

教育部高职高专推荐教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Tuijian Jiaocai

金工实习

非机械类专业适用

李永增 主编

高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS



金工实习

狄 平 主编

中国纺织大学出版社

内 容 提 要

本书根据国家教育部新颁“金工实习教学基本要求”编写的,主要作为教学计划中无金工理论课教学的非机械类专业金工实习教材。

本书共十一章,其内容包括:工程材料、铸造、锻压、焊接、切削加工基础知识、车削、刨铣磨削、钳工、特种加工与数控机床加工、零件的表面处理、热处理及表面处理实验。

本书可作为高等工科院校非机械类专业学生的金工实习教材,也适用于电视大学、职业大学的有关专业选用,并可作为有关专业工程技术人员、技术工人和中等专业学校、技工学校的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习/狄平主编—上海:中国纺织大学出版社,
2001.4

ISBN 7-81038-337-X

I.金… II.狄… III.金属加工—实习
IV.TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第13766号

责任编辑 邵 磊

封面设计 汪方芳

责任校对 张国华

金 工 实 习

狄 平 主 编

中国纺织大学出版社出版

(上海市延安西路1882号 邮政编码:200051)

南京展望照排印刷有限公司排版 常熟大宏印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行

开本:787×1092 1/16 印张:9.25 字数:222千字

2001年7月第1版 2001年7月第1次印刷

印数:0001—4 000

ISBN 7-81038-337-X/TH·04

定价:16.00元

前 言

本书根据国家教育部新颁“金工实习教学基本要求”,主要作为教学计划中无金工理论课教学的非机械类专业金工实习教材。

金工实习是一门实践性较强的技术基础课,它为大多数理工类专业的学生提供至关重要的机械制造工程技能训练。为了配合金工实习的教学改革,适应新形势下金工实习的要求,进一步加强实践教学,提高实践教学质量,并使学生在学习实践中和生产实践中受到全面素质的培养,因此,本书在编写中充分考虑到了这些特点和要求。由于非机类专业很多,教学要求不同,为使教材有较大的通用性,考虑到其他院校的情况,结合东华大学金工实习的特色,在原有的传统工艺基础上,本教材增加了讲课内容(力学性能、常用工程材料、热处理及表面处理),实验内容(热处理、表面处理的实验),增加新工艺、新技术的内容(如数控机床、数控线切割、特种加工等);根据金工实习的实际情况,相应增减实习内容,以满足金工实习教学改革的需要。

本书由东华大学狄平任主编,参加编写的教师有:东华大学陈守百、顾伟生、施耀祖、李苏琴、狄平、上海工程技术大学王怡刚。

本书承刘烈元、吴良同志主审。姜月玲同志描绘了全书插图,吴贺龙同志参与了大量的实验工作,东华大学原金工教研组全体教师提供了许多宝贵资料并给予了大力支持,谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳切希望同行和读者批评指正,以便改进。

编 者

2001.5

目 录

前 言	
第一章 工程材料	1
第一节 金属材料的力学性能	1
第二节 常用工程材料基础知识	4
第三节 钢的热处理基本知识	12
第二章 铸 造	15
第一节 砂型铸造	15
第二节 特种铸造	22
第三章 锻 压	26
第一节 锻 造	26
第二节 板料冲压	31
第三节 锻压新技术	36
第四章 焊 接	38
第一节 手工电弧焊	39
第二节 气焊与气割	42
第三节 其它焊接方法简介	43
第四节 焊接缺陷及质量检验	46
第五章 切削加工的基础知识	48
第一节 切削加工概述	48
第二节 刀具材料与刀具切削部分的几何形状	49
第三节 切削加工零件的技术要求简介	52
第四节 常用量具	54
第六章 车 削	56
第一节 概 述	56
第二节 车 床	57
第三节 车削操作	59
第四节 车削基本工艺	63
第五节 车削加工过程举例	67
第七章 刨削、铣削和磨削	70
第一节 刨 削	70
第二节 铣 削	78
第三节 磨 削	86

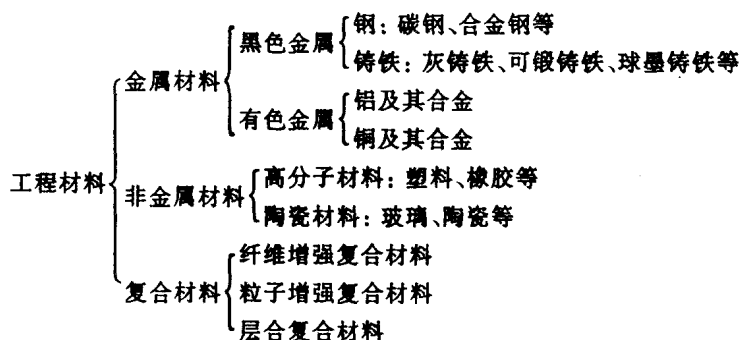
第八章 钳 工	91
第一节 划 线	91
第二节 锯 削	94
第三节 锉 削	95
第四节 钻 削	98
第五节 攻螺纹和套螺纹	101
第六节 装 配	102
第七节 锤子制作步骤	104
第九章 特种加工与数控机床加工	106
第一节 特种加工	106
第二节 数控机床加工	116
第十章 零件的表面处理	121
第一节 电镀、电刷镀和化学镀	121
第二节 化学转化膜技术	125
第三节 表面涂敷技术	126
第四节 新型表面改性技术	131
第五节 其它表面处理技术	133
第十一章 热处理及表面处理实验	135
实验一 钢的热处理	135
实验二 电刷镀镍	136
实验三 钢铁发黑处理	137
实验四 电火花表面强化	138
实验五 钢铁热浸镀锌	139
实验六 不锈钢表面抛光及电解蚀刻	140
实验七 黄铜及不锈钢的化学着色	141
参考文献	142

