

前 言

《金属材料及热处理》是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》等文件,以及高职高专教育人才培养目标的要求编写而成的,它是工科高等职业技术教育的通用教材。

本书共分十一单元,扼要地介绍了金属学、金属材料及其热处理等方面的基本内容,具体包括金属的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金和碳钢、钢的热处理及表面处理、合金钢、铸铁、有色金属及其合金、粉末冶金、非金属材料、新型材料、机械零件材料及毛坯的选择等方面的内容。为帮助学生加深理解和学用结合,每章都附有练习题。

本书具有以下特点:第一,注重在理论知识、素质、能力、技能等方面能对学生进行全面的培养;第二,注重吸取现有相关教材的优点,充实新知识,新工艺、新技术等内容,简化过多的理论介绍,并采用最新标准;第三,突出职业技术教育特色,做到图解直观形象,尽量联系现场实际;第四,通过教学活动培养学生的工程意识、经济意识、管理意识和环保意识;第五,语言文字叙述精练,通俗易懂,总结归纳提纲挈领。

本书可作为高等本、专科学校、职工高等专科学校机械类专业教材,也可作为电大、中专机械类专业教材,并可供工程技术人员参考。

本书由安阳工学院的田龙和王晓晶担任主编,负责全书的策划、构思和统稿,安阳工学院的王丙军和安阳工学院的师会超担任副主编,其中单元一、二、十一由田龙编写,单元四、九由王晓晶编写,单元五、七、八由王丙军编写,单元三、六、十由师会超编写。

编者在编写过程中,参考借鉴了许多优秀教材,并从中受到教益和启发,在此向作者表示衷心的感谢!在出版过程中也得到了出版社等单位的关心及大力支持,在这里一并表示最诚挚的感谢。由于个人能力和时间有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

单元一 金属的性能	1
1.1 金属的力学性能	2
1.2 金属的物理性能和化学性能	14
1.3 金属的工艺性能	18

单元二 金属的晶体结构与结晶	22
2.1 金属的晶体结构	23
2.2 纯金属的结晶	30
2.3 合金的相结构	34
2.4 合金的结晶	37
2.5 金属铸锭组织	42
2.6 金属的塑性变形与再结晶	44

单元三 铁碳合金和碳钢	51
3.1 铁碳合金相图	52
3.2 典型铁碳合金的平衡结晶过程	57
3.3 碳钢	67

单元四 钢的热处理及表面处理	70
4.1 概述	71
4.2 钢在加热时的转变	72
4.3 钢的冷却转变	77
4.4 钢的退火和正火	82
4.5 钢的淬火	85
4.6 钢的回火	92
4.7 钢的表面热处理	96
4.8 热处理零件的结构工艺性	102
4.9 钢铁的表面处理	104

单元五 合金钢	107
5.1 概述	108
5.2 合金元素在钢中的作用	110
5.3 合金结构钢	117
5.4 合金工具钢	124
5.5 特殊性能钢	132

单元六 铸铁	138
6.1 概述	139
6.2 铸铁的石墨化过程及组织	140
6.3 铸铁的分类	143
6.4 灰口铸铁	144
6.5 球墨铸铁	146
6.6 可锻铸铁	149
6.7 蠕墨铸铁	151
6.8 合金铸铁	152

单元七 有色金属及其合金	154
7.1 概述	155
7.2 铝及铝合金	156
7.3 铜及铜合金	161
7.4 钛及钛合金	165
7.5 滑动轴承合金	167

单元八 粉末冶金	170
8.1 粉末冶金概述	171
8.2 硬质合金	173
8.3 其他常用粉末冶金材料	176

单元九 非金属材料	178
9.1 塑料	179
9.2 橡胶	183
9.3 陶瓷	185
9.4 复合材料	187
单元十 新型材料	191
10.1 纳米材料	192
10.2 非晶态合金	193
10.3 梯度材料	196
10.4 储氢合金	197
10.5 超导材料	198
10.6 形状记忆材料	201
单元十一 机械零件材料及毛坯的选择	203
11.1 机械零件的失效分析	204
11.2 机械零件材料及毛坯的选择	205
11.3 典型零件的选材及工艺分析	207
参考答案	212
参考文献	216

单元一

金属的性能

工程材料是指具有一定性能，在特定条件下能够承担某种功能、被用来制造零件和工具的材料。工程材料按成分可分为四类：金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料，钢铁、陶瓷、塑料和玻璃钢分别为这四种材料的典型代表。其中金属材料是由金属元素或以金属元素为主要材料构成的，并具有金属特性的工程材料。金属材料种类繁多，用途广泛，按化学组成分类，金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。金属材料目前仍占据材料工业的主导地位，从常用材料标准数据中，我们可以发现包括九大约1 200 余种常用材料。为了能更合理地使用金属材料，充分发挥其作用就必须了解各种金属材料的性能。

金属材料的性能是指金属材料在不同条件下表现出来的属性，一般可分为使用性能和工艺性能两大类。材料在不同的外界条件下适用的，如在载荷、温度、介质、电场等作用下将表现出不同的特性，即材料的使用性能。使用性能主要包括力学性能（如强度、塑性、韧性、硬度、疲劳强度等）、物理性能（如密度、熔点、导热性、导电性、磁性、热膨胀性等）和化学性能（如耐蚀性、抗氧化性等）。工艺性能是指材料在加工过程中表现出的性能，包括铸造、锻压、焊接、热处理和切削性能等。

知识要点 >>

- 金属材料的性能包括使用性能和工艺性能；
- 使用性能主要包括力学性能（如强度、塑性、韧性、硬度、疲劳强度等）、物理性能（如密度、熔点、导热性、导电性、磁性、热膨胀性等）和化学性能（如耐蚀性、抗氧化性等）；
- 工艺性能是指材料在加工过程中表现出的性能，包括铸造、锻压、焊接、热处理和切削性能等。

1.1 金属的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料抵抗外力作用的能力，是金属材料最主要的使用性能，包括强度、塑性、硬度、韧性以及疲劳强度等。合理的力学性能指标，为零件的正确设计、合理应用、工艺路线制定提供了主要依据。根据载荷作用性质不同，可将载荷分为静载荷、冲击载荷和交变（循环）载荷等。

- (1) 静载荷。对工件或试样缓慢加载，不随时间而变化的量。
- (2) 冲击载荷。短时间快速增加的载荷。
- (3) 交变载荷。大小、方向或大小和方向随时间发生周期性变化或非周期性变化的载荷。

一、强度

金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力称为强度，金属材料的强度越高，抵抗变形和断裂的能力就越大。根据外力作用方式的不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度和抗剪强度等。材料在常温下的强度指标的是抗拉强度 σ_b 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ （或 σ_s ），单位都是 MPa。屈服强度表示材料抵抗开始产生塑性变形的应力，抗拉强度表示材料抵抗外力而不致断裂的最大应力。对于高碳钢等一些相对脆性的金属材料往往没有明显的屈服平台，国际上规定产生 0.2% 残余应变时所对应的应力值称为屈服强度，记作 $\sigma_{0.2}$ 。材料受到外力作用后发生变形导致材料内部之间相互作用的力称为内力，单位面积上承受的内力大小称为应力，单位是 MPa。计算公式如下：

