

# 金工实习

JINGONG SHIXI

(第二版)

©徐鸿本 沈其文 主编

华中科技大学出版社  
<http://press.hust.edu.cn>

# 金 工 实 习

(第二版)

徐鸿本 主编  
沈其文

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金工实习(第二版)/徐鸿本 沈其文 主编  
武汉:华中科技大学出版社,2005年11月  
ISBN 7-5609-3386-6

- I. 金…
- II. ①徐… ②沈…
- III. 金属加工-实习-教材
- IV. TG-45

金工实习(第二版)

徐鸿本 沈其文 主编

责任编辑:徐正达

封面设计:潘 群

责任校对:吴 晗

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:12.5

字数:290 000

版次:2005年11月第2版

印次:2005年11月第7次印刷

定价:17.80元

ISBN 7-5609-3386-6/TG·62

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

## 内 容 简 介

本书是根据《金工实习教学基本要求》编写的,反映了培养应用型工程技术人才实践教学的特点。

本书由金属材料及热处理的基础知识,铸造,锻压,焊接,切削加工的基础知识,车削加工,刨、铣、磨削和钳工共八章组成,每章后附有与实习内容相关的复习思考题。

本书叙述简练,突出应用,便于自学,可供高等学校机械类及近机械类各专业作为金工实习教材,也可供青年工人及有关技术人员参考。

# 前 言

本书是根据《金工实习教学基本要求》编写的,反映了培养应用型工程技术人才实践教学的特点,可作为高等学校机械类及近机械类各专业学生的金工实习教材,也可供青年工人及有关技术人员参考。

金工实习是高等学校工科学生重要的实践性教学环节,并为学生学习“工程材料及机械制造工艺基础”等后续课程及以后从事机械制造和机械设计工作打下必要的实践基础。本书着重介绍机械制造中金属成形和加工的主要方法以及典型设备和工具的工作原理、基本结构和使用方法。编写中力求叙述简练、突出应用和便于自学,以适应大多数院校的教学需要。各章均附有复习思考题,以帮助学生明确实习的基本要求和掌握教材内容的重点。

本书由徐鸿本、沈其文主编。参加编写工作的有彭爱平(第一、四章)、沈其文(第二章)、周耀尊(第三章)和徐鸿本(第五、六、七、八章)。

余寿彭和钱昌明同志审阅了本书,并提出了不少宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

为适应当前教学改革的需要,本书再版时对内容进行了修订,并更新和重绘了所有插图。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005年3月

于华中科技大学

# 目 录

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 第一章 金属材料及热处理的基础知识 .....    | (1)  |
| 第一节 金属的力学性能 .....          | (1)  |
| 一、强度 .....                 | (1)  |
| 二、塑性 .....                 | (2)  |
| 三、硬度 .....                 | (2)  |
| 四、冲击韧度 .....               | (3)  |
| 第二节 常用钢材 .....             | (4)  |
| 一、钢的分类 .....               | (4)  |
| 二、碳钢 .....                 | (4)  |
| 三、合金钢 .....                | (5)  |
| 四、钢铁火花鉴别法 .....            | (6)  |
| 第三节 钢的热处理 .....            | (7)  |
| 一、退火和正火 .....              | (8)  |
| 二、淬火和回火 .....              | (8)  |
| 三、表面热处理 .....              | (9)  |
| 复习思考题 .....                | (10) |
| 第二章 铸造 .....               | (12) |
| 第一节 砂型及造型材料 .....          | (12) |
| 一、砂型 .....                 | (12) |
| 二、造型材料 .....               | (13) |
| 第二节 造型 .....               | (16) |
| 一、造型方法 .....               | (16) |
| 二、造型方法的综合运用 .....          | (22) |
| 三、造型方法与分型面及浇注位置 .....      | (23) |
| 第三节 造芯 .....               | (24) |
| 一、芯头 .....                 | (24) |
| 二、型芯的结构 .....              | (25) |
| 三、造芯方法 .....               | (26) |
| 第四节 浇注系统、冒口和冷铁 .....       | (28) |
| 一、浇注系统 .....               | (28) |
| 二、冒口 .....                 | (30) |
| 三、冷铁 .....                 | (30) |
| 第五节 合箱 .....               | (31) |
| 一、检验砂型及型芯 .....            | (31) |
| 二、下型芯 .....                | (31) |
| 三、压铁及砂型的紧固 .....           | (32) |
| 第六节 铸造合金的熔炼 .....          | (33) |
| 一、铸钢的熔炼 .....              | (33) |
| 二、铸铁的熔炼 .....              | (33) |
| 三、铸造有色合金的熔炼 .....          | (35) |
| 第七节 铸件的浇注、落砂、清理及缺陷分析 ..... | (35) |
| 一、铸件的浇注 .....              | (35) |
| 二、铸件的落砂 .....              | (36) |