第一章 工程材料

材料是人类生产和生活的物质基础。在机械制造、交通运输、国防、科研和生活等各个领域中都需要使用大量的工程材料。

机械工程材料是指用于机械制造的各种材料的总称。生产中用来制作机械工程结构、零件和工具的机械工程材料大致分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类,具体分类如表 1-1。

表 1-1 工程材料分类表



第一节 金属材料的力学性能

金属材料受到外力作用时表现出来的性能称为力学性能。金属的力学性能主要有强度、塑性、硬度和冲击韧度等。

一、强度

金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力称为强度。

工程上常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。屈服强度和抗拉强度可用拉伸试验测定。将标准的拉伸试样(图 1-1a)装夹在拉伸试验机的两个夹头上,缓慢加载,试样逐渐

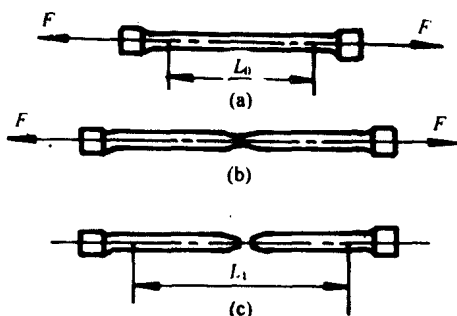


图 1-1 拉伸试样

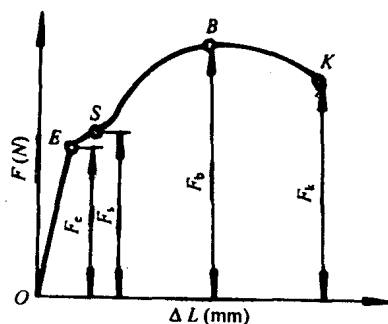


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

伸长,直至拉断为止(图 1-1c)。在拉伸过程中,试验机能自动绘出以拉力 F 为纵坐标,试样伸长量 ΔL 为横坐标的拉伸曲线。低碳钢的拉伸曲线如图 1-2 所示。

材料的强度是用应力表示的。当材料受到外力作用时,其内部产生与外力相平衡的内力。单位截面积上的内力称为应力,用 σ 表示,单位为 MPa。

在低碳钢的拉伸曲线中,OE 段外力较小,试样处于弹性变形阶段,外力去除,试样恢复原长。外力超过 F_e 后,试样除产生弹性变形外,还产生塑性变形,即外力去除后,试样不能恢复原长。当外力增大到 F_s 时,曲线从 S 点开始几乎为水平线段,这说明拉力不增大而伸长量却在继续增加。这种现象称为“屈服”。试样产生屈服现象时的应力称为屈服点即屈服强度,用 σ_s 表示。屈服强度可用下式计算

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

式中: σ_s ——屈服强度(MPa);

F_s ——试样产生屈服现象时的拉力(N);

A_0 ——试样原始横截面积(mm²)。

试样屈服后,开始产生明显的塑性变形。当拉力超过 F_s 后,随拉力增大,塑性变形明显增大。当拉力增大到 F_b 时,试样局部开始变细,产生“缩颈”(图 1-1b)。由于横截面积缩小,使试样继续变形所需拉力减小,到 F_k 时试样在缩颈处被拉断。试样在拉断前所能承受的最大应力值,称为抗拉强度,用 σ_b 表示。抗拉强度可用下式计算

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

式中: σ_b ——抗拉强度(MPa);

F_b ——试样在拉断前承受的最大拉力(N);

A_0 ——试样原始横截面积(mm²)。

屈服强度和抗拉强度是零件设计选材时的主要依据之一。

二、塑性

材料在外力作用下产生永久变形而不破坏的能力称为塑性。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ,它们在标准试样的拉伸试验中可以同时测出。

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

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

式中: L_0 ——试样原始标距长度(mm);

L_1 ——试样拉断后标距间长度(mm);

A_0 ——试样原始横截面积(mm²);

A_k ——试样断裂处的横截面积(mm²)。

伸长率 δ 的大小与试样尺寸有关。用标距长度等于 10 倍直径的试样测得的伸长率记为 δ_{10} 或 δ ,用标距长度等于 5 倍直径的短试样测得的伸长率记为 δ_5 。通常 δ_5 大于 δ_{10} 。 δ

