业学校试用教材

金 属 材 料

太原铁路机械学校 孙士恒编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：9 字数：218 千

1981年1月第1版 1981年1月第1次印刷

印数：0001—22,000册 定价：0.75 元

前 言

历史证明：人类的生产活动和社会的发展，是同对金属的认识和利用紧密联系在一起的。在现代，人类更是离不开金属。金属材料是发展国民经济、满足人民生活需要的必不可少的物资。

为了充分发挥金属材料的效用，加速实现祖国的四化，要求我们不断提高物资的管理水平。为了培养具有中等专业水平的物资管理技术人材、普及并提高铁路物资管理人员的科技知识，我们依据铁路中等专业学校“铁道物资管理专业”的《金属材料》教学大纲，编写了这本教材。

本书由太原铁路机械学校孙士恒同志编写。在编写过程中，曾得到龚惠芳、魏惟恒、陈培基、李家龙、张春发、傅武华等同志的热情帮助。在此表示衷心的感谢。

1980.5.

内 容 简 介

本书是根据铁路中等专业学校铁道物资管理专业的《金属材料》教学大纲编写的。全书共十二章,其中第一~四章为基础理论,重点阐述金属材料的性能及其主要指标;性能、成分和组织之间的关系;热处理方法及其对性能的影响等。第五~十章介绍金属材料的分类、牌号、性能特点、质量要求和应用范围。对产品标准中涉及的某些理论问题,也作了探讨。第十一、十二章讲述金属材料的验收、鉴别和防锈原理等。

本书除供中等专业学校教材外,亦可供现场物资管理工作人员学习参考。

目 录

第一章 金属材料的性能.....	1
第一节 金属材料的物理性能.....	1
第二节 金属材料的机械性能.....	3
第三节 金属材料的工艺性能.....	8
第二章 金属材料的组织结构.....	12
第一节 金属的晶体结构.....	12
第二节 金属的结晶.....	15
第三节 合金的相结构.....	20
第三章 铁碳合金状态图.....	23
第一节 二元合金状态图的概念.....	23
第二节 铁碳合金的组织.....	27
第三节 铁碳合金状态图.....	29
第四章 钢的热处理.....	39
第一节 钢在加热时的转变.....	39
第二节 钢在冷却时的转变.....	40
第三节 钢的退火与正火.....	43
第四节 钢的淬火与回火.....	44
第五节 表面热处理.....	46
第六节 热处理常见缺陷.....	47
第五章 生铁和铁合金.....	49
第一节 炼钢生铁.....	50
第二节 灰口铸铁.....	51
第三节 可锻铸铁与球墨铸铁.....	54
第四节 铁合金.....	55
第六章 钢.....	59
第一节 钢的冶炼和分类.....	59
第二节 普通钢.....	62
第三节 优质结构钢.....	67
第四节 工具钢.....	71
第五节 特殊用途钢.....	75
第七章 钢材.....	77
第一节 钢的压力加工.....	77
第二节 型钢.....	80

第三节	钢板和钢带	83
第四节	钢管	84
第五节	钢丝	87
第六节	钢丝绳	89
第七节	铁路常用钢材	92
第八章	铜、铝及其合金	95
第一节	纯铜	95
第二节	黄铜	96
第三节	青铜和白铜	98
第四节	纯铝	101
第五节	铝合金	102
第九章	锌、铅、锡、铟和轴承合金	105
第一节	锌	105
第二节	铅	106
第三节	锡	107
第四节	铟	108
第五节	轴承合金	109
第十章	钨、钛和硬质合金	112
第一节	钨和钛	112
第二节	硬质合金	113
第十一章	钢铁的火花鉴别	116
第一节	火花的各部名称	116
第二节	火花产生的原因和合金元素对火花的影响	117
第三节	常用钢的火花特征	118
第十二章	金属材料的验收与防锈	120
第一节	金属材料的验收过程	120
第二节	金属材料的防锈	124
附 录		
附录 1	黑色金属硬度及强度换算表 (GB1172—74)	129
附录 2	产品名称及符号	133
附录 3	钢铁产品涂色标记	133
附录 4	有色金属及合金产品状态及符号	135
附录 5	几种主要纯金属及非金属性能参考表	135

第一章 金属材料的性能

合理地保管、供应和使用金属材料，尽量减少金属材料在储运过程中的损耗，充分发挥金属材料的潜力，对于多快好省地建设社会主义，为尽快实现铁路运输事业的现代化，无疑都是十分重要的工作。而要做好这一工作，应该了解金属材料的性能，因为这是合理保管、保养、供应和使用金属材料的重要依据之一。金属材料的性能包括物理、化学、机械和工艺性能。在这一章里，我们介绍一下物理、机械和工艺性能。化学性能放在第十二章里去讲。