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 三、铸件的清理 .....         | (37) |
| 四、铸件的缺陷分析 .....       | (37) |
| 第八节 模样和芯盒 .....       | (39) |
| 一、铸造工艺图 .....         | (40) |
| 二、模样及芯盒制造过程 .....     | (43) |
| 三、铸造工艺实例 .....        | (43) |
| 复习思考题 .....           | (49) |
| 第三章 锻压 .....          | (53) |
| 第一节 坯料的加热和锻件的冷却 ..... | (53) |
| 一、加热的目的和锻造温度范围 .....  | (53) |
| 二、加热炉 .....           | (53) |
| 三、加热缺陷 .....          | (54) |
| 四、锻件的冷却 .....         | (55) |
| 第二节 自由锻和胎模锻 .....     | (55) |
| 一、自由锻 .....           | (55) |
| 二、胎模锻 .....           | (60) |
| 第三节 自由锻工艺设计 .....     | (60) |
| 一、绘制自由锻件图 .....       | (60) |
| 二、确定坯料的质量和尺寸 .....    | (65) |
| 三、变形工艺过程的确定 .....     | (66) |
| 四、例题分析 .....          | (68) |
| 第四节 板料冲压 .....        | (71) |
| 一、冲压设备和模具 .....       | (72) |
| 二、冲压基本工序 .....        | (73) |
| 复习思考题 .....           | (74) |
| 第四章 焊接 .....          | (76) |
| 第一节 手工电弧焊 .....       | (76) |
| 一、焊接过程 .....          | (76) |
| 二、焊接电弧 .....          | (76) |
| 三、电焊条 .....           | (77) |
| 四、电弧焊机 .....          | (78) |
| 五、手工电弧焊工艺 .....       | (79) |
| 六、常见的焊接缺陷及其防止 .....   | (81) |
| 第二节 气焊与气割 .....       | (82) |
| 一、气焊用的气体 .....        | (83) |
| 二、气焊设备 .....          | (83) |
| 三、气焊火焰 .....          | (86) |
| 四、焊丝与气焊熔剂 .....       | (87) |
| 五、氧气切割 .....          | (87) |
| 第三节 电阻焊与钎焊 .....      | (88) |
| 一、电阻焊 .....           | (88) |
| 二、钎焊 .....            | (90) |
| 复习思考题 .....           | (91) |
| 第五章 切削加工的基础知识 .....   | (93) |
| 第一节 切削运动与切削用量 .....   | (93) |
| 一、切削运动 .....          | (93) |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 二、工件上的加工表面 .....      | (94)  |
| 三、切削用量 .....          | (94)  |
| 第二节 金属切削机床 .....      | (95)  |
| 一、机床的分类和编号 .....      | (95)  |
| 二、机床上常用的机械传动方式 .....  | (96)  |
| 三、传动链及其传动比 .....      | (98)  |
| 第三节 常用量具 .....        | (99)  |
| 一、卡钳 .....            | (99)  |
| 二、游标卡尺 .....          | (99)  |
| 三、千分尺 .....           | (101) |
| 四、百分表 .....           | (102) |
| 五、内径百分表 .....         | (103) |
| 六、量规 .....            | (103) |
| 七、厚薄规 .....           | (104) |
| 八、90°角尺 .....         | (105) |
| 九、块规 .....            | (105) |
| 十、万能角度尺 .....         | (105) |
| 复习思考题 .....           | (106) |
| 第六章 车削加工 .....        | (108) |
| 第一节 卧式车床 .....        | (108) |
| 一、车床的编号 .....         | (108) |
| 二、C6132 型卧式车床 .....   | (109) |
| 第二节 车刀及其刃磨 .....      | (111) |
| 一、车刀的组成及几何形状 .....    | (111) |
| 二、车刀的刃磨 .....         | (113) |
| 第三节 工件的安装及所用的附件 ..... | (114) |
| 一、用三爪卡盘安装工件 .....     | (115) |
| 二、用四爪卡盘安装工件 .....     | (115) |
| 三、用顶尖安装工件 .....       | (116) |
| 四、中心架与跟刀架的使用 .....    | (116) |
| 五、用心轴安装工件 .....       | (117) |
| 六、用花盘与弯板安装工件 .....    | (118) |
| 第四节 车削基本工艺 .....      | (119) |
| 一、车端面 .....           | (119) |
| 二、车外圆及台阶 .....        | (120) |
| 三、孔加工 .....           | (121) |
| 四、切槽与切断 .....         | (122) |
| 五、车锥面 .....           | (123) |
| 六、车成形面 .....          | (124) |
| 七、车螺纹 .....           | (124) |
| 第五节 典型零件车削步骤举例 .....  | (126) |
| 一、轴类零件 .....          | (126) |
| 二、盘套类零件 .....         | (128) |
| 复习思考题 .....           | (132) |
| 第七章 刨削、铣削和磨削加工 .....  | (134) |
| 第一节 刨削 .....          | (134) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 一、牛头刨床 .....        | (134) |
| 二、刨刀 .....          | (138) |
| 三、工件的安装 .....       | (139) |
| 四、各种表面的刨削方法 .....   | (141) |
| 五、龙门刨床和插床 .....     | (144) |
| 第二节 铣削 .....        | (145) |
| 一、概述 .....          | (145) |
| 二、铣床 .....          | (145) |
| 三、铣床的附件及其应用 .....   | (147) |
| 四、铣刀及其安装 .....      | (151) |
| 五、铣削工作 .....        | (152) |
| 六、齿形加工 .....        | (155) |
| 第三节 磨削 .....        | (158) |
| 一、概述 .....          | (158) |
| 二、砂轮 .....          | (158) |
| 三、磨床 .....          | (160) |
| 四、磨削加工方法 .....      | (162) |
| 复习思考题 .....         | (165) |
| 第八章 钳工 .....        | (167) |
| 第一节 划线 .....        | (167) |
| 一、划线工具 .....        | (168) |
| 二、划线基准 .....        | (170) |
| 三、立体划线实例 .....      | (171) |
| 第二节 錾削、锯切与锉削 .....  | (173) |
| 一、錾削 .....          | (173) |
| 二、锯切 .....          | (174) |
| 三、锉削 .....          | (176) |
| 第三节 钻孔、扩孔及铰孔 .....  | (179) |
| 一、钻床 .....          | (179) |
| 二、钻孔 .....          | (181) |
| 三、扩孔 .....          | (182) |
| 四、铰孔 .....          | (183) |
| 第四节 攻螺纹和套螺纹 .....   | (184) |
| 一、攻螺纹 .....         | (184) |
| 二、套螺纹 .....         | (185) |
| 第五节 刮削 .....        | (186) |
| 一、刮削质量的检验方法 .....   | (186) |
| 二、平面刮削方法 .....      | (188) |
| 第六节 装配 .....        | (188) |
| 一、装配过程 .....        | (188) |
| 二、滚珠轴承的装配 .....     | (189) |
| 三、螺栓、螺母的装配 .....    | (189) |
| 四、对装配和拆卸工作的要求 ..... | (190) |
| 复习思考题 .....         | (190) |