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

式中： σ ——应力（MPa）；

F ——外力（N）；

S_0 ——横截面积（mm²）。

需要强调的是，通常材料的强度是根据国家标准《金属材料 拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》（GB/T 228.1—2010）的规定进行静拉伸试验测量得到的。

1. 拉伸试验

进行拉伸试验时，先将材料加工成一定形状和尺寸的标准试样，然后在拉伸试验机上将试样夹紧，施加缓慢增加的拉力（载荷），一直到试样被拉断为止。在这个过程中，试验

机能自动绘制出载荷 F 和试样变形量 Δl 的关系曲线，此曲线叫作拉伸曲线。标准圆形拉伸试样如图 1-1 所示，图中 d_0 为试样直径， l_0 为标距长度，即计算试验结果时试样的有效长度。试样有长试样 ($l_0=10d_0$) 和短试样 ($l_0=5d_0$) 之分，一般采用的试样直径 $d_0=10\text{mm}$ 。

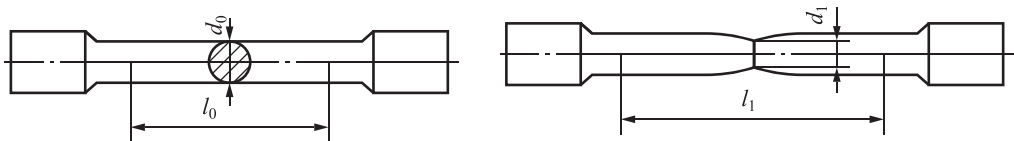


图 1-1 标准圆形拉伸试样

2. 拉伸曲线

以退火低碳钢为例，来研究金属材料在拉伸过程中的变形和断裂。由拉伸试验得退火低碳钢的拉伸曲线，如图 1-2 (a) 所示。由图可见，当载荷小于 F_e 的阶段， O_e 段是一条直线，即试样的伸长量和所施加的载荷呈正比。这时若去掉外来载荷，变形可完全消失，试样恢复原有形状和尺寸，即 O_e 段为弹性阶段，其变形称为弹性变形。当载荷超过 F_e (应力超过 e 点) 后，继续加大载荷，试样进一步伸长，此时若去掉载荷，就会发现绝大部分的变形会恢复，而剩余部分的变形不能恢复，这部分不能恢复的变形即是塑性变形，试样进入了塑性变形阶段。曲线到达 S 点以后，此时载荷为 F_s ，虽载荷不再增大，但试样继续被拉长，变形继续发生，这种现象被称为屈服现象，点 S 为屈服点， ss' 阶段为屈服阶段。屈服现象过后，试样进入了均匀变形阶段，随载荷的继续增大，试样在标距长度上发生大量均匀而显著的塑性变形，在此阶段，因产生加工硬化，欲使试样继续变形必须加大载荷。当载荷到达 F_b 后， bz 阶段称为局部变形阶段，试样在标距长度内发生局部的收缩，即颈缩现象。此时虽然载荷减小，而试样继续变形伸长，此时的变形主要集中在颈缩部位，直至到达 z 点时，试样断裂。整个过程中， b 点是载荷最大点。

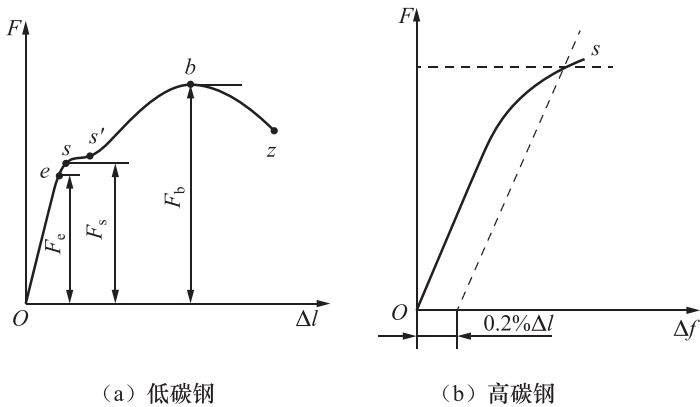


图 1-2 不同材料的拉伸曲线

3. 强度指标

(1) 弹性极限(弹性强度) 弹性极限是材料所能承受的、不产生永久变形的最大应力, 用 σ_e 表示。图 1-2a 中 e 点所对应的应力值就是低碳钢的弹性极限。

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

式中: σ_e ——弹性极限 (MPa);

F_e ——材料在弹性变形内能承受的最大拉力 (N);

S_0 ——试样拉伸前的截面积 (mm^2)。

(2) 屈服极限(屈服点) 材料在拉伸过程中不增大力仍能继续伸长时的应力, 称为屈服点, 用 σ_s 表示, 亦表示材料发生明显塑性变形时的最低应力值。图 1-2(a) 中 s 点对应的应力值就是低碳钢的屈服点。

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

式中: σ_s ——屈服点 (MPa);

F_s ——材料屈服时的拉力 (N);

S_0 ——试样拉伸前的截面积 (mm^2)。

有些金属材料(如铸铁和高碳钢)在拉伸曲线上没有明显的屈服现象, 很难测定其屈服强度 σ_s 。在这种情况下, 为衡量它们的屈服特性, 工程技术上把试样产生 0.2% 残留变形的应力值作为材料的屈服强度, 又称条件屈服强度, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度表示材料抵抗微量塑性变形的能力。机械零件在工作中一般不允许发生塑性变形, 所以屈服点是衡量材料强度的重要力学性能指标, 是设计和选材的主要依据之一。 σ_s 越大, 材料允许的工作应力也就越高。

(3) 强度极限(抗拉强度) 拉伸过程中, 材料在拉断之前所能承受的最大应力, 称为抗拉强度或强度极限, 用 σ_b 表示。图 1-2(a) 中 b 点对应的应力值就是低碳钢的抗拉强度。

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

式中: σ_b ——抗拉强度 (MPa);

F_b ——试样拉断前的最大载荷 (N);

S_0 ——试样拉伸前的截面积 (mm^2)。

抗拉强度代表材料抵抗拉断的能力, 抗拉强度值越大, 表示材料抗拉能力越强。材料不可能在接近抗拉强度的应力状态下工作, 因为在这样大的应力下, 材料已经产生了大量的塑性变形, 但从保证零件不产生断裂的安全角度出发, 同时考虑抗拉强度测量简便, 测得的数据比较准确(特别是脆性材料), 所以有许多设计中直接用抗拉强度作为设计依据, 但要采用更大的安全系数。若应力大于抗拉强度, 则会发生断裂而造成事故。强度极限

是设计和选材的主要依据, 也是衡量材料性能的主要指标。工程上还通过计算屈强比 $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$,