第一节 金属材料的物理性能

金属材料的物理性能包括比重、熔点、导电性、导热性、热膨胀性和磁性等。

一、比重

物体的单位体积的重量叫做比重，用克/厘米³表示。在相同体积下，比重愈大的物体其重量愈大。各种金属材料都有固定的比重，其值大小不一，如铂的比重最大，为21.45，锂的比重最小，只有0.534，对于飞机、汽车、车辆等要求减轻自重的机械，采用比重较小的金属材料有十分重要的意义。几种常见金属材料的比重见表1—1。

常见金属材料的比重

表1—1

材 料 名 称	比 重	材 料 名 称	比 重
镁	1.7	金	19.3
铝	2.7	铂	21.45
锌	7.19	灰口铁	6.8~7.4
锡	7.3	白口铁	7.2~7.5
铁	7.85	碳钢	7.81~7.85
镍	8.9	黄铜	8.5~8.85
铜	8.89	青铜	7.5~8.9
银	10.5	铝合金	2.55~2.84
铅	11.3	镁合金	1.75~1.85

根据比重的大小，可将金属分为轻金属和重金属。比重在“5”以下的金属叫轻金属，而把比重超过“5”的金属叫做重金属。根据比重还可以计算金属材料的重量，因为重量=比重×体积。有时还可以用比重近似地鉴定金属材料的纯度。

二、熔点

金属从固体状态向液体状态转变时的熔化温度，称为熔点。因为这一转变截然地发生在某一定温度，所以各种金属都有自己的熔点。在可逆的条件下，凝固点应该和熔点相一致，但是在凝固时常常发生一种被称之为“过冷”的滞后现象，因此凝固实际上发生在比熔点低

的温度。不同金属的熔点相差甚大，例如汞熔点为 -39.30°C ，而钨的熔点则高达 3380°C 。所以在使用和加工过程中一定要考虑金属材料的熔点的影响，几种常见金属材料的熔点见表1—2。易熔合金可以用来制造印刷铅字、保险丝等；难熔合金可以用来制造耐高温的零件，如电阻丝、内燃机的排气阀、切削刀具等。

几种常见金属材料的熔点

表1—2

材 料 名 称	熔 点 $^{\circ}\text{C}$	材 料 名 称	熔 点 $^{\circ}\text{C}$
钨	3410	金	1063
钼	2622	铝	658
钛	1668	镁	627
铬	1765	锌	419
钒	1900	铅	327
铁	1535	锡	232
镍	1455	铸铁	1200~1350
锰	1230	碳钢	1450~1530
铜	1083	青铜	865~900

三、导电性和导热性

金属和合金传导电流的能力，叫做导电性。衡量金属材料的导电性能的指标是导电率 γ 和电阻率 ρ ， $\gamma = \frac{1}{\rho}$ 。一般金属均有良好的导电性，但各种金属的导电能力并不相同。在金属中以银的导电性最好，其次为铜和铝。如果以银的导电性为100，则铜为94，铝为55，铁为20，钛为0.3。银的价格昂贵，在工业生产中应用很少，大量使用的导电材料为铜和铝。

合金的导电性均比纯金属偏低。所以尽可能采用导电性较好的纯金属作导体，而选用电阻高的合金作电阻元件。

金属能够传导热的性能称为导热性。多数金属都是热的良导体。银的导热性最好，铜、铝次之。若以银的导热能力为1，则铜的导热能力为0.9，铝为0.5，铁为0.15。在金属的加热过程中要考虑导热性的影响，凡导热性较差的金属加热速度应该慢些；而制造散热器、活塞的材料，导热性要好些。

金属的导电性与导热性有关，在一般情况下，金属的导热性越好，则其导电性也就越好。

四、热膨胀性

金属在温度升高时，产生体积膨胀的现象称为热膨胀。反之，当温度下降时，金属的体积发生收缩，这就叫做热胀冷缩。绝大多数金属都是这个规律；但是也有反常的，如锑、镓等有热缩冷胀的特性。所以在铅字合金里加入锑，以便使印刷的字迹清晰。

显然，在加工、选用材料，安装设备时，都必须考虑金属的上述性能。金属的热膨胀性通常用线胀系数 β 来表示。 $\beta = \frac{1}{l} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t}$ 毫米/毫米 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ，即金属在温度升高 1°C 时其单位长度所伸长的大小。几种常见金属材料的线胀系数见表1—3。

五、磁性

金属被磁铁磁化或吸引的性能称为磁性。根据这种性能的不同，常把金属材料分为铁磁材料、顺磁材料和逆磁材料三类。铁磁材料有铁、钴、镍等，它们在外加磁场中能强烈地被磁化；顺磁材料有锰、铬、钼、钨等，它们在外加磁场中，只是微弱地被磁化；逆磁材料有