和 ψ 愈大,材料的塑性愈好。虽然塑性不直接用于设计计算,但很多零件要求材料具有一定的塑性,以保证零件工作的安全性。要进行锻压成形加工的材料必须具有足够的塑性。

三、硬度

材料抵抗更硬物体压入其表面的能力称为硬度,它是衡量材料软硬程度的指标。常用的硬度指标有洛氏硬度和布氏硬度,它们需在相应的硬度计上测出。

1. 洛氏硬度

洛氏硬度的测定是用顶角为 120° 圆锥的金刚石或直径为 1.588 mm 的淬硬钢球作压头,以相应的载荷压入试样表面,由压痕深度确定其硬度值。压痕愈浅,硬度愈高。洛氏硬度可从硬度计读数装置上直接读出,由于其压痕小,可用于成品的检验。

洛氏硬度有三种常用标度,分别以HRC、HRB、HRA表示。硬度值数字写在字母前面,如60HRC、85HRB等。三种标度测出的硬度值不能直接相互比较大小。

三种洛氏硬度的符号、试验条件和应用范围如表1-2所示。

表1-2 三种洛氏硬度的符号、试验条件及应用举例

符号	压头	载荷 $N(\text{kgf})$	硬度值有效范围	应用举例
HRC	顶角 120° 圆锥的 金刚石	1470(150)	20~67HRC, 相当于225HBS以上	淬火钢、调质钢
HRB	直径 1.588 mm 淬硬钢球	980(100)	25~100HRB, 相当于60~230HBS	退火钢、 灰铸铁、有色金属
HRA	顶角 120° 圆锥 的金刚石	588(60)	70HRA以上, 相当于350HBS以上	硬质合金、 表面淬火钢

2. 布氏硬度

布氏硬度的测定方法:用直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球,以规定的载荷 F 压入试样表面,保持一定时间后,卸除载荷,取下试样,用读数显微镜测出表面压痕直径 d 。根据压痕直径、压头直径及所用载荷查表,可求出布氏硬度值。

布氏硬度为压痕单位球面积上承受的载荷,单位为 N/mm^2 (但一般都不写出)。用钢球压头时,以HBS表示,适用于硬度小于450HBS的退火钢、灰铸铁、有色金属等。用硬质合金球压头时,以HBW表示,适用于硬度小于650HBW的淬火钢等。

四、冲击韧度

金属材料在冲击载荷作用下抵抗断裂的能力称为冲击韧度。冲击韧度的测定在冲击试验机上进行。在一次摆锤冲击试验机试验时,冲击韧度是用一次冲断试样在单位断面积上所消耗的功的大小来表示。当冲断试样所消耗的功愈大,其冲击韧度就愈好。试验时,将标准试样(图1-3)放在摆锤冲击试验机(图1-4)的支座上,让摆锤从一定高度落下冲击试样。冲击韧度 α_K 可用下式计算

$$\alpha_K = \frac{W_K}{A}$$

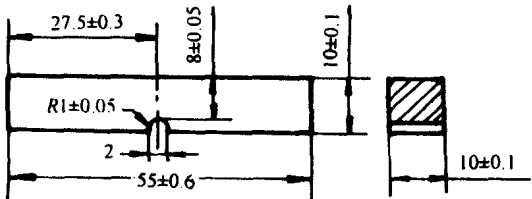
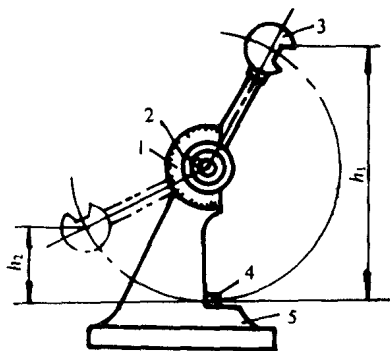


图1-3 冲击试样



1—刻度盘； 2—指针； 3—摆锤；
4—试样；5—支座

图 1-4 摆锤冲击试验机示意图

式中： α_K ——冲击韧度(J/cm^2)；

W_K ——打断试样的冲击吸收功(J)；

A ——试样缺口处的横截面积(cm^2)。

在冲击载荷下工作的零件,要求材料具有一定的冲击韧度。

第二节 常用工程材料基础知识

金属材料是工程上应用最广泛的一大类材料,主要是钢铁材料和铜、铝有色金属等。

一、钢铁材料

钢铁是以铁、碳为主要成分的合金,是应用最广泛的金属材料,包括碳素钢、合金钢和铸铁。

(一) 钢

钢是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金,有的还含有一些合金元素。

1. 钢的分类

钢的分类方法很多,常用的有以下三种。

1) 按化学成分分

根据钢的化学成分可分为碳素钢和合金钢两大类：

(1) 碳素钢 碳素钢中不含特意加入的合金元素,对其性能影响最大的是钢中碳的质量分数 w_C 。碳素钢按碳的质量分数分为低碳钢($w_C \leq 0.25\%$)、中碳钢($0.25\% < w_C \leq 0.60\%$)、高碳钢($w_C > 0.60\%$)。