即屈服点与抗拉强度的比值来判别材料强度的利用率，屈强比高，材料性能使用效率高，一般材料的屈强比以 0.75 为宜。

(4) 弹性模量(刚度) 材料在受力时，抵抗弹性变形的能力称为刚度，它表示材料弹性变形的难易程度。材料刚度的大小，一般用弹性模量 E 和切变模量 G 来评价。

材料在弹性范围内，内应力 σ 与应变 ε (单位长度的伸长量 $\varepsilon=\Delta L / L$) 的关系服从胡克定律，即

$$\sigma=E\varepsilon \text{ 或 } \tau=G\gamma$$

式中： σ 和 τ ——正应力和切应力；
 ε 和 γ ——正应变和切应变。

由 $E=\sigma/\varepsilon$ 或 $G=\tau/\gamma$ ，相应为弹性模量和切变模量。 E 和 G 是表示材料抵抗弹性变形能力和衡量材料“刚度”的指标。弹性模量 E 值越大，材料的刚度越大，材料抵抗弹性变形的能力越大，即具有特定外形尺寸的零件或构件保持其原有形状与尺寸的能力越大。

绝大多数的机械零件都是在弹性状态下进行工作的，对其刚度都有一定的要求。提高零件刚度的办法除改变零件的截面尺寸或结构外，从金属材料性能上考虑，就必须增加其弹性模量 E 。弹性模量的大小，主要取决于材料的本性。在设计零件时，如果要求零件刚度大时，应选用具有较高弹性模量的材料。一般来说，钢铁材料的弹性模量较大，所以对要求刚度大的零件，通常选用钢铁材料。

常用金属材料的弹性模量见表 1-1。

表 1-1 常用金属材料的弹性模量

金属材料名称	弹性模量 E/MPa	切变模量 G/MPa
铁	214 000	84 000
镍	210 000	84 000
钛	118 010	44 670
铝	72 000	27 000
铜	132 400	49 270

二、塑性

固体金属在外力作用下能稳定地产生永久变形而不破坏其完整性的能力就被称为塑性。塑性的好坏或大小，用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来衡量。伸长率和断面收缩率越高，表明金属材料的塑性越好，它们也都是由拉伸实验测得的。

1. 伸长率

试样拉断后标距的伸长量与试样原始标距比值的百分率称为伸长率，计算方法如下：

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

式中： δ ——伸长率(%)；
 l_0 ——试样原始长度(mm)；
 l_1 ——试样拉伸后的标距长度(mm)。

应当指出,伸长率的大小与试样的尺寸有关。为了方便进行比较,须将试样标准化。在材料手册中,常可以看到 δ_5 和 δ_{10} 两种符号,它分别表示用 $l_0=5d$ 和 $l_0=10d$ (d 为试样的直径)两种不同长度试样测定的伸长率。 l_1 是试样的均匀伸长和产生细颈后伸长的总和,相对来说,短试样中细颈的伸长量所占的比例大。故同一材料所测得的 δ_5 和 δ_{10} 不同的,例如钢材的 δ_5 大约为 δ_{10} 的1.2倍。

2. 断面收缩率

断面收缩率以试样拉断以后,断面缩小的面积与原始截面面积比值的百分率 ψ :

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

式中: ψ ——断面收缩率(%);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2);

S_1 ——试样拉断处截面积(mm^2)。

断面收缩率的大小与试样的尺寸无关。它不是一个表征材料固有性能的指标,但它对材料的组织变化比较敏感,尤其是对材料的缺口比较敏感。

金属材料的伸长率和断面收缩率数值越大,表示材料的塑性越好。塑性好的金属材料可以发生大量的塑性变形而不被破坏,便于通过塑性变形加工形状复杂的零件易于冲压、拉伸、冷弯、成形等。在设计零件时,往往要求材料具有一定的塑性,零件使用过程中偶然过载时,由于能发生一定的塑性变形而不至突然破坏。

金属材料塑性的好坏可根据断裂后的断口外形进行大致判断。在静拉伸力作用下,若试样断面平齐且有金属光泽,没有径缩,断口呈瓷状,则该材料塑性差,脆性高;反之,若断口呈纤维状,灰色无金属光泽,有明显径缩,则材料塑性好。

人们时常把金属的塑性与柔软性混淆起来,其实它们是有严格区分的两种概念。前者是指金属的流动性能,指是否易于变形而言;后者则是指金属抵抗变形的能力,是指变形量的大小而言,即塑性好的金属不一定易于变形,因此变形抗力不一样。例如铜虽然塑性很好,却不能像铅那样易于变形,这是因为铜的变形抗力较高,而铅的柔软性,并非指它的塑性好,而是指它的变形抗力很小。虽然所有的金属在高温下变形抗力都很小,可以说具有很好的柔软性,但绝对不能说它们就必然有良好的塑性。因为温度过高往往使其产生过热或过烧,在变形时,就容易产生裂纹,即塑性变形。可见,金属的塑性与柔软性是完全不同的概念。

三、硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的一种性能指标,也是指金属材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度不是金属独立的基本性能,而是反映材料弹性、强度与塑性的综合性能指标。硬度与耐磨性具有直接关系,硬度越高,耐磨性越好。机械制造中所用的刀具、量具、模具要保证使用性能和寿命,都应具有足够的硬度。硬度是材料

的一个重要指标, 试验方法简便、迅速、不需要破坏试样, 设备也比较简单, 而且对大多数金属材料, 可以从硬度值估算出它的抗拉强度, 因此在设计图样的技术条件中大多规定材料的硬度值, 检验材料或工艺是否合格有时也需要采用硬度指标。因此, 硬度试验在生产中广泛应用于检查金属材料的性能、热加工工艺的质量或研究金属组织结构的变化。

硬度试验方法大体上分为弹性回跳法(如肖氏硬度)、压入法(如布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等)和划痕法(如莫氏硬度)三类。硬度的物理意义随试验方法不同而不同。如划痕法硬度值主要表征金属切断强度, 回跳法硬度值主要表征金属弹性变形功的大小, 压入法硬度值则表征金属塑性变形抗力及应变硬化能力。以下我们主要介绍压入法, 由于压头、载荷以及载荷持续时间的不同, 常用的压入法有布氏硬度法、洛氏硬度法和维氏硬度法。

1. 布氏硬度法

布氏硬度法是用一直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球, 以相应的试验力压入试样表面, 经规定的保持时间后, 卸除试验力, 测量试样表面的压痕直径 d , 然后根据压痕直径 d 计算其硬度值的方法, 用 HB 表示, 原理如图 1-3 所示。布氏硬度用 HBS 或 HBW 表示。HBS 表示压头为淬硬钢球, 用于测定布氏硬度值在 450 以下的材料, 如软钢、灰铸铁和有色金属等; HBW 表示压头为硬质合金, 用于测定布氏硬度值在 650 以下的材料。