# 第一章 金属材料及热处理的基础知识

金属是制造机器零件和工具的主要材料。在金工实习中,学生要进行毛坯的制造和零件的加工,因此有必要了解一些关于金属材料的知识。

金属分为纯金属和合金。合金是由一种金属元素与另一种或几种元素熔合成的金属材料,例如,钢铁就是以铁为基础的合金。由于纯金属的强度和硬度一般都较低,价格较高,所以在机械制造中使用的主要是合金。金属又可分为黑色金属和有色金属。钢铁材料称为黑色金属,除钢铁以外的金属和合金,统称为有色金属,故也将金属分为钢铁和非铁金属。机械工业中常用的有色合金,有以铜为基础的铜合金,如黄铜和青铜等;有以铝为基础的铝合金,如硅铝明和硬铝等。有色金属和合金的价格较高,只在为了满足机器上某些特殊性能要求时才采用。

钢铁材料可分为工业纯铁、钢和铸铁三大类,其中钢应用最广。工业纯铁含碳量\* 极低,冶炼较难,强度、硬度均低,机械工业中应用很少。铸铁是一种含碳量大于2%的铁碳合金,其中,碳全部或大部以石墨形式存在于基体内、其断口呈灰色的,称为灰铸铁。铸铁脆性大,不能锻造,焊接困难,只能用铸造方法来生产成形铸件。铸铁虽然力学性能不高,但具有许多其他的优良性能,且生产铸件比较简单,成本低,故在机器制造中应用也很广。

## 第一节 金属的力学性能

金属的力学性能,是指金属在外力的作用下所表现出来的性能,最主要的有强度、塑性、硬度和韧度等。

### 一、强度

强度是指金属在外力的作用下抵抗变形和断裂的能力。根据外力不同,强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度等。

抗拉强度是在对金属做拉伸试验时测定的。试验时,将加工成如图 1-1a 所示的试样夹装在拉伸试验机上,随着拉力的增加,试样相应伸长。当拉力比较小时,试样只产生弹性变形,即外力去除以后,变形消失,试样恢复为原长。当拉力增加到一定程度时,试样除产生弹性变形外,还产生塑性变形,即外力去除以后,试样不能恢复为原长,有一部分变形残留为永久变形。拉力增加愈多,塑性变形量愈大。当拉力增加到某一数值时,在试样某处“缩颈”,最后在缩颈处断裂,如图 1-1b 所示。拉伸试验可测定金属的

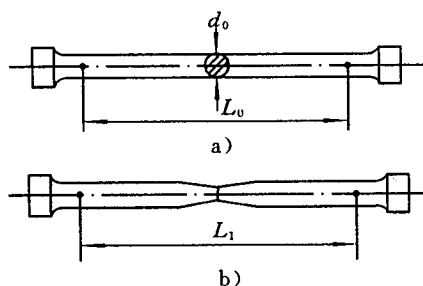


图 1-1 低碳钢拉伸试样  
a) 拉伸前 b) 拉伸后

\* 若无专门说明,含量、加入量均指质量分数。

屈服强度和抗拉强度等强度指标。

### 1. 屈服强度

试样产生屈服时的应力称为屈服强度,以符号 $\sigma_s$ 表示,即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \text{ (MPa)},$$

式中  $F_s$ ——试样开始产生塑性变形时的拉力(N);