(2) 合金钢 为了提高强度,增加耐磨性、耐蚀性等某些性能而有意识地在碳钢的基础上加入一定量的某些合金元素的钢称为合金钢。如在 40 钢中加入 1% 左右的铬就成 4Cr 合金钢。根据合金元素含量的多少,合金钢分为低合金钢(合金元素总质量分数 $< 5\%$)、中合金钢(合金元素总质量分数 $5\% \sim 10\%$)、高合金钢(合金元素总质量分数 $> 10\%$)。

2) 按用途分

按钢的用途可分为三大类：

(1) 结构钢 用于制造轴、齿轮等机器零件和桥梁、船舶等工程构件的钢称为结构钢。结构钢可分碳素结构钢、优质碳素结构钢和合金结构钢。

(2) 工具钢 用于制造刀具、模具、量具等各种工具的钢称为工具钢。工具钢可分碳素工具钢和合金工具钢。

(3) 特殊性能钢 用于制造耐蚀、耐磨、耐热等某些特殊性能工件的钢称为特殊性能钢。如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

3) 按钢的质量分

钢的质量优劣是按钢中所含有害杂质 S、P 多少划分的,根据钢中 S、P 含量的数量可分为普通钢($w_S \leq 0.050\%$, $w_P \leq 0.045\%$)、优质钢($w_S \leq 0.035\%$, $w_P \leq 0.035\%$)、高级优质钢($w_S \leq 0.025\%$, $w_P \leq 0.030\%$)。

2. 钢的牌号

我国钢的牌号采用阿拉伯数字、化学元素符号、汉语拼音字母相结合的方法表示,碳素钢牌号的含义如表 1-3,合金钢牌号的含义如表 1-4。

表 1-3 碳钢的编号方法

分 类	编 号 方 法	
	举 例	说 明
碳素结构钢	Q235 - A·F	“Q”为“屈”字的汉语拼音字首,后面的数字为屈服强度(MPa) A、B、C、D 表示质量等级,从左至右,质量依次提高 F、b、Z、TZ 依次表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢 Q235 - A·F 表示屈服强度为 235 MPa、质量为 A 级的沸腾钢
优质碳素结构钢	45 40Mn	两位数字表示钢的平均含碳量,以 0.01% 为单位。如钢号 45, 表示平均含碳量为 0.45% 的结构钢 化学元素符号 Mn 表示钢的含锰量较高
碳素工具钢	T8 T8A	“T”为“碳”字汉语拼音字首,后面的数字表示钢的平均含碳量, 以 0.10% 为单位。如 T8 表示平均含碳量为 0.8% 的工具钢。“A” 表示高级优质
一般工程用 铸造碳钢	ZG200 - 400	“ZG”代表铸钢。其后面第一组数字为屈服强度(MPa);第二组 数字为抗拉强度(MPa)。如 ZG200 - 400 表示屈服强度为 200 MPa、抗拉强度为 400 MPa 的碳素钢铸件

表 1-4 合金钢的编号

类 别	举 例	编 号 说 明
合金结构钢	20CrMnTi 60Si2Mn	前面两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万倍值,元素符号 表示所含合金元素,元素符号后面的数字表示该元素平均质量分 数的百倍值,质量分数小于 1.5% 时一般不标出,若为高级优质 钢,则在钢号后面加“A”。如 40Cr 表示 w_C 为 0.40%, $w_{Cr} < 1.5\%$ 的合金结构钢
合金工具钢	9SiCr CrWMn	前面一位数字表示钢中平均碳质量分数的千倍值,若 $w_C \geq$ 1.0% 时,则不标出。合金元素质量分数的表示方法与合金结构钢 相同。如 Cr12,表示 $w_C \geq 1.0\%$ 、 w_{Cr} 为 12% 的冷作模具钢
特殊性能钢	1Cr13 0Cr18Ni9	编号方法基本与合金工具钢相同,当 $w_C \leq 0.08\%$ 时,在钢号前 以“0”表示;当 $w_C \leq 0.03\%$ 时,在钢号前面以“00”表示。如 3Cr13, 表示 w_C 为 0.3%, w_{Cr} 为 13% 的不锈钢