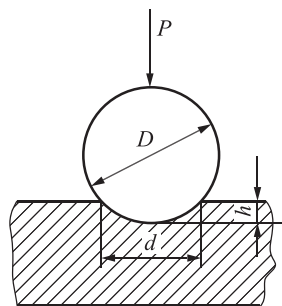


图 1-3 布氏硬度实验示意图

布氏硬度值计算方法如下:

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

式中: HBS (HBW) ——用钢球 (硬质合金) 试验时的布氏硬度值;

P ——试验力 (N);

D ——球体直径 (mm);

d ——压痕平均直径 (mm)。

布氏硬度虽有单位, 但实际使用时只标明硬度数值, 而不标明单位。实际测试中, 布氏硬度一般不计算, 而是用专用的读数显微镜量出压痕直径 d , 根据压痕直径和施加的压力, 从专门的硬度表中查出布氏硬度值。

布氏硬度的标注方法是, 测定的硬度值应标注在硬度符号的前面。除了保持时间为 10~15s 的试验条件外, 在其他条件下测得的硬度值, 均应在硬度符号的后面用相应的数字注明压头直径、试验力大小和试验力保持时间 (10~15s, 不标明)。例如: 150HBW10/1 000/20 表示用直径 10mm 的硬质合金球, 在 9807N (1 000kgf) 的试验力作用下, 保持 20s 时测得的布氏硬度值为 150。500HBW5/750 表示用直径 5mm 的硬质合金球, 在 7 355N (750kgf) 的试验载荷作用下, 保持 10~15s 时测得的布氏硬度值为 500。

布氏硬度试验时，压头球体的直径 D 、试验载荷 P 及载荷保持的时间 t ，应根据被试金属材料的种类、硬度值的范围及厚度进行选择。常用的压头直径 1、2、2.5、5 和 10mm 五种。试验载荷可从 9.807N (1kgf) ~ 29.42kN (3 000kgf) 范围内改变。载荷保持的时间，一般黑色金属为 10~15s，有色金属为 30s，布氏硬度值小于 35 时为 60s。

布氏硬度的优点是其硬度代表性好，由于通常采用的 10mm 直径球压头，3 000kg 试验力，其压痕面积大，能反映金属在较大范围内各组成相综合影响的平均值，而不受个别组成相及微小不均匀性的影响，即测量误差小，试验数据稳定，重复性强。因此特别适用于测定灰铸铁、轴承合金和具有粗大晶粒的金属材料，还可用于有色金属和软钢。其缺点是压痕较大，易损坏成品表面和不能测量较薄的试样，由于压痕边缘的凸起、凹陷或圆滑过渡都会使压痕直径的测量产生较大的误差，成品检验有困难，因此，不宜在成品上进行试验。在测试不同材料时，需要更换压头直径和改变试验力，而且压痕直径的测量也比较麻烦，用于自动检测时受限制。

布氏硬度和强度有一定的内在联系，因为硬度大小取决于材料的抗塑性变形能力，而材料强度越高，其抗塑性变形能力就越强，同时硬度也越高。布氏硬度测量的数据比较准确，可以根据布氏硬度近似地估算出金属材料的强度极限，其经验换算关系为：

灰铸铁 $\sigma_b \approx 0.1\text{HBS}$ ；调质合金钢 $\sigma_b \approx 0.325\text{HBS}$ ；高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34\text{HBS}$ ；低碳钢 $\sigma_b \approx 0.36\text{HBS}$

2. 洛氏硬度法

当 $\text{HB} > 450$ 或试样过小时，不能采用布氏硬度试验而改用洛氏硬度计量。洛氏硬度原理和布氏硬度原理相似，以压痕塑性变形深度来确定硬度指标，原理如图 1-4 所示。将顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球压入试样表面，经规定保持时间后卸除载荷，通过测量残余压痕深度增量来计算硬度。如果直接压痕深度来计量指标，则会出现材料越硬，压痕深度越小，硬度读数越小的状况，这与通常习惯的表示方法相矛盾。因此，洛氏硬度采用某个选定的常数 K 减去压痕深度值 h ，并规定压痕深度 0.002mm 为 1° ，则洛氏硬度的计算公式如下：

$$\text{HR} = K - e$$

式中：HR——洛氏硬度值；

K ——常数，用金刚石压头进行试验时 K 为 100，用钢球压头时 K 为 130；

e ——残余压痕深度。

洛氏硬度的数值可直接从硬度计上的刻度盘上读出。

由洛氏硬度的计算公式可知，刻度盘上的数值越大，说明压痕越浅，材料硬度越高；刻度盘上数值越小，说明压痕越深，材料硬度越低。

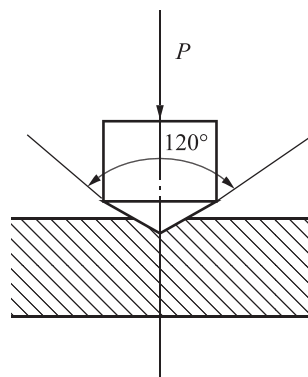


图 1-4 洛氏硬度试验示意图

测量较硬的材料，如淬火后的钢件和硬质合金时用金刚石压头；测量退火钢、有色金属、铜合金等相对较软的金属时，采用淬火钢球压头。

根据压头种类和所加载荷的不同，分为 9 个标尺，常用的标尺为 A、B、C，这三种标尺测得的洛氏硬度分别为 HRA、HRB 和 HRC，如表 1-2 所示。应用最多的是 HRC。用不同标尺测得的硬度值彼此没有联系，不能直接比较。

表 1-2 常用的三种洛氏硬度试验范围

符号	压头	总负荷 /N	硬度值有效范围	使用范围
HRA	120° 金刚石圆锥	588	60~85	测量硬质合金，表面淬硬层或渗碳层
HRB	1. 588mm 钢球	980	25~100	测量有色金属或退火、正火钢等
HRC	120° 金刚石圆锥	1 470	20~67	测量调质钢、淬火钢等

洛氏硬度表示方法是在硬度符号前注明硬度数值，如 46HRC，表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 46，75HRA 表示用 A 标尺测定的洛氏硬度值为 75。

洛氏硬度操作简便、迅速、硬度可直接读出、压痕小，不损伤工件表面，采用不同标尺可以测量从较软到较硬的或厚度较薄的、面积较小的材料的硬度，故洛氏硬度广泛应用于工厂热处理车间的质量检索。洛氏硬度的缺点是压痕较小，代表性差。若材料中有偏析及组织不均匀等缺陷，则所测硬度值重复性差，分散度大，故一般在被测试样的不同部位测量三点及以上，取平均值。

3. 维氏硬度法

维氏硬度原理和布氏硬度相同，根据压痕单位面积上所承受的载荷大小来测量硬度值，不同的是维氏硬度采用锥面夹角 136° 的金刚石四棱锥体作为压头，如图 1- 5 所示。压头在试验力 F 作用下将试样表面压出一个四方锥形的压痕，经一定保持时间后卸除试验力，

