

● 高等学校教学用书 ●

# 金工实习教材

刘晓刚 主编

G AODENG  
XUEXIAO  
JIAOXUE  
YONGSHU

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本书系根据高等学校工科工程材料及机械制造基础课程教学指导小组制订的《重点高校金工改革指南》，及原国家教委批准印发的高等学校《金工实习基本要求》编写的。

全书包括：(1)金属材料及热处理；(2)公差与配合；(3)铸工；(4)压力加工；(5)焊工；(6)钳工；(7)车工；(8)铣工、刨工和磨工；(9)金属切削原理及设备；(10)现代制造方法；(11)机械加工工艺规程的制订及零件结构工艺性等章节。

本书供高等工科大学非机类各专业选作实习教材，适用于金工实习2~4周，课堂教学18~24学时的类型使用；也可供职工大学、中等专科学校师生及工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

金工实习教材/刘晓刚主编. —北京:冶金工业出版社  
2000.3

高等学校教学用书

ISBN 7-5024-2437-7

I. 金… II. 刘… III. 金属加工-实习-高等学校-  
教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 02426 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 丁成勋

北京顺义兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2000 年 3 月第 1 版, 2000 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15.25 印张; 364 千字; 232 页; 1-3300 册

19.20 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64044283

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 前 言

本书系根据高等学校非机类教学计划和金工实习教学要求编写的,力求能帮助学生掌握机械制造的基础知识,了解机械制造的一般生产过程,指导实际操作,为后续课程的学习和今后可能从事机械设计以及加工制造方面的工作,打下必要的基础。

本教材编写的基本思路是实习操作—理论总结—知识扩展。为了向学生灌输安全第一的思想,在每一章的开始都编写了该工种的安全技术规则。

实习操作部分的内容是依据教学大纲要求而编写的,力求具体,在现场能讲解示范,使学生容易接受,在基本操作中,对学生独立操作的内容作了系统的介绍,力求学生能达到独立操作的目的;将各工种的各种加工方法串联在一起,使学生对各工种的加工范围有全面的认识。

理论总结部分是从实习中所反映出的实际现象引出基本概念、基本原理,通过讲解分析使学生从机械制造的感性认识上升到理性认识,从而进一步加深对机械制造过程的全面理解。

扩展知识部分主要介绍了各工种现代的一些加工方法的基本原理、工艺特点及应用,目的在于使学生了解机械加工中较为先进的加工方法。

为了使学生在实习中能够读懂所加工的零件图和认识互换性在机械制造中的重要作用,本书增编了“公差与配合”一章。

参加本教材编写的同志有:任翀(第7、8、9、10、11章),赵仑(第1、3章),姜永军(第2、6章),刘晓刚(第4、5章)。全书由刘晓刚主编,陈厚祥主审。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中一定有不足之处,恳请同行及广大读者批评指正。

编 者

一九九九年六月

# 目 录

<b>第 1 章 金属材料及热处理</b> .....	(1)
1.1 金属及合金的性能 .....	(1)
1.1.1 金属材料机械性能.....	(1)
1.1.2 金属材料的物理性能和化学性能.....	(4)
1.1.3 金属材料工艺性能.....	(5)
1.2 钢和铁碳合金状态图 .....	(5)
1.2.1 钢的分类.....	(5)
1.2.2 纯铁的晶体结构和结晶过程 .....	(16)
1.2.3 铁碳合金状态图 .....	(19)
1.3 钢的热处理和表面处理知识.....	(22)
1.3.1 钢在加热和冷却时内部组织的转变 .....	(23)
1.3.2 钢的热处理常用方法 .....	(26)
1.3.3 钢的表面热处理 .....	(28)
1.3.4 常用热处理设备 .....	(30)
1.3.5 钢的表面处理 .....	(32)
<b>第 2 章 公差与配合</b> .....	(34)
2.1 基本术语和定义.....	(35)
2.1.1 有关“尺寸”的术语和定义 .....	(35)
2.1.2 有关“公差与偏差”的术语和定义 .....	(36)
2.1.3 有关“配合”的术语和定义 .....	(37)
2.1.4 举例 .....	(39)
2.2 公差与配合国家标准的构成.....	(40)
2.2.1 标准公差系列 .....	(40)
2.2.2 基本偏差系列 .....	(41)
2.2.3 基准制 .....	(46)
2.3 形状和位置公差.....	(46)
2.3.1 几何要素及其分类 .....	(46)
2.3.2 形状公差 .....	(47)
2.3.3 位置公差 .....	(49)
2.4 表面粗糙度.....	(52)
2.4.1 表面粗糙度评定参数及其数值 .....	(52)