$S_0$ ——试样初始横截面积(mm<sup>2</sup>)。

试样单位截面积所承受的外力称为应力(即 $\sigma = F/S$ )。由此可知,屈服强度是指金属开始产生塑性变形时的应力。对于 $F_s$ 值不易测定的金属,规定以试样产生塑性变形量为试样原长的0.2%时的应力作为该金属的屈服强度,以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

### 2. 抗拉强度

抗拉强度是试样在拉断以前所能承受的最大应力,以符号 $\sigma_b$ 表示,即

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \text{ (MPa)},$$

式中  $F_b$ ——试样断裂前的最大拉力(N);

$S_0$ ——试样初始横截面积(mm<sup>2</sup>)。

## 二、塑性

塑性是指金属在外力的作用下产生塑性变形而不致破坏的能力。金属的塑性大小常以拉伸试验时测定的伸长率或断面收缩率表示。

### 1. 伸长率

伸长率是试样拉断以后的总伸长量与原始长度的比值的百分数,以符号 $\delta$ 表示,即

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

式中  $L_1$ ——试样拉断以后的长度(mm);

$L_0$ ——试样初始长度(mm)。

### 2. 断面收缩率

断面收缩率是试样拉断后断口处面积的缩减量与原始截面积的比值的百分数,以 $\psi$ 表示。

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

式中  $S_1$ ——试样断口处最小截面积(mm<sup>2</sup>);

$S_0$ ——试样初始截面积(mm<sup>2</sup>)。

金属的 $\delta$ 和 $\psi$ 值愈大,表示承受塑性变形的能力愈大。具有良好塑性的金属有利于进行锻造、冲压和焊接。拉伸试验中塑性变形不明显的金属称为脆性材料,如灰铸铁、淬火的高碳钢等。

## 三、硬度

硬度是指金属抵抗其他更硬物体压入其表面的能力。硬度愈高的材料,其耐磨性也愈好。测量硬度最常用的方法有布氏硬度法和洛氏硬度法。

### 1. 布氏硬度

布氏硬度测量如图1-2所示。用直径为 $D$ 的淬火钢球(或硬质合金球)压头,在压力 $F$ 的作

用下压入金属表面,使其表面留下一个有一定深度的、直径为 $d$ 的压痕。此压痕的陷凹表面积为 $S$ ,从几何关系中可求得 $S=2\pi D(D-\sqrt{D^2-d^2})$ 。压痕单位面积上承受的压力 $F/S$ 称为布氏硬度。

布氏硬度的单位为MPa或 $\text{kgf}/\text{mm}^2$ ,但习惯上只标注硬度值而不标注单位。用钢球压头的测量方法适用于硬度值在450以下的材料,如铸铁,有色金属以及退火、正火或调质状态的钢材,测得的硬度值用符号HBS表示,如150HBS,235HBS等。用硬质合金球压头的测量方法适用于硬度值在450~650较硬的材料,测得的硬度值用符号HBW表示,如550HBW、635HBW等。

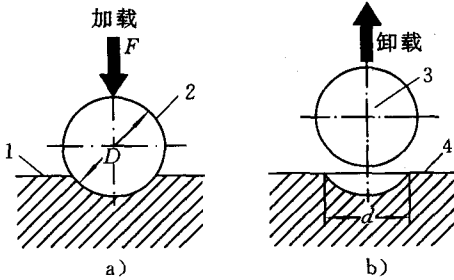


图 1-2 布氏硬度测量

a) 加载 b) 卸载

1,4—被测金属 2,3—压头

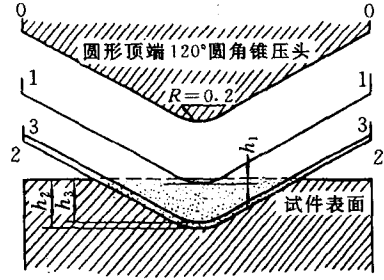


图 1-3 洛氏硬度测量

## 2. 洛氏硬度

洛氏硬度测量如图 1-3 所示。用压头(金刚石圆锥或淬火钢球)在压力 $F$ 的作用下压入金属表面,根据压入深度决定硬度值。压入愈浅,硬度愈高。洛氏硬度以HR表示,根据压力大小和压头不同,有HRA、HRB和HRC等,应用最广的是HRC。洛氏硬度测量的压头为锥角为120°金刚石圆锥,压力为1470 N(150 kgf),测量范围为20~70HRC(相当于230HBS~700HBW)。

洛氏硬度与布氏硬度值的关系近似为:1HRC $\approx$ 10HBS。

洛氏硬度法的优点是,可直接在硬度计的刻度盘上读出硬度值,简便迅速,软硬材料均可测量,且压痕小,可以在成品上测量,所以在热处理车间广泛应用。由于测量数据不稳定,故同一产品需要测量多点,取其平均值。

## 四、冲击韧度

金属材料抵抗冲击性外力的能力称为冲击韧度,简称韧度。

冲击韧度是在冲击试验机上测定的。把开有缺口的试样置于试验机的支座中间,摆锤由高处落下冲断试样,如图 1-4 所示。摆锤冲断试样消耗的能量称为冲击吸收功,试样缺口处单位截面积上消耗的冲击吸收功称为冲击韧度,以 $a_K$ 表示,即

$$a_K = \frac{A_K}{S} \quad (\text{J}/\text{cm}^2),$$

式中  $A_K$ ——冲击吸收功(J);