测量压痕对角线平均长度 d ， $d=\frac{d_1+d_2}{2}$ ，进而可以计算压痕面积 $S(\text{mm}^2)$ ，试验力 F 除以压痕表面积 S 所得的商，即为维氏硬度值。维氏硬度用符号 HV 表示，计算公式如下：

$$HV=\frac{F}{S}=\frac{2F\sin68^{\circ}}{d^2}=1.8544\frac{F}{d^2}$$

- 式中： F ——载荷 (N)；
 S ——压痕的表面积 (mm^2)；
 d ——压痕两对角线的算术平均长度 (mm)。

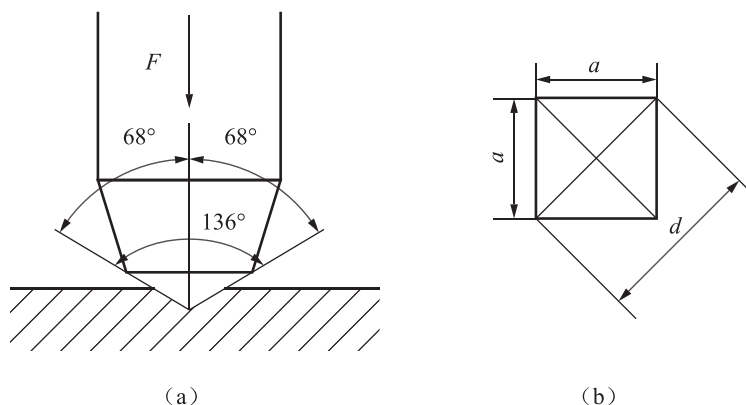


图 1-5 维氏硬度实验示意图

由上述计算公式可知，根据测得的 d 和 F ，即可得到 HV 值。但在实际应用中，维氏硬度一般不计算出，只需要根据 d 值查维氏硬度表即可求出硬度值。

维氏硬度试验常用试验力范围为：49.03~980.7N，如果维氏硬度试验时选用的试验力较小，达到 0.098~1.961N，则可测定金属箔、极薄的表面层的硬度以及合金中各种组成相的硬度。因为压痕尺寸较小，为了提高测量精度，需要配用显微放大装置，这就是显微维氏硬度（显微硬度）。

维氏硬度表示方法与布氏相同，维氏硬度符号 HV 前的数字为硬度值，后面的数字按顺序分别表示载荷值及载荷保持时间，如 640HV30/20，表示在实验压力 30kgf 持压 20s 的情况下测得的维氏硬度值为 640。

维氏硬度值具有连续性（10~1 000HV），可测硬度范围很大，但金刚石压头价格高，一般不用于普通件的硬度测量。维氏硬度保留了布氏硬度和洛氏硬度的优点，即可测量由极软到极硬的材料硬度，又能相互比较。可测量大块材料、表面硬化层及经化学热处理的表面层（如渗氮层）的硬度。维氏硬度的缺点是硬度值需要通过测量压痕对角线长度后才能进行计算或查表，工作效率比洛氏硬度法低得多，不如洛氏法简便。

上述各种硬度测量法，相互间没有理论换算关系，故试验结果不能直接进行比较，应查阅硬度换算表进行比较。

四、韧性

实际生产中，许多零件会受到冲击力作用，如活塞销、冲模等，此时不能再用静载荷下的性能来描述冲击载荷作用下的性能。故对工作受冲击载荷的构件应考虑其韧性，而冲击韧性是衡量金属韧性的常用判据。

金属材料抵抗冲击载荷（动载荷）作用而不被破坏的能力称为冲击韧性，其大小用冲击韧度来表示，用符号 α_k 表示，单位为 J/cm^2 ，可用一次冲击试验法来测定如图 1-6。

试验时首先把被测材料制成图 1-7 所示的试样，放在冲击试验机的支架上，试样缺口背向摆锤冲击方向。将一定质量 G 的摆锤升到一定高度 H 后自由落下，冲断试样后，

摆锤上升高度为 h 。故试样折断时所吸收的功为

$$A_k = G(H - h)$$

式中： A_k ——冲击吸收功 (J)；

G ——摆锤的重力 (N)， $G = mg$ ；

H ——摆锤举起高度 (m)；

h ——摆锤冲击试样后回升高度 (m)。

α_k 值表示材料冲击韧度的高低，习惯上用冲击韧度值 α_k 来表示材料的冲击韧性，冲击韧度值的计算公式为

$$\alpha_k = \frac{A_k}{S}$$

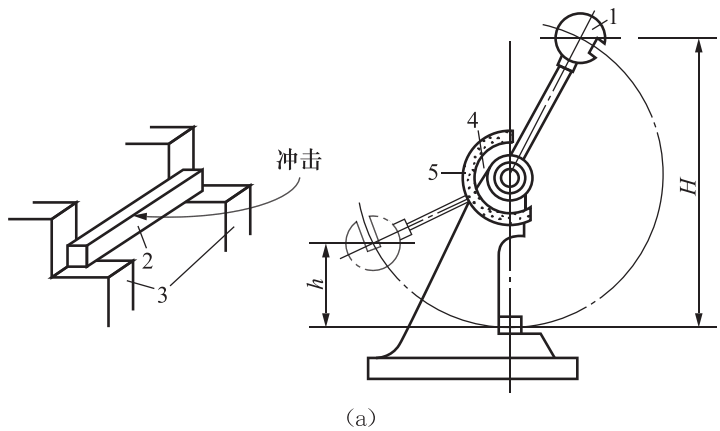


图 1-6 冲击试验示意图

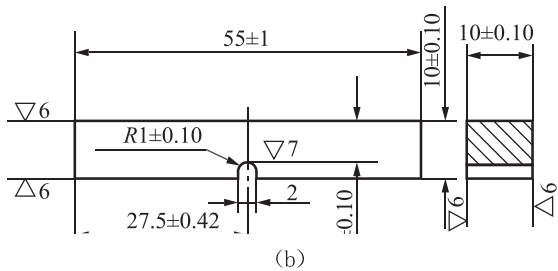


图 1-7 冲击韧性标准试样

一般来说，将 α_k 值低的材料称为脆性材料， α_k 值高的材料称为韧性材料（塑性材料）。

长期的生产实践证明， A_k 、 α_k 是评定金属材料力学性能的重要依据， A_k 、 α_k 对组织缺陷非常敏感，能灵敏地反映出材料的质量、宏观缺口和微观组织的差异，能有效地检验金属材料在冶炼、加工、热处理工艺等方面的质量。此外，材料的韧性还和温度有关，脆性转变温度越低的材料，低温下承受冲击的能力就越强。同时，冲击韧度值还受试样的尺