2.4.2	表面粗糙度代号及其标注 .....	(54)
2.4.3	读图示例 .....	(54)
<b>第3章</b>	<b>铸工 .....</b>	<b>(57)</b>
3.1	铸造 .....	(58)
3.1.1	砂型及型芯的制造 .....	(58)
3.1.2	手工砂型造型方法 .....	(60)
3.1.3	浇注系统 .....	(62)
3.1.4	铸铁的熔化和浇注 .....	(63)
3.1.5	机器造型简介 .....	(64)
3.1.6	铸件的落砂、清理及常见缺陷 .....	(66)
3.2	铸造基础知识 .....	(67)
3.2.1	铸造合金 .....	(67)
3.2.2	铸造工艺制订的基本依据 .....	(69)
3.2.3	铸造工艺设计实例 .....	(72)
3.2.4	铸件结构设计的工艺性 .....	(72)
3.3	其他常用铸造方法及常用合金铸件的生产特点 .....	(76)
3.3.1	常用铸造方法 .....	(76)
3.3.2	常用合金铸件的生产特点 .....	(79)
<b>第4章</b>	<b>锻压工 .....</b>	<b>(86)</b>
4.1	锻压 .....	(86)
4.1.1	金属的加热 .....	(86)
4.1.2	自由锻设备与工具 .....	(88)
4.1.3	自由锻造的基本工序 .....	(88)
4.1.4	冲压 .....	(92)
4.2	压力加工基础知识 .....	(94)
4.2.1	金属的塑性变形 .....	(94)
4.2.2	金属的可锻性 .....	(95)
4.2.3	金属的冷变形和热变形 .....	(95)
4.2.4	金属加热对锻件质量的影响 .....	(96)
4.3	自由锻 .....	(97)
4.3.1	自由锻的基本工艺过程 .....	(98)
4.3.2	典型锻件工艺举例 .....	(98)
4.3.3	自由锻件结构工艺性 .....	(100)
4.4	模锻 .....	(101)
4.5	薄板冲压 .....	(102)
4.5.1	冲压基本工序 .....	(102)
4.5.2	冲压件的结构工艺性 .....	(103)

4.6	其他压力加工方法 .....	(104)
4.6.1	轧制、挤压加工 .....	(104)
4.6.2	特种锻造 .....	(106)
4.6.3	锻造新工艺 .....	(109)
<b>第5章</b>	<b>焊工</b> .....	<b>(111)</b>
5.1	焊接 .....	(111)
5.1.1	手工电弧焊及其设备 .....	(111)
5.1.2	焊条 .....	(112)
5.1.3	手工电弧焊工艺 .....	(116)
5.1.4	焊接缺陷 .....	(117)
5.1.5	气焊及其设备 .....	(118)
5.1.6	气焊工艺 .....	(120)
5.1.7	氧气切割 .....	(121)
5.2	手工电弧焊基础知识 .....	(122)
5.2.1	焊接电弧的产生及其性质 .....	(122)
5.2.2	手工电弧焊过程及其特点 .....	(123)
5.2.3	焊接接头组织与性能 .....	(124)
5.2.4	焊接应力与变形概念 .....	(125)
5.2.5	金属材料的可焊性概念 .....	(126)
5.2.6	常用金属材料的焊接特点 .....	(126)
5.3	常用焊接方法 .....	(127)
5.3.1	埋弧自动焊 .....	(127)
5.3.2	氩弧焊 .....	(128)
5.3.3	电渣焊 .....	(129)
5.3.4	等离子弧焊接 .....	(130)
5.3.5	真空电子束焊接 .....	(131)
5.3.6	激光焊接 .....	(132)
5.3.7	电阻焊 .....	(132)
5.3.8	摩擦焊 .....	(134)
5.3.9	钎焊 .....	(134)
5.4	金属的切割 .....	(135)
5.5	焊接结构设计与工艺性 .....	(135)
5.5.1	焊接结构的特点 .....	(135)
5.5.2	焊接结构设计的一般要求 .....	(135)
5.5.3	焊件结构工艺性 .....	(136)
5.6	微型计算机在电弧焊中的应用简介 .....	(137)
5.7	焊缝缺陷检验 .....	(138)
5.7.1	X射线探伤 .....	(138)