铜、锡、铅、锌等，它们能抗拒或削弱外加磁场对材料本身的磁化作用。

几种常见金属的线胀系数

表 1—3

金属名称	线胀系数 $\text{mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$	金属名称	线胀系数 $\text{mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$
锌	39.5×10^{-6}	铜	17.0×10^{-6}
锰	37×10^{-6}	镍	13.4×10^{-6}
镁	24.3×10^{-6}	铁	11.76×10^{-6}
锡	23×10^{-6}	铬	6.2×10^{-6}
铝	23.6×10^{-6}	钛	8.2×10^{-6}

铁磁材料在电力工业中占有重要的地位。磁性也是选用金属材料的依据之一，如变压器和电机所用的硅钢片直流发电机，电话机中的永久磁铁都是铁磁材料。

铁磁材料加热到某一温度，就失去磁性，这个温度叫居里点，铁的居里点是 768°C ，镍的居里点是 360°C 。

第二节 金属材料的机械性能

在金属材料的订货、验收和加工过程中，常常使用机械性能指标，如强度、硬度、塑性、韧性等。这些性能是金属材料在外力作用下所表现出来的特性。通常又把加在材料上的外力叫做载荷。载荷作用于金属材料的结果将引起尺寸和形状的改变。我们把这种改变称为变形。由于加在材料上的外力的大小不同，速度和方向也不相同，因而材料产生不同的变形如压缩、拉伸、扭转、剪切、弯曲等等。金属材料在外力作用下引起的变形过程可以分为三个阶段：弹性变形阶段；弹性——塑性变形阶段和断裂。

在弹性变形阶段，当外力去掉之后，变形消失，材料恢复原来的形状和尺寸。弹性变形又叫“临时变形”。在弹性——塑性变形阶段，当外力去掉之后，变形不能完全消失，其中的塑性变形被保留下来，材料不能恢复原来的形状和尺寸。塑性变形是外力去掉之后不能消失的变形，又叫“残余变形”或“永久变形”。

金属材料的机械性能数据是通过试验测定的。常用的机械性能试验是拉力试验、硬度试验等。

一、强度

为了使钢轨在满载列车的重压之下不致压坏，钢丝绳在吊起重载时不致拉断，车辆的弹簧在冲击震动中不致断裂，那么钢轨、钢丝绳和弹簧就应该具备一定的强度。强度是材料在外力作用下对塑性变形和断裂的抵抗能力。强度和塑性等指标是通过拉力试验来测定的。拉力试验就是把制成规定形状和尺寸的试样（见图 1—1）装在拉力试验机上，对试样施加缓慢增加的拉力，使它不断产生变形，直到拉断为止。根据拉力试验过程中的载荷及与之相对应的变形量，可以画出材料的拉伸曲线。图 1—2 就是低碳钢的拉伸曲线。图中的纵轴表示载荷（公斤），横轴表示变形量（毫米）。有些拉伸试验机能自动绘出所测试样的拉伸曲线。

在拉伸试验的起初阶段，所加外力较小，试样的伸长与施加的外力成正比关系，试样发生均匀的变形。这时的变形属于弹性变形。当载荷超过 P_e 后，试样除产生弹性变形之外，还产生塑性变形。当载荷增加到 P_s 时，此时不继续增加载荷，而试样继续发生变形。这种

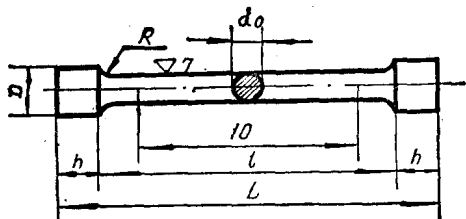


图 1-1 拉伸试样

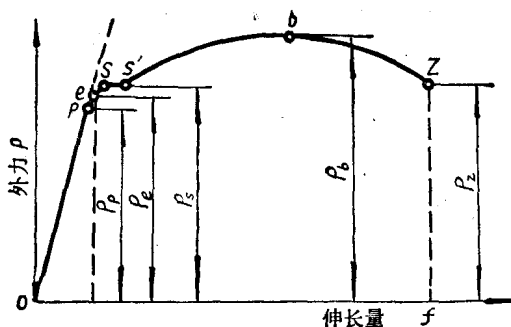


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

现象叫做屈服。在屈服阶段之后，再增加载荷，试样将发生明显的塑性变形。当载荷增加到 P_b 后，试样的变形不再是均匀的，而是在试样的某个部位出现“颈缩”现象，出现颈缩以后，试样的变形只限于颈缩区域，直至断裂。出现颈缩之后受力面积变小，所以试样变形所需的载荷也逐渐变小。 P_b 是试验过程中从开始加载到断裂时止，所加于试样的最大载荷。