寸、形状、表面粗糙度、内部组织的影响。因此，冲击韧度值一般只作为选择材料的参考。

实际工作中，零件的破坏是多次能量冲击导致的，实验表明：材料的多次冲击抗力由强度和塑性综合性能决定。对于承受多次冲击的零件，如果冲击能量低、冲击次数较多时，材料多冲抗力主要取决于材料的强度；如果冲击能量较高时，材料的多冲抗力主要取决于材料的韧性。

五、疲劳强度

许多机械零件，如轴、齿轮、弹簧等，工作时的应力往往是随时间周期性变化的，这种应力称为交变应力。日常生活和生产中，许多零件工作时承受的应力值通常低于制作材料的屈服点或规定残余伸长应力，在多次交变应力作用下，经过一定时间的工作后，零件会发生突然断裂，这种现象叫作金属的疲劳。不论是韧性材料还是脆性材料，疲劳破坏总是发生在多次的循环应力作用下，在零件的疲劳源（如裂纹、夹杂、刀痕等缺陷）处产生疲劳裂纹，并不断展开，最终导致突然性的脆性断裂（事先无明显的塑性变形征兆），具有很大的危险性，易造成重大事故，故设计时应充分考虑材料的疲劳断裂。据统计，在机械零件失效中大约 60%~70% 属于疲劳破坏。

金属材料抗疲劳的能力用疲劳强度 σ_{-1} 来表示。疲劳强度是指材料在无限多次交变应力作用下，不发生破坏的最大应力。实际上不可能做无限次交变载荷试验，一般规定黑色金属取 $10^6 \sim 10^7$ 次，有色金属取 $10^7 \sim 10^8$ 次。

为了提高金属零件的疲劳强度，除改善其结构形状、避免应力集中外，降低零件表面的粗糙度，可减少缺口效应，提高疲劳强度；对零件表面进行强化处理，如高频淬火、表面形变强化（喷丸、滚压、内孔挤压等）、化学热处理（渗碳、渗氮、碳-氮共渗）以及各种表面复合强化工艺等，都可以改变零件表层的残余应力状态，从而使零件的疲劳强度提高。

六、蠕变

金属材料在高温环境下的力学性能与室温状态下的不同，必须考虑温度和时间两个因素。在高温状态下，原子热振动加剧，原子间的结合力下降导致材料的硬度降低，金属在长时间受力下，会随着时间的延长缓慢地产生塑性变形，最后零件甚至破坏断裂。金属材料的这种在长期固定载荷作用下，即使载荷在屈服点以下，金属也会产生塑性变形的现象称为蠕变。蠕变是高温下金属力学行为的一个重要特点。

各种材料的蠕变情况与强度有关，比如铝合金发生蠕变时的温度为 $100 \sim 200^\circ\text{C}$ ，而钢材要到 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 以上才会发生蠕变。为保证在高温长时载荷作用下的机件不至产生过量蠕变，要求金属材料具有一定的蠕变极限，材料的蠕变极限值越大，材料的使用可靠度就越高。温度越高或蠕变速度越小，蠕变极限就越小。

高温材料在高温长时载荷作用下的断裂强度即持久强度极限。该值是指在规定的温度 t 下，达到规定的持续时间 τ 而不发生断裂的最大应力，以表示。例如某材料在 800°C 承受 500N/mm^2 的应力值在 $1\,000\text{h}$ 后才断裂，就说这种材料在 800°C 、 $1\,000\text{h}$ 的持久强度为 500N/mm^2 ，用 500N/mm^2 表示。

1.2

金属的物理性能和化学性能

一、物理性能

金属的物理性能是指金属在重力、电磁场、热力（温度）等物理因素作用下，所表现出的性能或固有的属性，包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。

1. 密度

物质单位体积内所具有的质量称为密度（体积质量），其计算公式为

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中： ρ ——密度，(g/cm³)；
 m ——物质的质量 (kg)；
 V ——物质的体积 (m³)。

表 1-3 常用金属的密度

金属名称	密度 (g/cm ³)	金属名称	密度 (g/cm ³)	金属名称	密度 (g/cm ³)
镁	1.74	铜	8.96	灰铸铁	6.8~7.4
铝	2.7	银	10.49	碳钢	7.8~7.9
锌	7.13	铅	11.34	青铜	7.4~9.2
锡	7.3	金	19.32	黄铜	8.5~8.6
铁	7.87	镁合金	1.75~1.85	铝合金	2.55~3

密度是金属材料的重要物理性能。常用金属材料的密度见表 1-3。一般将密度大于 5g/cm³ 的金属称为重金属，如铁、铜；密度小于 5g/cm³ 的金属称为轻金属，如铝、镁。

金属材料的密度，直接关系到由它所制造设备的自重和效能。对于运动构件，材料的密度越小，消耗的能量越少，效率越高。金属材料的密度对选材具有重要的意义，比如，采用高强度的钛合金和铝镁合金代替钢材，可以减轻飞机自重，提高载重能力，同时降低油耗。此外，还可以计算大型零件质量，鉴别金属或检测金属铸件内部的致密度等。

2. 熔点

金属和合金从固态向液态转变时的温度称为熔点。各种纯金属的熔点都是固定的；合金的熔点则因为化学成分的不同而不同，大多数是在一温度范围内进行的。例如，钢和生铁都是由铁和碳组成的，但由于含碳量不同，其熔点并不同。根据熔点高低，金属分为难熔金属（如钨、钒、铬）和易熔金属（如锡、铅）。常用金属的熔点见表 1-4。

熔点对于金属和合金的冶炼、铸造、焊接来说是重要的工艺参数。如高熔点的钨、钼可以用来制造耐高温的电炉加热元件、电灯丝等，它们在火箭、导弹、燃气轮机和喷气飞机等方面得到广泛应用。

表 1-4 常用金属的熔点

金属名称	熔点 (℃)	金属名称	熔点 (℃)	金属名称	熔点 (℃)
银	960.8	铁	1 538	钼	2 625
铝	660.1	镁	650	镍	1 453
铜	1 083	锡	231.91	铅	327
铬	1 903	钨	3 380	钛	1 677

3. 热膨胀性

大部分固体材料在加热时都会发生膨胀，金属材料随着温度变化而膨胀、收缩的性能称为金属的热膨胀性，热膨胀性可以用线膨胀系数和体膨胀系数表示，体膨胀系数近似是线膨胀系数的 3 倍。热膨胀大小一般用线膨胀系数表示，计算公式为

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 \Delta t}$$

式中： α ——线膨胀系数 (1/℃)；
 L_1 ——膨胀前长度 (m)；
 L_2 ——膨胀后长度 (m)；
 Δt ——升高的温度 (℃)。

在相同的温度条件下，不同金属的膨胀程度却不相同。对于特别精密的仪器，应选择热膨胀系数低的材料。

实际工作中，很多地方都要考虑热膨胀性，例如，焊接异种金属时要考虑两种金属的线膨胀系数是否接近，否则金属构件会变形；轴与轴瓦之间要留有合适的间隙，防止轴热膨胀后和轴瓦卡死；测量零件时，要保持在室温，甚至要恒温；在材料热加工和热处理过程中更要考虑热膨胀行为，如果表面和内部热膨胀不一致，就会产生内应力，导致材料变形或开裂。