3. 常用钢的主要力学性能及应用举例

常用钢的主要力学性能及应用举例如表 1-5 和表 1-6 所示。

表 1-5 常用碳素钢的主要力学性能及应用举例

类别	典型钢号	主要力学性能	应用举例
碳素结构钢	Q215	$\sigma_b \geq 335 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 26\%$ $\sigma_s \geq 165 \sim 215 \text{ MPa}$	塑性好,强度低。制造受力不大的零件,如垫圈、螺钉、螺母等
	Q235	$\sigma_b \geq 375 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 21\%$ $\sigma_s \geq 185 \sim 235 \text{ MPa}$	塑性较好,强度较低。制造金属构件、钢板、钢筋、型钢、螺栓、螺母等
	Q255	$\sigma_b \geq 410 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 19\%$ $\sigma_s \geq 205 \sim 255 \text{ MPa}$	有一定强度和塑性。制造小轴、销子、拉杆、链轮、链片等
优质碳素结构钢	08F	$\sigma_b \geq 295 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 35\%$ $\sigma_s \geq 175 \text{ MPa}$	强度、硬度很低,塑性韧度很高,深冲压深拉伸的冷加工性和焊接性很好。用于制造经受大变形的冲压件和焊接件,如外壳、盖、罩等
	10	$\sigma_b \geq 335 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 31\%$ $\sigma_s \geq 205 \text{ MPa}$	强度不高,塑性韧度很好,焊接性好。用于制造受力不大的焊接件,冲压件,如外壳、螺钉、销钉等
	20	$\sigma_b \geq 410 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 25\%$ $\sigma_s \geq 245 \text{ MPa}$	塑性好,易于焊接和冲压。制造受力不大的零件,如螺栓、螺母、垫圈、销子及渗碳零件等
	35	$\sigma_b \geq 530 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 20\%$ $\sigma_s \geq 315 \text{ MPa}$	强度硬度均较高,有较好的塑性,切削性。用于截面较小,受力较大的零件,如丝杆、转轴、曲轴、吊环、齿轮等。
	45	$\sigma_b \geq 600 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 16\%$ $\sigma_s \geq 355 \text{ MPa}$	综合力学性能好,切削加工性好。可用于受力较大的零件,如主轴、齿轮、曲轴、连杆、活塞销等
	55	$\sigma_b \geq 645 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 13\%$, $\sigma_s \geq 380 \text{ MPa}$	经热处理后具有高的强度和硬度,但塑性、韧度较差。用作要求较高强度和耐磨性或弹性、冲击载荷不大的零件,如齿轮、连杆、机床主轴、曲轴、弹簧等
	65	$\sigma_b \geq 695 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 10\%$ $\sigma_s \geq 420 \text{ MPa}$	有较高强度、弹性和耐磨性。可用于制造弹簧、凸轮、钢丝绳、偏心轮、轧辊等
碳素工具钢	75	$\sigma_b \geq 1080 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 7\%$ $\sigma_s \geq 880 \text{ MPa}$	经热处理后,强度、硬度高,较好的弹性。用作截面不大(一般 $\leq 20 \text{ mm}^2$)、承受强度不太高的各种板弹簧,螺旋弹簧,各种耐磨零件
	T7	淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	硬度较高,韧度较好。制造承受冲击,硬度适当的工具如起子、手钳、扁铲
	T8	淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	硬度高,韧度较好。制造承受冲击的工具,如扁铲、手钳、冲头
	T9	淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	韧度中等。制造要求硬度高的工具,如木工工具、凿岩工具等
	T10	淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	硬度高,韧度中等。制造不受剧烈冲击的工具,如手锯条、刨刀
	T11	淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	制造不受剧烈冲击,高硬度耐磨的工具,如车刀、刨刀、丝锥、手锯条
	T12	淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	硬度高,耐磨性好,韧度低。制造不受冲击的工具,如锉刀、刮刀

表 1-6 常用合金钢的性能特点及应用举例

类 别	典型钢号	性 能 特 点	应 用 举 例
低合金结构钢	16Mn	有较好的塑性、韧度,较高的强度,良好的焊接性。 $\sigma_s \geq 275 \sim 345 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 20\% \sim 22\%$	用于制造工程构件,如压力容器,桥梁,船舶等
合金渗碳钢	20Cr 20CrMnTi	热处理后表面硬度高,60~62HRC,耐磨性好,心部韧度好, $\alpha_K \geq 60 \text{ J/cm}^2$	用于制造汽车,拖拉机齿轮,以及重要轴类等
合金调质钢	40Cr	热处理后有良好的综合力学性能, σ_b : 980MPa, σ_s : 785MPa, δ : 9%, α_K : 60 J/cm ²	用于制作各种轴类、连杆、齿轮、重要螺栓等
合金弹簧钢	65Mn 60Si2Mn	热处理后有高屈服点(弹性好)及足够的韧度, $\sigma_s \geq 850 \text{ MPa}$, $\alpha_K \geq 25 \text{ J/cm}^2$	用于制作各种弹簧及弹性零件
滚动轴承钢	GCr15	热处理后硬度高(62~66HRC),耐磨性好,接触疲劳强度高	用于制作滚动轴承,丝杠等
低合金刀具钢	9SiCr CrWMn	热处理后硬度高($\geq 62 \text{ HRC}$),耐磨性好,有一定红硬性(300℃)	用于制作各种低速切削刀具,如丝锥,板牙,铰刀等。
高速钢	W18Cr4V	热处理后硬度高($\geq 63 \text{ HRC}$),耐磨性好,红硬性好(600℃)	用于制作各种高速切削刀具,如铣刀,钻头,刨刀、齿轮刀具等
冷作模具钢	Cr12MoV	热处理后硬度高(58~63HRC),耐磨性高,热处理变形小	用于制作冷作模具,如冲裁模,冷挤压模,拉丝模等
不锈钢	1Cr18Ni9	耐蚀性好,塑性好($\delta_5 \geq 40\%$)	用于制作硝酸、化工、化肥等工业设备零件
	4Cr13	淬火后硬度高(HRC $\geq 50 \text{ HRC}$)	用于制造刀具、阀门、手术器械、餐具等