材料抵抗弹性变形的能力叫做刚度。而去掉引起变形的外力后能恢复原来的形状和尺寸的能力叫做弹性。各种材料的强度要用应力来表示和比较。应力是指材料的横断面上单位面积所承受的载荷。常用的强度指标有屈服点和抗拉强度。

（一）屈服点

开始发生屈服现象时的应力，即开始出现塑性变形时的应力，叫做屈服点或屈服极限，用 σ_s (公斤/毫米²) 表示。屈服点就是发生屈服现象时的载荷 P_s 与试样的原截面积 F_0 的比值。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

屈服点代表材料抵抗微量塑性变形的能力。它是工程技术上十分重要的机械性能指标之一，也是设计零件时选用材料的依据。例如，为了保证气缸盖和气缸体的密封性，缸盖螺栓是不允许发生塑性变形的。所以设计缸盖螺栓时就以屈服点为依据。

有些材料如退火状态下的低碳钢有明显的屈服现象，屈服点的测定比较容易。但是，有些材料如高碳钢没有明显的屈服现象。要测定屈服点很困难。所以工程上便规定当产生塑性变形等于试样原来长度的 0.2% 时的应力值，叫“条件屈服点”，用 $\sigma_{0.2}$ 表示，用它代替 σ_s 。

（二）抗拉强度

材料在受拉/力过程中，在发生断裂以前所能承受的最大应力值叫抗拉强度。它代表材料抵抗大量的均匀的塑性变形的能力。对于不发生颈缩的材料来说，它代表抵抗断裂的能力，用 σ_b (公斤/毫米²) 表示。如果试样断裂前能承受的最大载荷为 P_b ，则

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

F_0 是试样的原始截面积。如果对甲类 3 号普通碳素钢 (A_3) 作拉力试验，可以测得它的屈服点 (σ_s) 为 24 公斤/毫米² 左右，抗拉强度 (σ_b) 为 40 公斤/毫米² 左右。

工程上所用的金属材料，不仅希望具有高的 σ_s ，还希望具有一定的屈强比 (σ_s 与 σ_b 的比值)。屈强比愈小，材料的可靠性愈高，即不容易发生危险的脆性断裂。如果屈强比太小，则材料强度的有效利用率太低。因此，一般希望屈强比高一些，例如弹簧就要求有较高的屈强比。

二、塑性

金属材料在外力作用下发生塑性变形而不破坏的能力叫塑性。常用的塑性指标是伸长率

和断面收缩率。

(一) 伸长率

试样受拉力断裂后，总伸长量与原始长度的比值的百分率，称为伸长率或延伸率，用 $\delta(\%)$ 表示。

$$\text{伸长率 } \delta = \frac{\text{试样拉断后的标距长度 } l_1 - \text{试样的原标距长度 } l_0}{\text{试样的原标距长度 } l_0} \times 100\%$$

由于总伸长量是均匀伸长与产生局部颈缩后的伸长之和。所以伸长率的大小与试样尺寸有关。它随标距的增加而减小，即对同一材料，短试样 ($l_0 = 5d_0$) 所测得的伸长率 (δ_5)，比长试样 ($l_0 = 10d_0$) 测得的要稍大些。这是因为长试样和短试样拉断后都有一颈缩部分，把颈缩部分平均到短试样中，比在长试样中占有较大的比例。因此，对于伸长率，必须注明是短试样测定的 (δ_5)，还是长试样测定的 (δ_{10})，若不加注明，则是指长试样的伸长率。

(二) 断面收缩率

试样受拉力断裂后，试样截面的缩减量与原截面之比的百分率，叫做断面收缩率，用 $\psi(\%)$ 表示。

$$\text{断面收缩率 } \psi = \frac{\text{试样的原截面积 } F_0 - \text{试样断口处的截面积 } F_1}{\text{试样原截面积 } F_0} \times 100\%$$

伸长率与断面收缩率是材料的重要性能指标。这两个指标愈大，材料的塑性愈好。如大多数碳素钢，其塑性较好，可以用较大的变形量进行加工；而有些合金钢塑性较差，进行压力加工时变形量不能太大，以免破裂。对于铸铁来说，其塑性很低，不能进行压力加工，只能进行铸造。所以塑性的好坏，可以决定材料能否产生塑性变形或者产生多大的塑性变形。此外，材料具有一定的塑性，可以保证不致因超载而突然破断，从而增加了材料使用时的安全可靠。

三、硬度

硬度是指金属材料抵抗其它更硬物体压入的能力。也可以说是材料对局部塑性变形的抗力。抵抗的能力愈大，不易被压入，则硬度愈高；反之，则硬度愈低。

硬度试验方法简单、迅速，一般只要几十秒或几分钟即可试验完毕。试验后工件不被破坏，因为留在工件表面上的压痕很小，对工件的使用并无影响。硬度试验时试样也不需加工成特殊形状，即可测定硬度值。总之，硬度试验是金属机械性能试验中最简便的方法，所以得到了广泛的应用。