5.7.2	超声波探伤 .....	(139)
<b>第6章</b>	<b>钳工</b> .....	<b>(140)</b>
6.1	常用量具 .....	(140)
6.1.1	钢皮尺与卡钳 .....	(140)
6.1.2	游标卡尺 .....	(140)
6.1.3	分厘卡尺 .....	(141)
6.2	划线 .....	(142)
6.2.1	划线前的准备 .....	(143)
6.2.2	划线工具及使用 .....	(143)
6.2.3	划线方法 .....	(143)
6.3	锯割 .....	(144)
6.3.1	手锯 .....	(144)
6.3.2	锯割方法 .....	(146)
6.4	锉削 .....	(147)
6.4.1	锉刀 .....	(147)
6.4.2	锉削方法 .....	(147)
6.5	钻孔、扩孔、铰孔 .....	(148)
6.5.1	麻花钻和钻床 .....	(149)
6.5.2	钻孔方法 .....	(150)
6.5.3	钻削的特点及应用 .....	(151)
6.5.4	扩孔与铰孔 .....	(152)
6.6	攻丝和套丝 .....	(153)
6.6.1	丝锥和铰手 .....	(153)
6.6.2	攻丝方法 .....	(154)
6.6.3	板牙和板牙架 .....	(154)
6.6.4	套丝方法 .....	(155)
6.7	刮削 .....	(155)
6.7.1	刮刀 .....	(155)
6.7.2	刮削方法 .....	(156)
6.8	装配概念 .....	(156)
6.8.1	典型零件的装配 .....	(157)
6.8.2	部件装配举例 .....	(158)
<b>第7章</b>	<b>车工</b> .....	<b>(160)</b>
7.1	普通车床 .....	(160)
7.1.1	车床的组成 .....	(160)
7.1.2	车床的传动 .....	(161)
7.2	车外圆 .....	(162)

7.2.1	车刀及其安装 .....	(162)
7.2.2	工件的安装 .....	(163)
7.2.3	切削用量的选择 .....	(165)
7.2.4	加工步骤 .....	(165)
7.3	车削其他表面 .....	(166)
7.3.1	车端面和台阶 .....	(166)
7.3.2	切槽和切断 .....	(167)
7.3.3	钻孔和镗孔 .....	(168)
7.3.4	车螺纹 .....	(168)
7.4	车削的工艺特点 .....	(169)
<b>第8章</b>	<b>铣工、刨工、磨工 .....</b>	<b>(171)</b>
8.1	铣工 .....	(171)
8.1.1	铣床 .....	(171)
8.1.2	铣削工作 .....	(172)
8.1.3	铣削过程 .....	(177)
8.1.4	铣削的工艺特点 .....	(180)
8.2	刨工 .....	(181)
8.2.1	牛头刨床 .....	(181)
8.2.2	刨削工作 .....	(182)
8.2.3	刨削过程 .....	(184)
8.2.4	刨削的工艺特点 .....	(186)
8.3	磨工 .....	(186)
8.3.1	磨床 .....	(186)
8.3.2	磨削工作 .....	(187)
8.3.3	磨削过程 .....	(190)
8.3.4	磨削工艺特点 .....	(191)
<b>第9章</b>	<b>金属切削原理及设备 .....</b>	<b>(193)</b>
9.1	金属切削加工基础知识 .....	(193)
9.1.1	金属切削过程 .....	(193)
9.1.2	刀具的切削性能 .....	(197)
9.1.3	材料的可切削性 .....	(199)
9.2	金属切削机床的基础知识 .....	(201)
9.2.1	机床的类型和型号编制 .....	(201)
9.2.2	机床的运动 .....	(203)
9.2.3	辅助运动 .....	(205)
9.2.4	主运动和进给运动 .....	(206)
9.2.5	机床的传动 .....	(206)



<b>第 10 章 现代制造方法</b> .....	(210)
10.1 特种加工 .....	(210)
10.1.1 电火花加工 .....	(210)
10.1.2 电解加工 .....	(211)
10.1.3 超声波加工 .....	(213)
10.1.4 激光加工 .....	(214)
10.2 柔性制造系统和计算机辅助制造 .....	(215)
10.2.1 机械制造系统 .....	(215)
10.2.2 柔性制造系统 .....	(216)
10.2.3 计算机辅助制造及 CAD/CAM 一体化 .....	(217)
<b>第 11 章 机械加工工艺规程的制订及零件结构工艺性</b> .....	(220)
11.1 工艺路线和机械加工工艺规程 .....	(220)
11.1.1 工艺路线 .....	(220)
11.1.2 机械加工工艺规程 .....	(220)
11.2 零件结构的工艺性 .....	(227)
11.2.1 零件结构工艺性一般原则 .....	(227)
11.2.2 典型零件的结构工艺性 .....	(227)
<b>参考文献</b> .....	(232)