(二) 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11%,并含有比钢较多的硅、锰元素及硫、磷等杂质的铁碳合金,它是由钢的基体和石墨组成的。

在工业上普遍使用的铸铁是断口呈暗灰色的灰口铸铁,其中的碳主要以石墨形式存在。按石墨形态不同,灰口铸铁可分为灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁等。

1. 灰铸铁

灰铸铁的性能与普通碳钢相比,具有如下特点:

(1) 力学性能低 这是由于灰铸铁中的石墨力学性能很低($\sigma_b = 20 \text{ MPa}$, $\text{HBS} = 3 \sim 5$, $\delta = 0\%$)。灰铸铁的显微组织中片状石墨起着割裂基体的作用,因此,可以看成分布着许多裂纹的钢。石墨片的尖端处还会产生应力集中,所以灰铸铁的抗拉强度远低于钢,而塑性、韧度等于零,是一种脆性材料。石墨片的量愈多,尺寸愈大,其影响也愈大,但石墨片对灰铸铁的抗压强度影响不大。

(2) 耐磨性和减振性 由于铸铁中的石墨有利于润滑和贮油,故耐磨性好。又由于石墨组织较松软,能吸收振动,使灰铸铁具有良好的减振性。

(3) 工艺性能 由于灰铸铁的熔点低,流动性好,凝固过程析出比容大的石墨,其收缩小,铸造性能好;由于石墨割裂基体,从而使灰铸铁的切屑易脆断,其切削加工性能良好。

灰铸铁的牌号、性能、组织及应用见表 1-7。

表 1-7 灰铸铁的牌号、性能与用途

分类	牌 号	铸件主要 壁厚/mm	σ_b /MPa (不小于)	显微组织		用途举例
				基体	石墨	
普通灰铸铁	HT100	> 2.5 ~ 10	130	F	粗片	低载荷和不重要的零件,如盖、外罩、手轮、重锤、支架等
		> 10 ~ 20	100			
		> 20 ~ 30	90			
		> 30 ~ 50	80			
	HT150	> 2.5 ~ 10	175	F + P	较粗片状	承受中等载荷零件,如机床支架、箱体、带轮、刀架、阀体、锅炉省煤器、飞轮等
		> 10 ~ 20	145			
		> 20 ~ 30	130			
		> 30 ~ 50	120			
	HT200	> 2.5 ~ 10	220	P	中等片状	承受中等载荷的重要零件,如气缸、齿轮、齿条、一般机床床身等
		> 10 ~ 20	195			
		> 20 ~ 30	170			
		> 30 ~ 50	160			
	HT250	> 4.0 ~ 10	270	P(较细)	较细片状	承受较大载荷和较重要的零件,如气缸、齿轮、凸轮、油缸、轴承座、联轴器
		> 10 ~ 20	240			
		> 20 ~ 30	220			
		> 30 ~ 50	200			
孕育灰铸铁	HT300	> 10 ~ 20	290	P(细)	细小片状	承受高载荷的重要零件,如压力机床床身、高压液压筒、车床卡盘、凸轮、齿轮等
		> 20 ~ 30	250			
		> 30 ~ 50	230			
	HT350	> 10 ~ 20	340			
		> 20 ~ 30	290			
		> 30 ~ 50	260			

注:部分内容摘自 GB9439-88。

2. 可锻铸铁

可锻铸铁中的石墨呈团絮状。与灰铸铁相比,强度较高,并有一定的塑性和韧度,但不能锻造。可锻铸铁适于制造形状复杂、工作时承受冲击、振动、扭转等载荷的薄壁零件,如汽车、拖拉机后桥壳、转向器壳、管子接头和板手等。

我国常用的可锻铸铁有黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁,其牌号分别由“KTH”、“KTZ”和两组数字组成。“KTH”表示黑心可锻铸铁,“KTZ”表示珠光体可锻铸铁,前一组数字表示抗拉强度最低值,后一组数字表示伸长率最低值。如 KTH350-10,表示 $\sigma_b \geq 350$ MPa, $\delta_3 \geq 10\%$ 的黑心可锻铸铁;KTZ550-04 表示 $\sigma_b \geq 550$ MPa, $\delta_3 \geq 4\%$ 的珠光体可锻铸铁。