常用的硬度测定法都是用一定的载荷（压力）把一定的压头压在金属材料表面，然后测定压痕的面积或深度来确定硬度。当压头和压力一定时，压痕愈大或愈深，硬度愈低；若压痕愈小或愈浅，硬度则愈高。硬度试验法有若干种，最常用的是布氏硬度和洛氏硬度。

(一) 布氏硬度

布氏硬度的试验原理是用规定直径的钢球用规定的载荷压入被测金属材料表面，（见图 1—3）保持一定时间后，将载荷卸除，测出压痕直径以求出硬度值。这种硬度值是指试样上钢球压痕的单位球形面积所承受的平均压力（公斤/毫米²）。布氏硬度用符号 HB 表示。为了简便起见，测定压痕直径之后，便可查表求得材料的布氏硬度值。

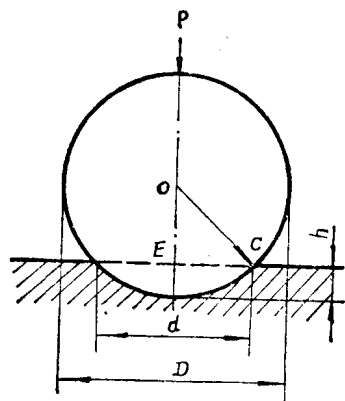


图 1—3 布氏硬度试验原理图

布氏硬度值也可以用公式进行计算：

$$HB = \frac{\text{所加载荷 } P}{\text{压痕表面积 } F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{公斤/毫米}^2)$$

式中 D ——钢球直径 (毫米)；

d ——压痕直径 (毫米)；

P ——所加钢球上的载荷 (公斤)。

布氏硬度广泛用于试验各种退火状态下的钢材、铸铁、有色金属等，但被测试样的硬度不能大于HB450。

在进行布氏硬度试验时应注意下面几个问题：

(1) 被测硬度的工件或试样应有光洁的表面。

(2) 试样的厚度不应小于压痕深度的10倍；压痕直径应在 $0.25 \sim 0.6D$ 范围内。不符合这种要求则试验无效。

(3) 压痕中心到试样边缘的距离不应小于压痕直径的2.5倍，而相邻的压痕中心距离不应小于压痕直径的4倍。

(4) 所加载荷应与试样平面相垂直，加载要平稳，应无冲击与跳动。

(5) 根据试样的材质、硬度和厚度来选用钢球直径、载荷和持称时间，如表1—4所示。

布氏硬度试验压头与载荷的关系

表1—4

金 属 类 别	布氏硬度值范围 HB	试 样 厚 度 (毫米)	载荷 P 与钢球直径 D 的关系	钢球直径 D (毫米)	载 荷 P (公斤)	载荷保持时间 (秒)
黑色 金属	140~450	6~3	$P = 30D^2$	10	3000	10
		4~2		5	750	
		2		2.5	187.5	
	<140	6 6~3 3	$P = 10D^2$	10 5 2.5	1000 250 62.5	10
有 色 金 属	>130	6~3	$P = 30D^2$	10	3000	30
		4~2		5	750	
		<2		2.5	187.5	
	36~130	9~3	$P = 10D^2$	10	1000	30
		6~3		5	250	
		<3		2.5	62.5	
	8~35	>6	$P = 2.5D^2$	10	250	60
		6~3		5	62.5	
		<3		2.5	15.6	

上述规定是为了试验的准确性。试验后，如果试样被侧面或侧面有变形，则试验无效，应改变载荷。

(二) 洛氏硬度

当材料硬度在布氏硬度HB450以上，或者试样过小，均不能采用布氏硬度试验，而改用洛氏硬度计作试验。

洛氏硬度试验是用一个顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为1.588毫米的淬火钢球，在一定压力下压入被试材料表面，然后根据压痕深度定出硬度数值。在实际测量时，可以从洛氏硬度试验机的刻度盘中直接读出硬度数，不用查表，也不用计算。压痕愈深，刻度盘指示的硬度数值愈小，即材料愈软；压痕愈浅，刻度盘指示的硬度值愈大，即材料愈硬。

洛氏硬度应用范围很广，可用于试验各种钢铁原材料、有色金属、表面热处理的工件及硬质合金等。试验时，估计材料可能的硬度，采用不同的压头与载荷，所得的硬度分别用三种符号来表示：HRB、HRC、HRA。洛氏硬度试验压头与载荷的关系见表1—5。