$S$ ——试样缺口处原始截面积( $\text{cm}^2$ )。

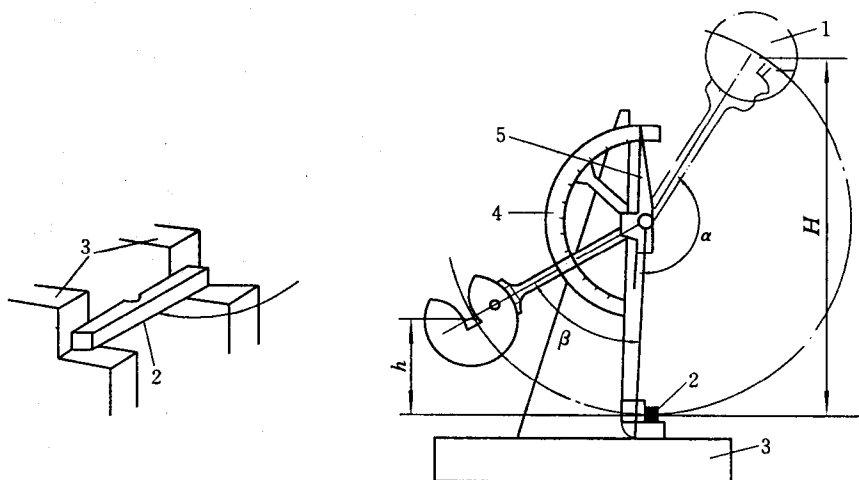


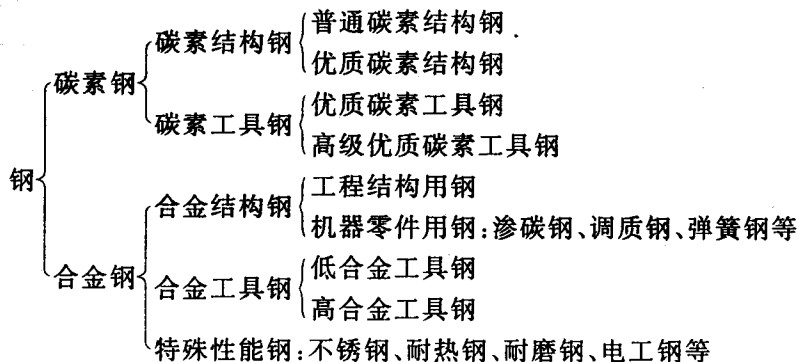
图 1-4 冲击韧度测定

1—摆锤 2—试样 3—实验机支座 4—刻度盘 5—指针

## 第二节 常用钢材

### 一、钢的分类

钢的种类很多,分类的方法也多。按化学成分可分为碳钢和合金钢,按用途可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢,按钢中有害元素硫、磷含量多少可分为普通钢、优质钢和高级优质钢。钢的分类如下:



### 二、碳钢

碳钢又称碳素钢,是一种含碳量小于2%,并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素的铁碳合金。硫、磷使钢产生脆性,是有害的元素。碳的含量对钢的力学性能有很大的影响(见图1-5)。随着含碳量的增加,钢的硬度不断提高,塑性和韧度不断下降。强度也是随着含碳量的增加而提高,但当含碳量超过1%后,强度呈下降趋势。

碳钢根据含碳量分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。低碳钢含碳量小于0.25%,塑性和韧度高,但强度较低。中碳钢含碳量为0.25%~0.6%,是制造机器零件最常用的钢材。高碳钢含碳量大于0.6%,经过热处理后,具有较高的硬度和较好的耐磨性,主要用来制造工具。

常用碳钢的牌号是根据其用途和质量确定的,主要有以下三类。

### 1. 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢牌号的表示方法是:由屈服点“屈”字汉语拼音的第一个字母“Q”、屈服点数值、质量等级符号(A、B、C、D)及脱氧方法符号(F、b、Z、TZ)等四部分按顺序组成。如Q235-A·F表示屈服强度值为235 MPa、质量为A级的沸腾钢。这类钢一般轧制成各种规格供应,主要用来制作各种型钢、薄板、冲压件、工程结构件以及受力不大的机械零件,如螺栓、螺母、小轴、键等。

### 2. 优质碳素结构钢

这类钢的硫、磷含量较低,材质比普通碳钢好,广泛用来制造机器零件。其牌号以两位数字表示,如08、10、15、20、70、75等。数字表示钢中平均含碳量的万分数,例如,45钢表示钢中平均含碳量为0.45%。

08、10、15、20、25钢属于低碳钢,强度低而塑性高,变形能力和焊接性能良好,大多轧制成薄板,用来制造容器或冷冲压件和焊接结构件。15钢和20钢还可用来制造表面需要渗碳的零件。