4. 导热性

金属传导热量的性能称为导热性，表现为金属在加热和冷却时传递热量的能力。金属导热能力的大小常用热导率表示，热导率越大，说明金属的导热性越好。热导率是指在单位温度梯度下，单位时间内通过垂直于热流方向单位面积上的热流量。金属材料都是热的良导体，导热能力远大于非金属材料。纯金属导热性优于合金，而且纯度越高，导热性越好。金属中银和铜的导热性最好，铁的导热性较差。

导热性是金属材料重要性能之一，是热处理和热加工工艺经常要考虑的一重要因素。例如，热处理时，导热性的好坏直接决定着加热时间的长短。淬火处理时，若材料的导热性越差，在加热和冷却时表面和内部的温差越大，内应力越大，越容易发生变形和开裂。

5. 导电性

金属能传导电流的性能称为导电性。常用导电率 γ 和电阻率 ρ 来衡量金属的导电性, $\gamma=1/\rho$ 。电阻率 ρ 是指长为 1m、横截面积为 1mm^2 的物体, 在一定温度下所具有的电阻数, 单位是 $\Omega\cdot\text{m}$ 。电阻率 ρ 越小, 材料的导电性就越好, 通过电流时电能损失越小; 反之损失电流越大。

导电性和导热性一样, 是随着合金化学成分的复杂化而降低的, 因此, 纯金属的导电性比合金好。银是所有金属中导电性最好的金属, 其次是铜和铝。考虑到成本和安全性, 常采用铜或铝作为导电材料。而导电性差的金属则可作为电热元件的材料, 如镍铬合金等。

金属具有正的电阻温度系数, 即随温度的升高, 电阻增大。含有杂质或受到冷变形会导致金属的电阻上升。

6. 磁性

金属在磁场中被磁化而呈现磁性的性能称为磁性, 通常用磁导率 μ (H/m) 表示。在众多金属中, 铁及其合金 (包括钢和铸铁) 具有明显磁性, 在外加磁场中, 能被强烈磁化, 钴、镍也具有磁性, 但相对弱得多, 这类材料称为铁磁性材料。另外有在外加磁场的作用下, 呈现十分微弱的磁性的材料, 如锰、铬、钼等, 称为顺磁性材料。还有能够抵抗或减弱外加磁场磁化作用的金属材料, 称为抗磁性材料。磁性材料是制造变压器、电动机以及仪表组件的材料, 有软磁材料和硬磁材料之分。软磁材料指易于磁化并可反复磁化的材料, 但当外磁场去除后磁性随之消失; 硬磁材料指经磁化后, 当外磁场去除后仍保留磁性, 并具有高的剩磁和矫顽力。抗磁性材料则可用作要求避免电磁场干扰的零件和结构材料。

二、化学性能

金属材料在机械制造中, 不但要满足力学性能、物理性能的要求, 同时也要求具有一定的化学性能, 尤其是要求耐腐蚀、耐高温的机械零件, 更应重视金属材料的化学性能。

金属的化学性能是指金属在室温或高温时, 抵抗各种化学介质作用所表现出来的性能, 通常包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水及其他化学物质腐蚀破坏的能力称为耐腐蚀性。金属的腐蚀既造成表面金属光泽的缺失和材料的损失, 也造成一些隐蔽性和突发性的事故。在金属材料中, 碳钢、铸铁的耐腐蚀性较差, 而不锈钢、铝合金、铜合金、钛及其合金的耐腐蚀性较好。铬镍不锈钢可以耐含氧酸的腐蚀; 铜及铜合金、铝及铝合金能耐大气的腐蚀。

对金属材料而言, 其腐蚀形式主要有两种: 一种是化学腐蚀, 另一种是电化学腐蚀。化学腐蚀是金属直接与周围介质发生纯化学作用, 例如, 钢的氧化反应。电化学腐蚀是金属在酸、碱、盐等电介质溶液中由于原电池的作用而引起的腐蚀。提高材料的耐腐蚀性的

方法很多，如均匀化处理、表面处理等都可以提高材料的耐腐蚀性。

2. 抗氧化性

金属材料在高温条件下抗空气、水蒸气、燃气等氧化的能力称为抗氧化性。在高温下金属材料极易与氧结合，形成氧化皮，不仅造成金属的损耗和浪费，也会形成各种缺陷，因此高温下使用的工件，除要求材料具有高温抗氧化的能力外，还应该采取有效的措施，避免金属材料发生氧化，如在金属材料表面覆盖保护层、保持金属材料表面的洁净和干燥等。材料中的耐热钢、高温合金、钛合金等都具有好的高温抗氧化性。

3. 化学稳定

耐腐蚀性和抗氧化性统称为材料的化学稳定性。高温下的化学稳定性称为热化学稳定性。在高温下工作的设备或零部件，如锅炉、汽轮机和飞机发动机等应选择热化学稳定性高的材料来制造。

1.3 金属的工艺性能

金属材料的工艺性能是指在选用金属材料制造机械零件的过程中，采用某种加工方法的难易程度，加工方法包括液态成型（铸造）、塑性加工（冷热塑性加工）、焊接、切削加工和热处理等方法。金属的工艺性能主要有铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。金属工艺性能的好坏影响零件加工后的质量、生产效率和加工成本。

一、铸造性能

将液体金属浇注入与零件几何形状相适应的铸形空腔中，待冷却凝固后，获得零件或毛坯的工艺方法称为铸造。铸造是获得零件毛坯的主要方法之一。金属的铸造性能是指铸造成形过程中，金属材料具有的成型性能，包括充型能力、流动性、收缩性、偏析性、氧化性、吸气性等。若金属材料易氧化、吸气、流动性差，收缩大和偏析严重，就很难铸出合格的铸件。在金属材料中，灰铸铁和青铜的铸造性能较好。

1. 流动性

液体金属充满铸型的能力称流动性。流动性好的金属，浇注时金属液容易充满铸型的型腔，能获得轮廓清晰、尺寸精确、薄而形状复杂的铸件，还有利于金属液中夹杂物和气体的上浮排除。相反，金属的流动性差，则铸件易出现冷隔、浇不足、气孔、夹渣等缺陷。影响金属流动性的因素很多，主要有金属材料的化学成分、浇注温度和铸型工艺等。铸铁中的磷能提高流动性，而硫则降低流动性。铸型越复杂，型腔狭窄的部分越多，对液体金属流动的阻力就越大。温度越高，流动性越好，然而铸型材料导热性越好，金属液体的温度下降得越快，就会使合金流动性变差。