洛氏硬度试验压头与载荷的关系

表 1—5

硬度符号	压 头	载荷 (公斤)	应 用 范 围
HRB	钢球 $\phi 1.588$ 毫米	100	钢铁及有色金属材料HRB25~100
HRC	金刚石圆锥120°	150	淬火及回火后工件HRC20~67
HRA	同HRC	60	表面热处理工件、薄小零件硬质合金等HRA70~85

在现场还采用一种肖氏硬度,它是用一个圆头重锤从一定高度自由下落到试样表面,根据它从表面回跳的高度来确定硬度,回跳愈高,硬度愈大,最高为100,肖氏硬度的符号标作HS。

硬度是一个重要的机械性能指标。例如,机械加工中所用的刀具(车刀、铣刀、丝锥、钻头)要求具有高的硬度(HRC63左右),才能使之具有良好的切削性能及高的耐磨性,以保证刀具的使用寿命。一般情况下,硬度高的材料耐磨性高;硬度适中(HB150~250)的材料切削加工性较好;硬度低材料易于冲压变形。硬度和强度之间还有近似的比例关系,金属的硬度越高则它的强度越大。

轧锻碳钢 $\sigma_b \approx 0.35HB$

铸 钢 $\sigma_b \approx (0.3 \sim 0.4)HB$

灰口铸铁 $\sigma_b \approx \frac{HB-40}{6}$

铜 合 金 $\sigma_b \approx 0.55HB$

四、冲击韧性

机械零件在工作过程中,往往要受到冲击负荷的作用。所谓冲击负荷就是以很快的速度作用于零件上的负荷。例如:锻锤的锻杆、钢轨的轨头、冲床的冲头等在工作中所受的力即冲击负荷。逐渐施加的负荷叫静负荷,强度和硬度等指标所反映的就是材料对于静负荷的抵抗能力。对于承受冲击负荷的零件的性能要求不能以强度指标来定,而是要求它们具有抵抗冲击负荷的能力,即冲击韧性。

金属材料的冲击韧性的大小是在冲击试验机上通过冲击试验(GB229—63)测定的。进行试验时,把规定尺寸和形状的标准试样放在机架上,把机器的摆锤升到规定高度,然后松开摆锤,冲击试样,试验机表盘上即指出冲断试样所消耗的功AK(公斤·米),用试样缺口处的断面积F(厘米²)去除所得的AK值,

就得到单位面积上消耗的功,这就是材料的冲击韧性值 ak ,简称冲击值。

$$\text{冲击韧性值 } ak = \frac{\text{冲断试样所消耗的功 } AK}{\text{试样缺口截面积 } F}$$

冲击试样的尺寸见图1—4所示。

冲击韧性值 ak 与温度有关。有些材料,在常温(一般指20°C左右)下的冲击值并不低,不显脆性;而在低温下则冲击韧性很低,极易脆断。使材料的冲击韧性显著降低的温度叫做脆性转化温度。在零下温度承受冲击载荷的材料还应具有一定的低温(一般指-20°C或-40°C)冲击韧性。

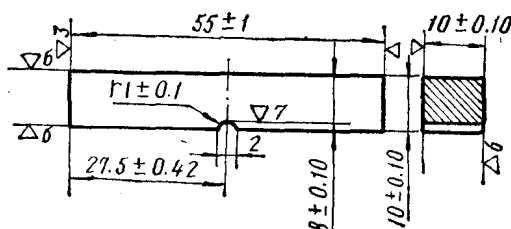


图 1—4 冲击试样

工程技术界以前习惯地认为 ak 值是材料韧、脆程度及承受冲击负荷的抗力指标。实际上这一看法很不全面。因为同一材料进行冲击试验时消耗的功 AK ，在很大程度上取决于参加塑性变形的金属体积，而不取决于缺口截面面积 F_0 ，故 AK 除以 F_0 是不合适的。取 $\frac{AK}{F_0}$ 还会产生一种错误印象：以为消耗的功和缺口的截面面积有比例关系，实际上并不如此。所以现在有些国家已不再取 ak ，而直接用 AK 来表示试验结果，这样既简便又不至产生错觉。

对于承受大能量冲击的零件， ak 值可以作为材料对冲击负荷的抗力指标，但处于这种工作条件零件甚少。多数零件为承受小能量多次重复冲击负荷。而材料承受多次重复冲击的能力，主要取决于其强度高，而不是取决于其冲击值的大小。例如目前广泛采用的球墨铸铁制造柴油机的曲轴，其冲击韧性仅为 $1.5 \text{ 公斤} \cdot \text{米} / \text{厘米}^2$ 左右，但由于其强度很高，仍能正常运转。再如黄河牌载重汽车后半轴调质硬度为HRC37~40时，行程十万公里，当调质硬度达HRC40~44时，行程可达四十万公里。这是由于曲轴和后半轴承受的是小能量多次冲击，而小能量多次冲击抗力是以材料强度为主，并要求一定的韧性。所以，适当提高强度、硬度后，虽然韧性有所下降，但使用寿命反而延长了。总之多次冲击破坏抗力比较接近于多数零件实际工作条件下的破坏规律。