# 第 1 章 金属材料及热处理

现代工业、农业、国防和科学技术都离不开工程材料,虽然近年来非金属材料发展迅速,但金属材料由于具有良好的物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能,因此在各个领域仍获得广泛的应用。

金属材料及热处理主要研究金属和合金的性能、成分和内部组织的相互关系,以及如何改善金属及合金的组织 and 性能。只有掌握这些内容,才能合理地选用材料,以充分发挥它的潜力,延长其使用寿命,并降低成本。此外,为了正确地制订铸造、压力加工、焊接和切削加工等工艺规程,提高产品的质量和产量,也必须了解金属材料的知识。

## 1.1 金属及合金的性能

金属及合金的性能包括机械、物理、化学和工艺等性能。它们是进行设计、选材和制订工艺的依据。

### 1.1.1 金属材料机械性能

金属及合金的机械性能是指金属材料在外力作用下表现出来的特性(也称力学性能),如强度、塑性、弹性、硬度和冲击韧性等。

#### 1.1.1.1 强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。根据外力作用的性质不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度等。

工程上常用抗拉强度来表示金属材料的强度。抗拉强度通常采用拉伸试验来测定。先将被测金属材料制成标准试件,如图 1-1(a)将它装在拉力试验机上,并缓慢地对试件两端施加轴向拉力,随着拉力的增加,试件渐渐被拉长,直到拉断为止。在整个拉伸过程中,自动记录下每一瞬间的拉力( $F$ )和变形量( $\Delta L$ ),并绘出它们之间的关系曲线,通常称为拉伸曲线。图 1-2 为低碳钢的拉伸曲线。

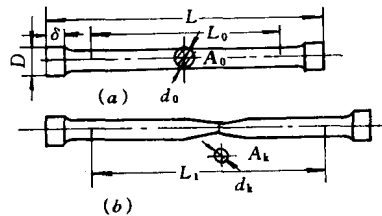


图 1-1 拉伸试件

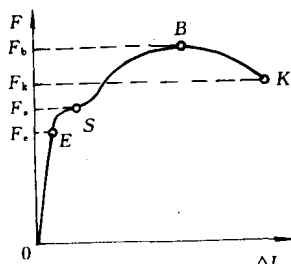


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

在拉伸曲线中, $0E$  是直线,即当拉力不超过  $F_s$  时,拉力与变形量成正比,这时试件产生弹性变形。拉力去除后,试件将恢复到原来长度。

当拉力超过  $F_s$ ,试件除产生弹性变形外,还产生部分塑性变形(永久变形)。此时若去除拉力,试件不完全恢复到原有的长度(弹性变形部分消失,塑性变形部分保留)。如继续增加拉力,达到  $F_k$  时,即使拉力不再增加,试件仍然继续伸长,表现在拉伸曲线上  $S$  点出现一水平线段,这种现象称为

“屈服”。屈服后试件开始产生明显的塑性变形。拉力继续增加到最大  $F_b$  后,试件截面局部开始变细,产生了缩颈,如图 1-1(b)。因为截面变小,继续变形所需的拉力下降,变形量增加,拉力在  $F_k$  时试件在缩颈处断裂。

金属强度的指标通常以应力的形式来表示,应力即单位截面积上的外力,以  $\sigma$  表示

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ MPa}$$

式中  $F$ ——外力,N;

$A$ ——横截面积, $\text{mm}^2$ 。

常用的强度指标有弹性极限,屈服极限和强度极限。

(1)弹性极限 材料在外力作用下能保持弹性变形时的最大应力,以  $\sigma_e$  表示

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \text{ MPa}$$

式中  $F_e$ ——对应于  $E$  点的外力,N;

$A_0$ ——试件原始截面积, $\text{mm}^2$ 。

(2)屈服极限(屈服强度) 材料产生屈服时的应力,以  $\sigma_s$  表示。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中  $F_s$ ——对应于  $S$  点的外力,N。

有些材料的拉伸曲线没有明显的屈服点,无法确定开始产生塑性变形时的最小应力值。因此对这些材料,规定当试件产生 0.2% 残余伸长时的应力值作为该材料的条件屈服强度,或名义屈服强度,以  $\sigma_{0.2}$  表示。