可锻铸铁的牌号、性能及用途举例见表 1-8。

表 1-8 常用可锻铸铁的牌号、性能及用途

种类	牌 号	试样 直径 (mm)	力 学 性 能				用 途 举 例
			σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ /%	HBS	
			不 小 于				
黑 心 可 锻 铸 铁	KTH300-06	12 或 15	300		6	不大于 150	弯头、三通管件、中低压阀门等
	KTH330-08		330		8		扳手、犁刀、犁柱、车轮壳等
	KTH350-10		350	200	10		汽车、拖拉机前后轮壳、减速器壳、转向节壳、制动器及铁道零件等
	KTH370-12		370		12		
珠 光 体 可 锻 铸 铁	KTZ450-06	12 或 15	450	270	6	150~200	载荷较高和耐磨损零件,如曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、活塞环、轴套、耙片、万向接头、棘轮、扳手、传动链条等
	KTZ550-04		550	340	4	180~250	
	KTZ650-02		650	430	2	210~260	
	KTZ700-02		700	530	2	240~290	

注: 牌号、力学性能摘自 GB9440-88《可锻铸铁件》。

3. 球墨铸铁

球墨铸铁中的石墨呈球状。球墨铸铁的强度比灰铸铁高,也比可锻铸铁高,并且有较好的塑性和韧度,可用于制造一些受力复杂、承受载荷较大的零件,如曲轴、连杆、凸轮轴、齿轮等。

球墨铸铁的牌号由“QT”和两组数字组成。“QT”表示球墨铸铁,前一组数字表示抗拉强度最低值,后一组数字表示伸长率最低值,如 QT450-10,表示 $\sigma_b \geq 450$ MPa, $\delta \geq 10\%$ 的球墨铸铁。

球墨铸铁的牌号、性能及用途举例见表 1-9

表 1-9 球墨铸铁的牌号、性能与用途

牌 号	基体组织	力学性能(不小于)			HB	用 途 举 例
		σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ /%		
QT400-18	F	400	250	18	130~180	汽车、拖拉机上的轮毂、离合器壳、拨叉、阀门的阀体、阀盖、压缩机气缸、农机具上的犁托、犁柱等
QT400-15	F	400	250	15	130~180	
QT450-10	F	450	310	10	160~210	
QT500-7	F+P	500	320	7	170~230	机油泵齿轮、铁路机车车辆轴瓦、水轮机的阀门体等
QT600-3	P+F	600	370	3	190~270	内燃机曲轴、凸轮轴、气缸套、连杆、部分磨床、铣床、车床的主轴、空压机、制氧机、泵的曲轴、缸体、缸套、桥式起重机大小车滚轮、小型水轮机主轴等
QT700-2	P	700	420	2	225~305	
QT800-2	P 或 S _团	800	480	2	245~335	
QT900-2	B _T 或 M _团	900	600	2	280~360	汽车、拖拉机传动齿轮、柴油机凸轮轴、农机具上犁铧、耙片等

注: 部分内容摘自 GB1348-88。

二、有色金属材料

工业上把钢铁材料称为黑色金属,把钢铁以外的金属称为有色金属。有色金属的种类很多,下面仅对铜、铝及其合金作一简介。

1. 铜及其合金

纯铜又称紫铜,具有优良的导电性、导热性和耐蚀性。纯铜的强度低,塑性好,工业纯铜(如 T2、T3 等)主要用于制造电缆、油管等,很少用来制造机器零件。

黄铜是以锌为主要合金元素的铜合金。加入适量的锌,能提高铜的强度、塑性和耐蚀性。只加锌的铜合金称为普通黄铜(如 H62、H70 等);若在其中再加适量的铅、锰、锡、硅、铝等元素可形成特殊黄铜(如 HPb59-1、HMn58-2 等),能进一步提高其力学性能、耐蚀性和切削加工性;还有可用于铸造的铸造黄铜(如 ZCuZn38)。普通黄铜的牌号是以铜的含量百分数为命名的,如 70 黄铜表示含铜量为 70% 的铜锌合金,其代号用“黄”字汉语拼音字首“H”表示,其后附以数字表示其平均含铜量的百分数,如 70 黄铜的代号为 H70。黄铜主要用于制造弹簧、垫圈、螺钉、衬套及各种小五金。

青铜原指铜锡合金,现把以铝、硅、铅等为主要加入元素的铜合金也称为青铜。青铜按主加元素的不同分锡青铜(如 QSn4-3)、铝青铜(如 QAl5)、铍青铜(如 QBe2)及用于铸造的铸造青铜(如 ZCuSn10Pb1)等。锡青铜的牌号是以主加元素命名的,如“4-3 锡青铜”表示含锡 4%、含锌 3% 的铜-锡-锌合金,其代号以“青”字汉语拼音字首“Q”表示,其后附以主加元素的符号,其后数字表示除铜以外的其它合金元素的平均含量百分数,如代号 QSn4-3 表示含 4% Sn 和 3% Zn 的锡青铜。青铜的减摩性好,耐蚀性好,主要用于制造轴瓦、蜗轮及要求减摩、耐蚀的零件。

2. 铝及其合金

纯铝的密度小(2.7 g/cm^3),导电导热性仅次于银和铜,在大气中有良好的耐蚀性,强度低,塑性好。工业纯铝(如 L2、L4 等)主要用于制造电缆和日用器皿等。