五、疲劳强度

有很多零件如各种轴、齿轮、弹簧等，经常受到大小及方向变化的交变载荷。这种交变载荷常常会使金属材料在小于其强度极限的长期作用下断裂。这种现象叫做金属的疲劳。显然，金属材料所承受的交变载荷愈大，材料的寿命愈短；反之，愈长。当应力值降至某一值时，材料可经受无限次的循环而不断裂。金属材料在长期（无限次）经受交变载荷作用下，不致引起断裂的最大应力，称为疲劳强度，用它来衡量金属材料的耐疲劳的性能。

实际上不可能让材料经受无限次的循环，所以生产上把能经受 $10^6 \sim 10^8$ 次的循环而不断裂的最大应力作为疲劳强度，用 σ_{-1} 表示。

金属材料的疲劳强度与很多因素有关，如合金的成分、表面质量、组织结构、夹杂物的多少与分布等。如果对表面进行强化处理，如表面喷丸、辗压、表面淬火等，也能提高材料的疲劳强度。

金属材料的疲劳强度与抗拉强度之间存在着近似的比例关系：

碳素钢 $\sigma_{-1} \approx (0.4 \sim 0.55) \sigma_b$ ；

灰口铸铁 $\sigma_{-1} \approx 0.4 \sigma_b$ ；

有色金属 $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4) \sigma_b$ 。

第三节 金属材料的工艺性能

制造零件时对金属材料要进行加工，如铸造、锻造、焊接与切削等。为了使工艺简便，产品质量好，成本低，必须考虑金属材料工艺性能是否良好。工艺性能实际上是机械性能、物理性能和化学性能的综合表现。

一、铸造性

金属材料的铸造性能决定于其流动性、收缩性和偏析的趋向。流动性好的金属充满铸型的能力大，例如灰口铸铁的流动性比钢好，它能浇铸较薄的铸件。收缩性是指合金凝固和冷

却时, 金属的体积收缩。收缩小则使疏松、变形、裂纹等缺陷减少。合金凝固后化学成分的不均匀性叫偏析。偏析小则各部分成分较均匀。在常用的金属材料中, 灰口铸铁和青铜具有良好的铸造性。

二、金属材料的顶锻性能

制作铆钉、螺栓、销钉等零件的材料要承受打铆、镦粗等顶锻变形工艺。金属材料能承受顶锻而不破裂的性能叫做顶锻性能。它实际上是塑性好坏的一种表现。

金属材料的顶锻性能用顶锻试验测定。在常温下进行的试验叫冷顶锻试验。在锻造温度范围内进行的试验叫热顶锻试验, 进行顶锻试验时, 应将试样锻至规定的长度 h_1 (一般为原来长度 h 的 $2/5$ 、 $1/2$ 或 $1/3$), 然后检查试样侧面, 如无裂缝、裂口、扯破、折迭等缺陷, 即认为试样合格。

三、金属材料的冷弯性能

金属材料在常温下能承受弯曲而不破裂的能力叫做冷弯性能。冷弯性能用冷弯试验测定, 试样承受规定程度的弯曲而不断不裂, 即认为冷弯试验合格。

弯曲变形程度用弯曲角度和弯心直径来衡量。弯曲角度愈大, 弯心直径愈小, 则弯曲程度愈大。试样出现裂纹前能承受的弯曲程度愈大, 则材料的冷弯性能愈好。

按现行标准, 冷弯试验的弯曲程度分为下列三种类型 (图 1—5):

(1) 弯到规定角度 (如 90° , 120° 等);

(2) 绕弯心弯到两面平行, 弯心直径 d 按有关技术条件等于试样厚度 a 的一定倍数, 如 $d = 0.5a$, $d = a$, $d = 2a$ 等;

(3) 弯曲到两面接触重合。即弯 180° , $d = 0$ 。

盘条、钢筋等钢材均应作冷弯试验。

四、金属材料的冲压性能

汽车车体、搪瓷制品的胎料及许多日用品 (如锅、壶、盒等) 都是用冲压方法制成的。用于冲压的金属材料必须有良好的冲压性能或延展性能。

检验金属材料的延展性能的方法叫杯突试验。它适用于厚度 ≤ 2 毫米的带材或板材。试验在艾利森型试验机上进行。即用规定尺寸的钢球或球形冲头, 顶压夹紧在膜内的试样, 直至试验产生第一条裂纹为止, 这时的压入深度叫杯突深度。杯突深度不小于规定时就认为试验合格。