屈服强度是材料机械性能的重要指标之一,因为机械零件在工作中一般是不允许产生塑性变形的,所以它是大多数零件设计的依据。

(3)强度极限(抗拉强度) 材料在拉断前能承受的最大应力,以  $\sigma_b$  表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \text{ MPa}$$

式中  $F_b$ ——试件断裂前的最大外力,N。

抗拉强度也是材料的主要机械性能指标,因为它表现材料在拉伸条件下所能承受的最大应力值,它是零件设计和选材的主要依据之一。

拉伸试验还可用于其他的金属和非金属材料,如铸铁、黄铜和聚乙烯等,由于材料的不同,拉伸曲线差异很大。

### 1.1.1.2 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。常用的塑性指标有延伸率  $\delta$  和断面收缩率  $\psi$ (见图 1-1)。

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

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\%$$

式中  $L_0$ ——试件的原始长度,mm;

$L_1$ ——试件拉断时的长度,mm;

$A_0$ ——试件原始截面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_k$ ——试件断裂处的截面积,  $\text{mm}^2$ 。

$\delta$  和  $\psi$  的数值越大, 表示材料的塑性越好。工程上一般把  $\delta > 5\%$  的材料称为塑性材料, 如低碳钢;  $\delta < 5\%$  的材料称为脆性材料, 如铸铁。良好的塑性既能保证压力加工的顺利进行, 又能保证零件工作时的安全可靠。

### 1.1.1.3 硬度

金属材料抵抗硬物压入表面的能力称为硬度。硬度值的物理意义随其试验方法的不同而不同。工程上常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度 布氏硬度试验是用一定的载荷  $P$ , 将直径为  $D$  的淬火钢球压入被测材料的表面(图 1-3)保持一定的时间后卸去载荷, 以载荷与压痕面积的比值作为布氏硬度值, 用  $HB$  表示, 因  $P$  和  $D$  是定值, 故一般是先测量压痕直径  $d$ , 根据  $d$  查表确定材料的  $HB$  值,  $HB$  值越大, 材料越硬。这种方法测试数据比较准确, 但不能测太薄的试件和硬度较高的材料。

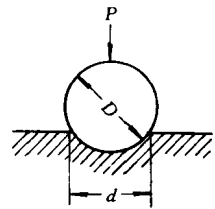


图 1-3 布氏硬度试验示意图

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度试验是用一定的载荷将顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体或直径为  $1.588\text{mm}$  的淬火钢球压入被测试样表面, 然后根据压痕的深度来确定它的硬度值。实际上洛氏硬度值可直接从洛氏硬度计刻度盘上的指针所指出的位置直接读出。

用洛氏硬度计可以测量从软到硬和各种不同材料, 这是因为它采用了不同的压头和载荷, 组成各种不同的洛氏硬度标度, 如  $HRA$ 、 $HRB$ 、 $HRC$ 。一般生产中以  $HRC$  (用  $120^\circ$  金刚石圆锥体作压头, 载荷为  $1500\text{N}$ ) 用得最多。

洛氏硬度法的优点是测量简单、迅速, 并可测薄的试样和硬的材料, 但不如用布氏硬度法准确 (当  $HB > 220$  时,  $HRC/HB \approx 1/10$ )。

硬度也是材料重要的机械性能指标, 它影响到材料的耐磨性。在一般情况下, 硬度高时其耐磨性能也较好。硬度和强度一样, 都反映了材料对塑性变形的抗力, 但前者试验方法简单, 又不损坏零件。故在生产实践中往往通过测定材料的硬度来估算强度指标  $\sigma_b$ 。

### 1.1.1.4 冲击韧性

冲击韧性是指材料抵抗冲击载荷的能力。

不少机器零件如冲床的连杆、锻锤的锤头、火车的挂钩、冲模等, 在工作时要承受冲击载荷, 如果仍用静载荷作用下的强度极限指标来进行设计计算, 就不能保证这些零件工作时的安全性, 必须同时考虑材料的韧性。

目前工程上通常用摆锤冲击试验来测量材料的冲击韧性值  $a_k$ , 其原理如图 1-4(c) 所示。先将被测材料制成一定形状和尺寸的试样 [图 1-4(a)], 安放在冲击试验机上 [图 1-4(b)], 把具有一定重量的摆锤提到  $h_1$  高度, 此时摆锤位能为  $Gh_1$ , 然后让其自由下落, 冲断试样, 冲断试样后摆锤剩余的能量为  $Gh_2$ , 摆锤对试样所作的功  $W_k = G(h_1 - h_2)$  (J)。  $a_k$  是以材料受冲击破坏时单位面积上所消耗的能量来表示的, 即

$$a_k = \frac{W_k}{A} \quad \text{J/cm}^2$$

式中  $a_k$ ——冲击韧性,  $\text{J/cm}^2$ ;