30、40、45、50钢属于中碳钢,强度、塑性和韧性配合比较好,得到广泛应用。40钢、45钢应用最广,常用来制造轴、齿轮、连杆等重要零件。

钢号中数值在60以上的钢,虽强度、硬度高,但塑性较低,使用受到限制,多用来制造弹簧等弹性零件或要求耐磨的零件。

### 3. 碳素工具钢

这类钢含碳量为0.65%~1.3%。在退火状态的硬度为190~210HBS,便于加工。经过淬火以后,硬度高达62HRC以上,主要用来制造刀具、模具和量具。其牌号有T7、T8……T13等。代号“T”后面的数字表示钢中平均含碳量的千分数,若牌号后加字母“A”,如T8A、T13A等,则表示高级优质钢。钢号中的数字愈大,表示含碳量愈高,则硬度愈高,耐磨性愈好,但脆性也愈大。所以应根据工具的工作条件选用钢号,例如手锤、钳工凿子宜用T7钢、T8钢,而锉刀、刮刀宜用T12钢、T13钢等。

## 三、合金钢

合金钢是在碳钢的基础上加入合金元素(如锰、硅、铬、镍等)所炼成的钢。合金元素总量小于5%的称为低合金钢,总量大于10%的称为高合金钢。按用途不同,合金钢分为结构钢、工具钢和特殊性能钢三类。

### 1. 合金结构钢

合金结构钢的钢号由“数字+元素+数字”三部分组成,如45Mn2和16Mn等。前面两位数字表示平均含碳量的万分数。合金元素以化学符号表示,当此元素平均含量小于1.5%时,只标

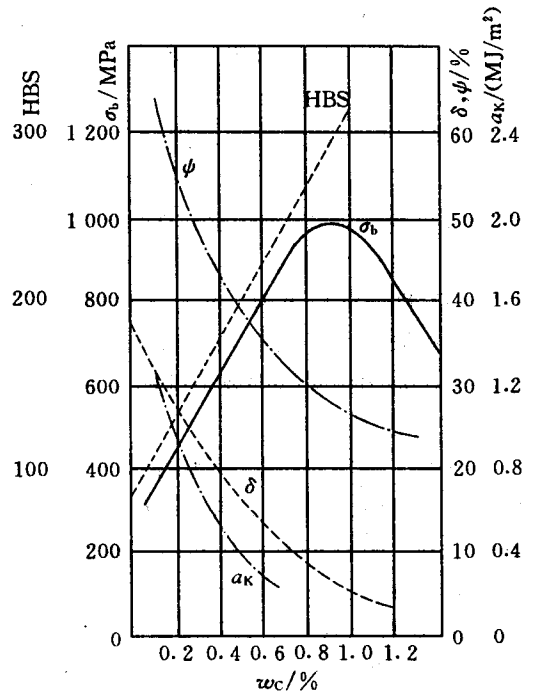


图 1-5 含碳量对钢的力学性能的影响

出元素符号而不标明含量;当其平均含量不小于1.5%或不小于2.5%时,则在元素后面标出2或3。如16Mn钢,表示平均含碳量为0.16%、平均含锰量小于1.5%的低合金钢。合金结构钢按用途可分为以下两类。

(1) **工程结构用钢** 常用的工程结构用钢的牌号有09MnV、16Mn、15MnV、15MnVN等,其中16Mn是我国产量最大、各种性能配合较好的钢材,应用最广。工程结构用钢的强度比同样含碳量的普通碳钢的强度有明显提高,而成本与普通碳钢的相近,所以工程结构用钢在桥梁、船舶、高压容器、石油化工设备、农业机械中应用日益广泛。

(2) **机器零件用钢** 机器零件用钢根据用途可分为合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢和滚动轴承钢四种,常用的钢有15Cr、20Cr、20CrMnTi、40Cr、40MnB、42MnVB、55Si2Mn等。低碳合金钢用来制造需要渗碳的零件,中碳合金钢用来制造重要的调质零件或重要的弹簧等。

## 2. 合金工具钢

合金工具钢是制造刀具、量具和模具的重要材料,经过适当的热处理以后,能获得相当高的硬度、耐磨性及其他性能。合金工具钢的牌号表示方法与结构钢的相似,不同之处是,合金工具钢平均含碳量不小于1%时,含碳量不标出;当含碳量小于1%时,钢号前的数字表示平均含碳量的千分数。工具钢的最后热处理多采用淬火与低温回火,以保证硬度和耐磨性。此外,其材质要求很严,合金工具钢都是高级优质钢。由于工作条件不同,合金工具钢可分为刃具钢、模具钢和量具钢。下面只介绍几种常用来制造刀具的材料。

(1) **低合金刃具钢** 这类钢主要用来制造切削速度不高、形状较复杂的刀具(如丝锥、板牙、钻头、铰刀等),也可用来制造量具和冷作模具。常用的钢有9SiCr、9Mn2V、CrWMn等。这类钢比碳素工具钢有更高的耐磨性和热硬性(达250~300℃)。热硬性是指刃部受热升温仍然维持高硬度(60HRC以上)的一种特性。低合金刃具钢的另一个优点是可以用油作淬火剂,热处理开裂和变形的倾向较小,所以适于制造形状较复杂的刀具。