材料能承受的杯突深度愈大, 则其冲压性能愈好。

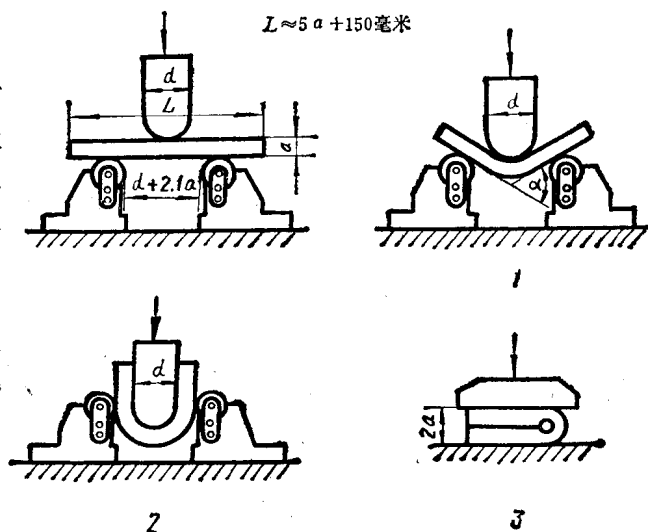


图 1—5 冷弯试验

五、金属材料的焊接性能

焊接性能是指金属材料是否适应通常的焊接方法与焊接工艺的性能。焊接性能好的材料易于用一般的焊接方法与工艺进行焊接，焊接时不易形成裂纹、气孔、夹渣等缺陷，焊缝或接头强度与母材相近。焊接性能差的材料必须用特定的方法与工艺进行焊接。

通常根据焊接时产生裂纹的倾向和焊缝区机械性能的优劣来鉴别焊接性能。焊缝区的机械性能可以通过试验（如拉力、冲击等）进行测定。但是，现在还没有制定统一的综合检验焊接性能的办法。所以，习惯上常根据材料的化学成分估计其焊接性能。例如，低碳钢有良好的可焊性，高碳钢和铸铁则较差。

六、金属材料的切削加工性能

切削性是指金属材料是否易于切削加工，也就是指它们经过切削加工而成为合格的工件的难易程度。因此，金属材料的切削加工性由几个方面进行衡量：允许的切削速度；承受切削后的表面光洁程度，动力消耗及对刀具的磨损程度等等。

目前还没有统一的检验金属材料的切削加工性的方法，习惯上常常根据材料的硬度和韧性作大致的判断：硬度过大或过小，韧性过大等，则切削加工性较差。实践证明：灰口铸铁具有良好的切削加工性，碳钢当其硬度为 $HB150\sim250$ 时，具有较好的切削加工性。太软的钢切屑不易断，容易粘刀，影响加工质量，并且影响切削速度的提高。而太硬的钢则刀具寿命缩短，甚至不能进行切削加工。

七、金属材料的耐反复弯曲性能

金属薄板、带材和线材的耐反复弯曲性能反映它们的塑性，韧性及覆盖层的质量。耐反复弯曲性能用反复弯曲试验测定。在试验到规定弯曲次数后，检查试样（包括覆盖层）弯曲处，如无裂缝、裂断、起层等则认为试样合格。

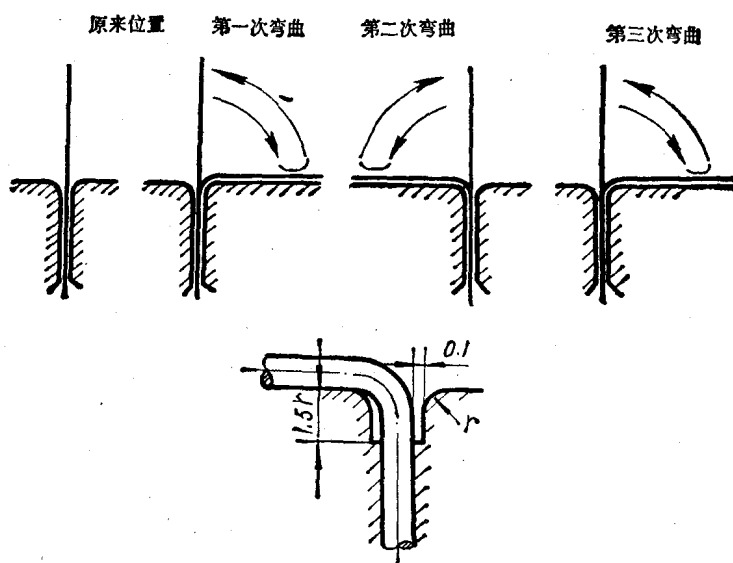


图 1—6 反复弯曲试验