$W_k$ ——冲击功, J;

$A$ ——试件断口处截面积,  $\text{cm}^2$ 。

当  $a_k$  值愈大, 材料的韧性愈好, 对于重要零件要求  $a_k > 50 \text{ J/cm}^2$ 。这里是一次冲击破坏, 实际上零件往往是受小能量多次重复冲击才被冲断, 因此  $a_k$  值只作为设计时的参考值。

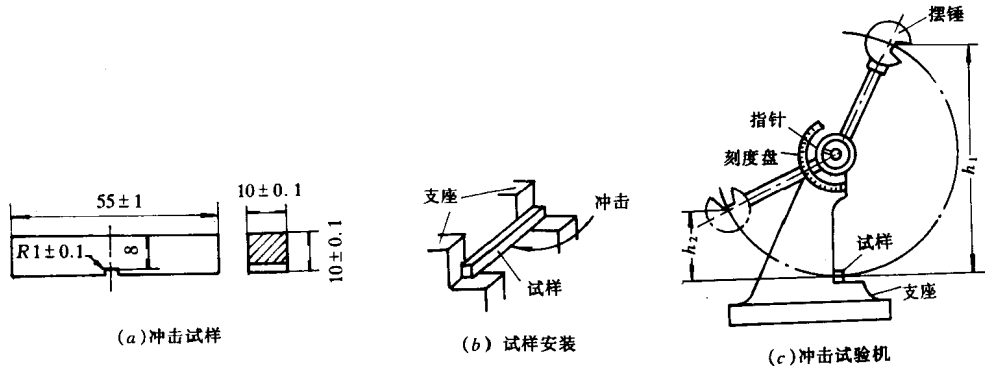


图 1-4 摆锤冲击试验示意图

#### 1.1.1.5 疲劳强度

疲劳强度是指材料经受无数次应力循环而不破坏时的最大应力。当应力循环对称时以  $\sigma_{-1}$  表示。

有些零件如轴、弹簧等在工作过程中受到方向、大小反复变化的交变应力的作用, 这样会在远小于强度极限  $\sigma_b$  甚至小于屈服极限  $\sigma_s$  的应力下断裂, 这种破坏称疲劳断裂。无论是塑性材料还是脆性材料, 发生断裂时都不产生明显的塑性变形, 因此具有很大的危险性。据统计, 机件断裂事故中绝大多数是由疲劳断裂造成的, 因此, 提高零件的疲劳强度对延长零件的使用寿命有很大意义。

材料的疲劳强度与它的内在质量、表面状况、承载的性质及结构形状等因素有关。在实际生产中往往通过降低零件的表面粗糙度和采取各种表面强化的方法如喷丸处理、表面淬火等来提高材料的疲劳强度。

#### 1.1.2 金属材料的物理性能和化学性能

金属材料的物理性能是指密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。化学性能主要是指耐腐蚀性。

由于机器零件的用途不同, 对其物理性能的要求也不同。例如飞机、汽车等交通工具, 为了减轻自重需要采用密度小的材料。焊接和保险丝等需用熔点较低的材料。而熔点高的合金可用来制造耐热零件。制造散热器, 热交换器等要选用导热性好的材料。制造电机、无线电元件、电真空器件则需考虑到材料的导电性和磁性等。

金属材料对周围介质, 如大气、水汽及各种电介质侵蚀的抵抗能力叫做耐蚀性。每年因腐蚀而损失的材料十分可观, 因此必须采取防腐蚀措施。除将制成的金属零件表面进行覆盖层处理(如油漆、电镀等)保护外, 也可在钢中加入合金元素制成不锈钢以提高材料的耐蚀性。

耐磨性是材料在工作过程中承受磨损的耐久程度。它对承受摩擦的零部件的使用寿命

影响很大。很多机器零件因磨损而使性能下降。材料的耐磨性与它的硬度、表面粗糙度、摩擦系数、相对运动的速度、载荷大小及周围介质等因素有关。为了提高材料的耐磨性,必须提高其硬度用热处理或在钢中加入合金元素的方法可提高材料的耐磨性。