(2) **高速钢** 高速钢是热硬性、耐磨性很高的高合金工具钢,热硬性可达600℃左右,能长期保持刃口锋利,可在比低合金工具钢更高的切削速度下工作,故此得名,最常用的钢有W18Cr4V(钨系高速钢)和W6Mo5Cr4V2(钨钼系高速钢)。高速钢目前广泛用来制造多种形状复杂的刀具(如成形铣刀、拉刀等)。

(3) **硬质合金** 硬质合金的硬度和耐磨性均很高,热硬性可达850~1000℃,硬质合金刀具的切削速度可比高速钢高4~7倍,是很重要的刀具材料。硬质合金是一种用碳化物粉末与钴粉末混合压形后烧结而成的粉末冶金材料,性脆,韧度差,故大都是制成简单形状的刀片再焊接在刀体上,或者用机械方法夹装在刀体上。不能用它取代高速钢来整体制造形状复杂的刀具,如齿轮刀具、拉刀等。目前常用的硬质合金刀片有两类:一类是钨钴类(YG类),常用的有YG8、YG6、YG3等,后面数字表示钴粉含量的百分数,其余为碳化钨粉末的含量;另一类是钨钛钴类(YT类),常用的有YT5、YT15、YT30等,后面数字表示碳化钛粉末的含量,其余为碳化钨粉末和钴粉末的含量。YG类硬质合金的韧度较好,适于加工铸铁、青铜等脆性材料;YT类硬质合金的耐热性较好,适于加工钢件。

## 四、钢铁火花鉴别法

钢铁火花鉴别法,是利用钢铁在砂轮机上磨削过程中出现各种不同的火花形态来区别钢铁材料的方法。钢铁的火花形态与化学成分有关,常用钢材和铸铁的火花形态如图1-6所示。碳钢中随着含碳量的提高,火花的流线(线条状光亮火花)逐渐增多,长度变短,粗度变细,而火

花爆裂的花数和花粉逐渐增多(见图1-6a、b、c)。灰铸铁虽然含碳量高,但碳主要以石墨形式存在,且铸铁中的硅抑制火花爆裂,故火花中的爆花数目很少,且流线短而粗,流线条数不多(见图1-6d)。高速钢中因有大量的钨,整个火花呈暗红色,无火花爆裂,流线首端为断续流线,尾端流线略有膨胀呈狐尾花(见图1-6e)。钢铁火花鉴别法简便实用,常用来区别成分不同的材料。

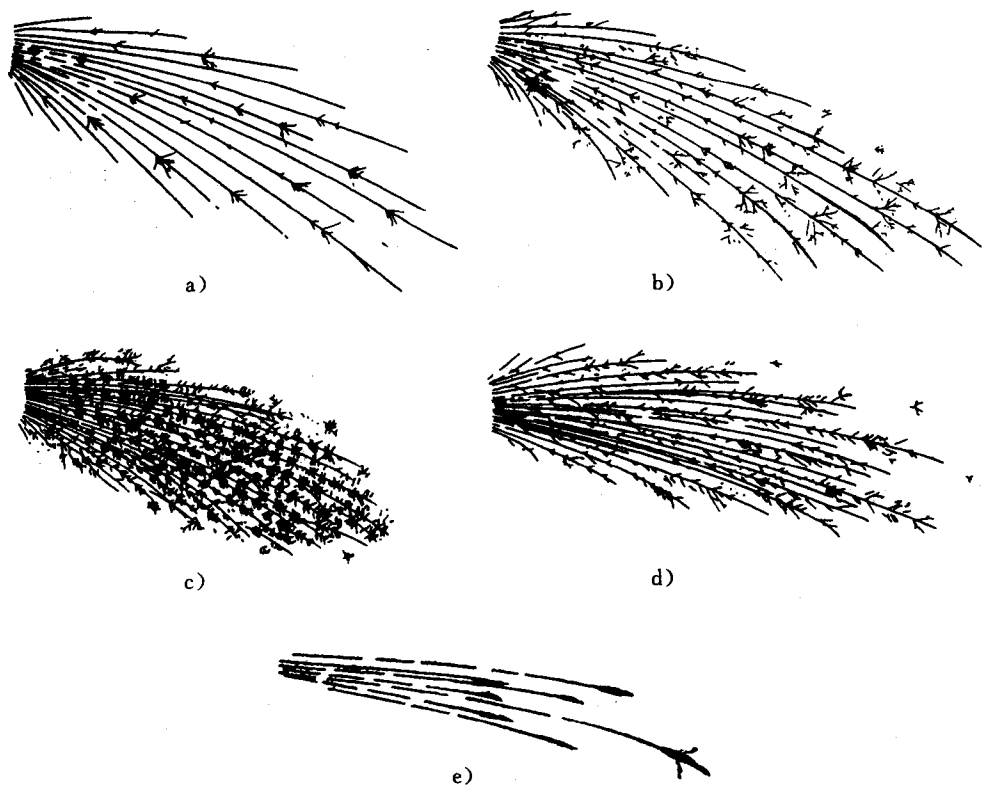


图 1-6 钢铁材料的火花特征  
a) 20 钢 b) 45 钢 c) T12 钢 d) 铸铁 HT200 e) 钨高速钢

### 第三节 钢的热处理

热处理是把钢件在固态下加热到一定的温度并进行保温后,以一定的冷却速度冷到室温,以改变钢的内部组织,从而获得所需性能的一种工艺方法。热处理只改变钢件内部组织与性能,不改变其形状和尺寸。常用的热处理工艺有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。钢的热处理工艺曲线如图 1-7 所示。