铝与硅、铜、镁、锰等元素组成的铝合金,强度较高。铝合金分形变铝合金和铸造铝合金。

形变铝合金的塑性好,常制成板材、管材等型材,用于制造蒙皮、油箱、铆钉和飞机构件等。按主要性能特点和用途,形变铝合金又可分为防锈铝(如 LF5),硬铝(如 LY11)、超硬铝(如 LC4)和锻铝(如 LD7)。

铸造铝合金(如 ZA1Si12)的铸造性好,一般用于制造形状复杂及有一定力学性能要求的零件,如仪表壳体、内燃机汽缸、活塞、泵体等。

铜、铝及其合金的牌号说明可查阅有关书籍。

三、非金属材料

长期以来,金属一直是工程上使用的主要材料。这是由于金属材料具有良好的力学性能和工艺性能的缘故。但随着科学技术的发展,工程设计对材料的要求愈来愈高,不但要求高强度,而且要求质轻、耐蚀、耐高低温和良好的电气性能等。因此,近年来已有许多非金属材料如塑料、橡胶、陶瓷及复合材料等用于各类工程结构。

1. 塑料

塑料是以合成树脂为基础,加入各种添加剂(如增塑剂、润滑剂、稳定剂、填充剂等)制

成的高分子材料。塑料具有密度低、耐蚀性好、电绝缘性好、减摩耐磨性好、成形万便等优点。塑料的缺点是强度硬度低、耐热性差、易老化。

塑料按应用范围分通用塑料和工程塑料。通用塑料是日常生活中应用的塑料,如聚乙烯、聚氯乙烯等。工程塑料是在机械设备和工程结构上应用的塑料,它具有良好的力学性能和特殊性能,可代替金属制作工程构件,如聚碳酸脂、聚酰胺、聚四氟乙烯等。表 1-10 所示为几种常用工程塑料的主要特性和应用举例。

表 1-10 几种常用工程塑料的主要特性和应用举例

名称	主要特性	应用举例
聚甲醛	耐疲劳性高,自润滑性和耐磨性好。但热稳定性较差,易燃烧,曝晒易老化	耐磨传动件,如无油轴承、凸轮、齿轮、运输带
聚酰胺	减摩耐磨性好,坚韧,耐疲劳,耐蚀性好。但成形收缩率大,不耐热,俗称“尼龙”	耐磨传动件,如齿轮、蜗轮、密封圈、螺钉螺母、尼龙纤维布
聚碳酸脂	冲击韧度高,耐热耐寒稳定性好,透明,俗称“透明金属”。但自润滑和耐磨性较差	受冲击零件,如轻载齿轮、挡风玻璃、头盔、高压绝缘器件
聚四氟乙烯	耐高低温、耐蚀性、电绝缘性优异;摩擦系数极低,俗称“塑料王”。但强度较低,加工性较差	耐蚀件、减摩件、绝缘件,如管道、泵、阀门、轴承、密封圈
ABS	冲击韧度与刚性较好,吸水性低,表面易电镀金属	小型泵叶轮、仪表罩壳、水表外壳、空气调节管

2. 橡胶

橡胶是在室温下处于高弹态的高分子材料。工业上使用的橡胶是在生胶(天然或合成的)中加入各种配合剂(硫化剂,填充剂,软化剂,发泡剂)经硫化后制成的。橡胶最大特点是弹性好,具有良好的吸振性、电绝缘性、耐磨性和化学稳定性。

橡胶分天然橡胶和合成橡胶。天然橡胶有很好的综合性能,广泛用于制造轮胎、胶带、胶管等。合成橡胶种类很多,常用的有丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶等。常用于制造机械中的密封圈、减振器、电线包皮、轮胎、胶带等。

3. 陶瓷

陶瓷包括整个硅酸盐材料和氧化物材料,是无机非金属材料的总称。陶瓷具有高硬度、高耐磨性、高熔点、高化学稳定性、高抗压强度。但很脆,抗拉强度低。

陶瓷分普通陶瓷和特种陶瓷。普通陶瓷是天然粘土制品,广泛用于建筑工程、一般电气工业、生活用品及艺术品等。特种陶瓷是为满足工程上的特殊需要用人工提炼的、纯度较高的化合物制成的陶瓷,如高温陶瓷、电容器陶瓷、磁性陶瓷、压电陶瓷等。

4. 复合材料

复合材料是由两种或两种以上性质不同的物质组成的人工合成材料。复合材料既保留了组成材料各自的优点,又得到了单一材料无法具备的优良综合性能,突出的特点是质轻,综合力学性能好,是人们按照性能要求而设计的一种新型材料。

组成复合材料的物质可分两类:一类为基体材料,起粘结剂作用;另一类是增强材料,起提高强度和韧度的作用。按增强材料形态的不同,复合材料分为纤维复合、层叠复合、颗粒复合三种类型。目前应用较多的是纤维复合材料,如玻璃纤维树脂复合材料、碳纤维树脂复合材料。玻璃纤维树脂复合材料俗称玻璃钢,是应用最多的复合材料。