### 1.1.3 金属材料工艺性能

工艺性能是指金属材料能够适应加工工艺要求的能力。按照工艺方法的不同有铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能等。它往往是由材料的物理性能、化学性能、机械性能综合决定的,不能单用一个参数来表示。例如灰口铸铁具有良好的铸造性能和切削加工性能但其塑性极差,不能进行锻压,焊接性能也较差,因而常用来铸造形状复杂的铸件。各种工艺性能将在实习中及以后各章中加以介绍。

## 1.2 钢和铁碳合金状态图

### 1.2.1 钢的分类

“钢”是以铁为主要元素、含碳量<sup>①</sup>一般在2%以下,并含有其他元素的材料。其2%通常是钢和铸铁的分界线。

#### 1.2.1.1 钢的分类方法

按现行国家标准的《钢分类》(GB/T13304—91),概括起来,钢可划分为如下几类。

(1)钢按化学成分分类 钢分为非合金钢、低合金钢和合金钢三大类。表1-1列出了非合金钢、低合金钢和合金钢合金元素规定含量的界限值。

表 1-1 非合金钢、低合金钢和合金钢合金元素规定含量界限值(GB/T13304—91)

合金元素	合金元素规定含量界限值/%		
	非合金钢	低合金钢	合金钢
Al	<0.10	—	≥0.10
B	<0.0005	—	≥0.0005
Bi	<0.10	—	≥0.10
Cr	<0.30	0.30~<0.50	≥0.50
Co	<0.10	—	≥0.10
Cu	<0.10	0.10~<0.50	≥0.50
Mn	<1.0	1.0~<1.40	≥1.40
Mo	<0.05	0.05~<0.10	≥0.10
Ni	<0.30	0.30~<0.50	≥0.50
Nb	<0.02	0.02~<0.06	≥0.06
Pb	<0.40	—	≥0.40

<sup>①</sup> 本书中所述的钢中元素的含量,均指元素的质量与钢的质量之比。如钢中含碳量为0.40%,用符号表示应为 $w(C)=0.40\%$ 。

续表 1-1

合金元素	合金元素规定含量界限值/%		
	非合金钢	低合金钢	合金钢
Se	<0.10	—	≥0.10
Si	<0.50	0.50~<0.90	≥0.90
Te	<0.10	—	≥0.10
Ti	<0.05	0.05~<0.13	≥0.13
W	<0.10	—	≥0.10
V	<0.04	0.04~<0.12	≥0.12
Zr	<0.05	0.02~<0.05	≥0.05
La系(每一种元素)	<0.02	0.02~<0.05	≥0.05
其他规定元素(S、P、C、N除外)	<0.05	—	≥0.05

(2)钢按主要质量等级分类 即按质量等级对非合金钢、低合金钢和合金钢进行分类:

1)非合金钢按主要质量等级分为普通质量非合金钢、优质非合金钢和特殊质量非合金钢。

2)低合金钢按主要质量等级分为普通质量低合金钢、优质低合金钢和特殊质量低合金钢。

3)合金钢按主要质量等级分为优质合金钢和特殊质量合金钢。

(3)钢按主要性能及使用特性分类 即钢按主要性能及使用特性对非合金钢、低合金钢和合金钢进行分类。

1)非合金钢按其基本性能及使用特性等主要特性分为:*a*)以规定最高强度(或硬度)为主要特性的非合金钢;*b*)以规定最低强度为主要特性的非合金钢;*c*)以限制碳含量为主要特性的非合金钢;*d*)非合金易切削钢;*e*)非合金工具钢;*f*)具有专门规定磁性或电性能的非合金钢;*g*)其他非合金钢。

2)低合金钢按其基本性能及使用特性等主要特性分为:*a*)可焊接的低合金高强度结构钢;*b*)低合金耐候钢;*c*)低合金钢筋钢;*d*)铁道用低合金钢;*e*)矿用低合金钢;*f*)其他低合金钢。

3)合金钢按其基本性能及使用特性等主要特性分为:*a*)工程结构用合金钢;*b*)机械结构用合金钢;*c*)不锈、耐蚀和耐热钢;*d*)工具钢;*e*)轴承钢;*f*)特殊物理性能钢;*g*)其他,如铁道用合金钢等。

钢的分类除以上的方法外,还有如钢按冶炼方法、按脱氧程度、按金相组织等一些分类的方法,这些方法在《钢分类》国家标准中没有作出规定,但是在国际和国内冶金等钢产品中也常有使用这些术语。

非合金钢、低合金钢和合金钢的主要分类及举例见表 1-2~表 1-4。

表 1-2 非合金钢的主要分类及举例(GB/T13304—91)