2. 收缩性

铸造金属从液态凝固到冷却至室温的过程中体积和尺寸的收缩程度称为收缩性。当液体合金的体积收缩很大时，在铸件上容易产生缩孔，因此，要设置冒口进行补缩。当固体收缩很大，同时又受到阻碍时，会产生内应力，致使铸件变形，甚至开裂等缺陷。此外，收缩性影响金属材料焊接质量，收缩性小的金属焊接质量好。影响收缩性的因素很多，主要有金属材料的化学成分、浇注温度和铸型工艺等。常用金属中灰铸铁与锡青铜的收缩率较小，而铸钢和黄铜具有较大的收缩率。

3. 偏析

金属凝固后，铸件各个不同部位的化学成分并不均匀，这种现象称为偏析。偏析会严重影响铸件的力学性能和物理性能，使铸件各个部分的强度、塑性不同，影响铸件质量，尤其是大尺寸铸件。产生偏析的原因有：合金凝固温度范围大、浇注温度高、浇注和冷却速度快。

4. 吸气性和氧化性

铸造金属在熔化时不可避免的吸收大量气体的能力称为吸气性。如果吸收的气体多，而在冷却凝固时来不及排出去，铸件中便会形成气孔。

铸造金属液体在与氧气接触时容易被氧化，所形成的氧化物不易被清除，铸件便会有夹渣的缺陷。

影响吸气性和氧化性的主要因素是金属的种类，如铅的吸气性大，而镁的氧化性很严重。

二、塑性加工性能

塑性加工是指金属毛坯在外力作用下产生塑性变形，使其改变形状、尺寸和改善性能，获得型材、棒材、板材、线材或锻压件的加工方法。塑性加工方法有锻造、轧制、挤压、拉拔、冲压等。金属塑性加工分冷热塑性加工：冷塑性加工是指再结晶温度以下的塑性变形，而热塑性加工是指再结晶温度以上的塑性变形。金属在塑性加工时塑性成形的难易程度称为塑性加工性能。

金属的塑性加工性能主要决定于塑性和变形抗力。塑性越好，变形抗力越小，金属的塑性加工性能就越好。低的塑性变形抗力使设备耗能少，优良的塑性使产品获得准确的外形而不遭破裂。一般纯金属的塑性加工性能良好，含合金元素和杂质愈多，塑性加工性能愈差。低碳钢的塑性加工性能优于高碳钢，黄铜和铝合金的塑性加工性能比钢好，而铸铁则不能进行塑性加工。

三、焊接性能

金属材料的焊接性，是指被焊接金属在采用一定的焊接工艺方法、焊接材料、工艺参数及结构型式的条件下，获得优质焊接接头的难易程度。同一种金属材料，采用不同的焊接方法或焊接材料，其焊接性可能会有很大的不同。

金属的焊接性能包括两方面内容：其一是工艺焊接性，即在一定的焊接工艺条件下，能否获得优质、无缺陷的焊接接头的能力；其二是使用焊接性，即焊接接头或整体结构满足技术要求所规定的各种使用性能的程度。

焊接的好坏与材料的化学成分和采用的工艺有关。钢的焊接性主要取决于钢中的化学成分，尤其是碳的含量。把钢中合金元素（包括碳）的含量按其作用换算成碳的相当含量

称碳当量，用符号 w_{CE} 表示，碳钢和低合金结构钢常用碳当量来评定它的焊接性。国际焊接学会使用的计算公式为

$$w_{\text{CE}} = w_{\text{C}} + \frac{w_{\text{Mn}}}{6} + \frac{w_{\text{Cr}} + w_{\text{Mo}} + w_{\text{V}}}{5} + \frac{w_{\text{Ni}} + w_{\text{C}}}{15}$$

碳当量越高，钢的焊接性越差。当 $\text{CE} < 0.4\%$ 时，焊接性良好，淬硬倾向不明显，可焊性优良，焊接时一般不需要预热； $\text{CE} = 0.4\% \sim 0.6\%$ 时，焊接性较差，钢材塑性下降，淬硬倾向明显，可焊性较差，焊接时需要采用适当的预热和一定的工艺措施； $\text{CE} > 0.6\%$ 时，焊接性差，焊接时需要较高的预热温度和采取严格的工艺措施。如低碳钢和低碳的合金钢焊接性能良好，焊接质量容易保证；高碳钢和铸铁焊接性能差，焊接时需采用预热或气体保护，焊接工艺复杂，主要用来补焊机件。

四、切削加工性能

切削加工是指通过去除材料的方法获得所需形状、尺寸和精度的零件，包括车削、铣削、钻削、刨削、磨削等方法。金属材料的切削加工性能的好坏影响其加工的难易程度。金属材料受各种切削加工的难易程度称为切削加工性能。切削加工性能好的金属材料，刀具磨损小、切削速度快、加工表面粗糙度低。

影响切削加工性能的因素繁多，有化学成分、硬度、韧性、导热性、组织等，因此评价切削加工性能较复杂。一般认为主要因素是材料的硬度和组织状况，有利于切削加工的硬度为 $170 \sim 230\text{HBS}$ 。常用材料中，铸铁、铜合金、铝合金及经过恰当热处理的碳钢具有较好的切削加工性能，一些高合金钢的切削加工性能较差。

五、热处理工艺性能

热处理是通过对固态下的材料进行加热、保温、冷却，从而获得所需要的组织和性能的工艺。金属材料的热处理性能是指金属材料通过热处理改变其内部组织和性能的难易程度。钢的热处理性能包括淬透性、氧化脱碳性、回火稳定性、变形与开裂倾向等。热处理是改善金属或合金性能的主要方法之一，在机械制造过程中应用非常广泛，各种机械零件几乎都要经过热处理后才能使用，热处理工艺应用正确与否，直接关系到机械零件的使用性能、使用寿命和制造成本。

思考与练习 >>

一、填空题

1. 金属材料的性能包括_____和_____。
2. 力学性能主要包括_____、_____、_____、_____和_____。
3. 金属材料物理性能包括_____、_____、_____、_____、_____和_____。化学性能包括_____和_____。
4. 金属的铸造工艺性能包括_____、_____、_____、_____、_____和_____。

二、简答题

1. 金属材料的力学性能是什么？什么是强度和塑性？强度有几种衡量指标？什么是衡量塑性的主要指标？
2. 什么是硬度？HB、HRA、HRB、HRC、HV 各代表什么方法测出的硬度？
3. 试说明 140HBS10/1 000/30、500HBW5/750、50HRC 和 600HV30/20 所代表的含义。
4. 有一退火零件，设计图上技术条件标注 HRC17，是否正确？如果有误，你认为错在哪里？应如何改正？
5. 有一标距为 50mm，直径为 10mm 的钢试样，产生屈服时的载荷为 18 950N。加载到 36 450N 时，试样产生径缩，然后被拉断，拉断后测得标距长度为 74mm，断裂处直径为 6.6mm，试求该试样的 σ_s 、 σ_b 、 δ 、 ψ 。
6. 什么是韧性？ A_k 和 α_k 各代表什么？
7. 什么是疲劳和金属的疲劳强度？
8. 什么是金属的焊接性能？钢中影响焊接性的合金元素有哪些？如何影响？