热处理的目的在于改善钢件的使用性能或工艺性能。根据热处理工序的作用可分为预先热处理和最终热处理两大类。预先热处理包括退火和正火,一般安排在铸造、锻造、焊接之后,切削加工之前,目的在于消除前一工序所造成的某些缺陷,或改善切削加工

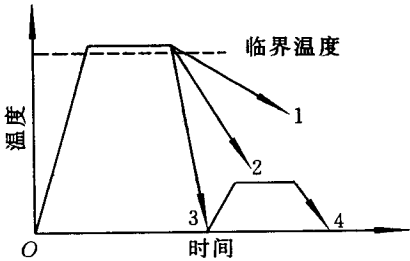


图 1-7 钢的热处理工艺曲线  
1—(完全)退火(随炉冷却)  
2—正火(空气中冷却)  
3—淬火(水冷或油冷) 4—回火

性能,或为最终热处理作组织准备。最终热处理一般都安排在零件加工的后期,包括淬火、回火和表面热处理等,目的在于获得零件最后所需要的组织,使零件性能达到规定的技术指标。

## 一、退火和正火

### 1. 退火

退火是把钢件放在炉中加热到一定的温度、保温以后进行缓慢冷却(通常随炉冷却)的热处理工艺。

退火用的加热设备有电炉、煤炉和油炉等,最常用的是如图 1-8 所示的箱式电阻炉。

根据退火的目的不同,最常用的退火有以下两种。

(1) 完全退火 完全退火简称退火,加热温度为  $800\sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,适用于低、中碳钢件,能使钢铸件、锻件、焊接件的粗大晶粒细化,改善不均匀的组织缺陷,并消除内应力。此外,完全退火还可降低中碳钢的硬度以利于切削加工。

(2) 去应力退火 去应力退火是将工件加热到  $500\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温  $1\sim 3\text{ h}$  后随炉缓慢冷却到室温的低温退火,用于消除锻压件、焊件和铸铁件的内应力。消除铸铁件内应力的另一方法是自然稳定化处理(自然时效),将铸铁件在露天长期放置(数月乃至数年),使内应力缓慢松弛,从而使尺寸稳定。

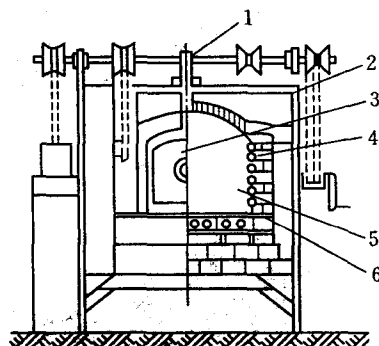


图 1-8 箱式电阻炉

1—热电偶 2—炉壳 3—炉门  
4—电热元件 5—炉膛 6—耐火砖

### 2. 正火

把钢件在炉内加热到  $800\sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温后在空气中冷却的热处理工艺称为正火。正火与完全退火工艺上很相似,但冷却速度比退火快。同一成分的钢材,正火后可得到比退火后更高的强度和硬度,所以对于一些性能要求不太高的中碳钢零件,可以用正火作为最终热处理。正火比退火生产率高,成本低。如果用正火能同样满足退火的技术要求,则应尽量采用正火。但若某些中碳钢件正火后硬度过高不易切削,则应仍采用退火。由于低碳钢件正火后切削加工性比退火状态好,所以低碳钢在切削加工前多进行正火处理。

### 3. 时效

时效是将零件加热到  $100\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、保温较长时间(一般  $5\sim 20\text{ h}$ )、以充分消除在冷塑性变形或切削加工过程中产生的内应力的一种方法。一些精度要求较高的工具、模具、量具以及精密零件,在切削加工后,往往进行时效,以达到消除内应力、稳定尺寸、提高使用寿命的目的。时效一般在油浴炉中进行,以使零件加热均匀且不致氧化。用加热的方法进行时效称为人工时效。在室温长期放置的方法称为自然时效,自然时效因生产周期长而较少采用。

## 二、淬火和回火

淬火和回火是两个紧密衔接的工序,钢件淬火后配合适当的回火,能获得适应多种要求的性能。

### 1. 淬火

淬火是把钢件加热到  $760\sim 820\text{ }^{\circ}\text{C}$ (高碳钢约  $760\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,中碳钢约  $820\text{ }^{\circ}\text{C}$ )、保温后迅速冷却的热处理工艺。淬火后获得淬火组织,使钢件具有高的硬度和较好的耐磨性。

淬火加热设备一般均采用盐浴炉。盐浴加热具有速度快、工件变形小、防止氧化与脱碳、便