按主要质量等级分类 按主要特性分类	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以规定最高强度为主要特性的非合金钢	普通质量低碳结构钢板和钢带 GB912 中的低碳钢牌号	a. 冲压薄板低碳钢 GB5213 中的 08A1 b. 供镀锡、镀锌、镀铅板带和原板用碳素钢 GB4174 全部碳素钢牌号 c. 不经热处理的冷顶锻和冷挤压用钢	
以规定最低强度为主要特性的非合金钢	a. 碳素结构钢 GB700 中的 Q195、Q215 的 A、B 级 b. 碳素钢筋钢 GB13013 中的 Q235 c. 铁道用钢 GB11264 中的 50Q、55Q d. 钢板桩钢 e. 一般工程用不进行热处理的普通质量碳素钢 YB170 中的所有普通质量碳素钢	a. 碳素结构钢 GB700 中除普通质量 A、B 级钢以外的所有牌号及 A、B 级规定冷成型性及模锻性特殊要求者 b. 优质碳素结构钢 GB699 中除 65Mn、70Mn、70、75、75、80、85 以外的所有牌号 c. 锅炉和压力容器用钢 GB713 中的 20g、22g d. 造船用钢 GB712 中的 A、B、D、E、AH32、DH32、EH32 e. 铁道用钢 YB354 钢轨鱼尾板用碳素钢 f. 桥梁用钢 YB168 中的 16q g. 汽车用钢 GB11262 中的 12LW、15LW h. 锚链用钢 YB897 中的 M15、M20、M30 i. 自行车用钢 GB3644 中的 Z06A1、ZQ195、ZQ215、ZQ235 j. 输油及输气管用钢 k. 工程结构用铸造碳素钢 GB11352 中的 ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570、ZG340-640 l. 预应力及混凝土钢筋用优质非合金钢	a. 优质碳素结构钢 GB699 中的 65Mn、70Mn、70、75、80、85 钢 b. 保证淬透性钢 GB5216 中的 45H c. 保证厚度方向性能钢 GB5313 中的所有非合金钢 d. 铁道用钢 GB5068 中的 LZ、JZ e. 航空用钢 包括所有航空专用非合金结构钢牌号 f. 兵器用钢 包括各种兵器用非合金结构钢牌号 g. 核压力容器用非合金钢



续表 1-2

按主要质量等级分类 按主要特性分类	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以碳含量为主要特性的非合金钢	a. 普通碳素钢盘条 GB701 中的所有碳素钢牌号 b. 一般用途低碳钢丝 c. 花纹钢板 GB3277 中的普通质量碳素结构钢	a. 焊条用钢 GB1300 中的 H08、H08A、H08Mn、H08MnA、H15A、H15Mn b. 冷墩用钢 GB715 中的 BL2、BL3 c. 花纹钢板 GB3277 优质非合金钢 d. 盘条钢 GB4354 中的 25 ~ 65、40Mn ~ 60Mn e. 非合金调质钢(特殊质量钢除外) f. 非合金表面硬化钢(特殊质量钢除外) g. 非合金弹簧钢(特殊质量钢除外)	a. 焊条用钢 GB1300 中的 H08E b. 碳素弹簧钢 GB1222 中的 65 ~ 85、65Mn c. 特殊盘条钢 GB4355 中的 60、60Mn、65、65Mn、70、70Mn、75、80、T8MnA、T9A d. 非合金调质钢 e. 非合金表面硬化钢 f. 火焰及感应淬火硬化 g. 冷顶锻和冷挤压钢
非合金易切削钢		a. 易切削结构钢 GB8731 中的 Y12、Y12Pb、Y15、Y15Pb、Y20、Y30、Y35、Y45Ca	a. 特殊易切削钢 要求测定热处理后冲击切性等 YB685 中的 Y75
非合金工具钢			a. 碳素工具钢 GB1298 中的全部牌号 YB483 中的 T12A b. 碳素中空钢 GB1301 中的 ZKT8
规定磁性能和电性能的非合金钢		a. 非合金电工钢板,带 GB2521 无硅电工钢板、带 b. 具有规定导电性能 (<9s/m) 的非合金电工钢	a. 具有规定导电性能 ( $\geq 9s/m$ ) 的非合金电工钢 b. 具有规定磁性能的非合金软磁材料 GB6983、GB6984、GB6985 中的 DT3、DT3A、DT4、DT4A、DT4E、DT4C
其他非合金钢	a. 栅栏用钢丝		a. 原料纯铁 GB9971 中的 YT1F、YT2F、YT3、YT4