

高等学校试用教材

# 金属工艺学实习教材

(非机械类专业用)

同济大学金属工艺学教研室 编

人民教育出版社

高等学校试用教材

# 金属工艺学实习教材

(非机械类专业用)

同济大学金属工艺学教研室 编

人民教育出版社

## 内 容 提 要

本书系根据1980年5月审订的高等工业学校四年制非机械类专业试用《金属工艺学教学大纲》(草案)编写的,供只有金工实习、没有课堂教学,或只有部分内容讲授时用作实习教材,也可供机械类各专业在金工实习中参考。

全书共六章,分两部分:热加工部分包括钢铁及热处理的基本知识、铸工、锻压、焊工等内容;冷加工部分包括机工(车工、铣工、刨工、磨工)和钳工。

本书由西安交通大学范全福主审,由大连工学院罗胜初、北京航空学院彭德一、广西大学王世平参加的审稿会议复审,经金属工艺学编审小组讨论通过,可作为高等学校试用教材出版。

高等学校试用教材  
**金属工艺学实习教材**  
(非机械类专业用)  
同济大学金属工艺学教研室 编

人民教育出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
上海商务印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 7.5 字数 170,000  
1982年9月第1版 1983年4月第1次印刷  
印数 00,001—21,500

书号 15012·0427 定价 0.74 元

## 前 言

本书是在我校 1963 年编写的“金属工艺学”讲义的基础上,根据 1980 年 5 月审订的非机械类专业试用《金属工艺学教学大纲》(草案)中教学实习部分,改编而成的。本书可供只有金工实习、没有课堂教学,或在金工实习中只进行部分内容讲授的非机械类专业学生用作实习教材,也可供机械类专业学生在金工实习中参考。

编写本书的目的是使学生能正确掌握基本操作方法,巩固实习中的感性知识,并初步使之条理化。因此,按照金属工艺学实习大纲的要求,本书内容的重点是以指导学生独立操作为主,介绍金属材料的主要加工方法、常用设备和工具的使用。在阐述各主要工种之前,先提出实习的目的和要求;为使学生能安全实习,附有安全技术规则,引导学生重视安全、遵守各项规则。在各主要工种之后,编有操作示例,供学生实习时参考。此外,为便于学生复习巩固所学到的基本知识,每章附有复习思考题。

由于很多专业在金工实习中不进行或只进行部分内容讲授,因此,为使实习教材有较大的通用性,书中有些内容已适当扩大,如增加钢铁及热处理基本知识和零件结构工艺性等。其他章节在内容取舍上也有类似情况,以适应这些专业的特点和要求。

参加本书编写工作的有:孙鼎伦、钱增新、陈全明、张庆云、叶士良、仲正华、吴庆年。毕振扬也参加了工作。本书由孙鼎伦主编,陈全明在统稿和修改过程中做了较多的工作,钱增新对全书作了认真的审阅。

本书承西安交通大学范全福、大连工学院罗胜初、北京航空学院彭德一、广西大学王世平等同志担任复审工作,并提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,实践基础不够,书中一定存在不少缺点和错误,恳切希望广大读者批评指正,以便改进。

编 者  
1982.7.

# 目 录

前 言	
<b>第一章 钢铁及热处理的基本知识</b> .....	1
第一节 金属材料的机械性能 .....	1
第二节 碳素钢和合金钢 .....	2
第三节 铸铁 .....	5
第四节 热处理的概念 .....	7
复习思考题 .....	8
<b>第二章 铸工</b> .....	9
目的和要求 .....	9
铸工实习安全技术 .....	9
第一节 模型和型芯盒 .....	10
第二节 型砂和型芯砂 .....	11
第三节 造型和造型芯 .....	12
第四节 砂型铸造工艺示例 .....	19
第五节 铸铁的熔化及浇注 .....	21
第六节 常见的铸造缺陷及产生原因 .....	24
第七节 特种铸造 .....	24
第八节 铸件的结构工艺性 .....	27
复习思考题 .....	28
<b>第三章 锻压</b> .....	29
目的和要求 .....	29
锻压实习安全技术 .....	29
第一节 锻造 .....	30
第二节 冲压简介 .....	40
复习思考题 .....	42
<b>第四章 焊工</b> .....	43
目的和要求 .....	43
焊工实习安全技术 .....	43
第一节 手工电弧焊 .....	43
第二节 气焊和气割 .....	49
第三节 接触焊 .....	52
第四节 常用金属材料的焊接特点 .....	53
第五节 焊件的结构工艺性 .....	54
复习思考题 .....	56
<b>第五章 机工</b> .....	57
目的和要求 .....	57
机工实习安全技术 .....	57
第一节 车工 .....	58
第二节 钻孔、扩孔和铰孔 .....	76
第三节 铣工 .....	79
附：展成法加工圆柱齿轮简介 .....	86
第四节 刨工 .....	87
第五节 磨工 .....	91
第六节 常见表面的加工方法 .....	94
第七节 机械加工零件的结构工艺性 .....	95
复习思考题 .....	97
<b>第六章 钳工</b> .....	98
目的和要求 .....	98
钳工实习安全技术 .....	98
第一节 划线 .....	98
第二节 凿削 .....	101
第三节 锯切 .....	102
第四节 锉削 .....	104
第五节 攻丝和套扣 .....	106
第六节 刮削 .....	107
第七节 操作示例 .....	109
第八节 装配 .....	112
复习思考题 .....	116

# 第一章 钢铁及热处理的基本知识

## 第一节 金属材料的机械性能

金属材料,特别是钢铁,在机械制造中获得广泛应用,主要是因为具有机械零件所需的物理、化学和机械性能,并适于采用不同的制造方法(如铸造、锻压、焊接和切削加工等),即具有良好的工艺性能。

金属材料的机械性能是指金属材料在外力作用下,表现出来的特性,包括强度、硬度、塑性和冲击韧性等。

### 一、强度

在外力作用下,材料抵抗变形和断裂的能力,称为强度。为了测定金属材料的强度,可进行拉力试验。首先将标准拉力试样(图 1-1)夹持在拉伸试验机的两个夹头上,然后逐渐增加拉力,直至试样被拉断为止。把试样所受的载荷与试样相应的伸长量绘成的曲线,称为拉伸图。图 1-2 为低碳钢的拉伸图。

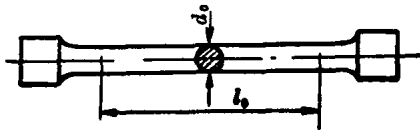


图 1-1 标准拉力试样

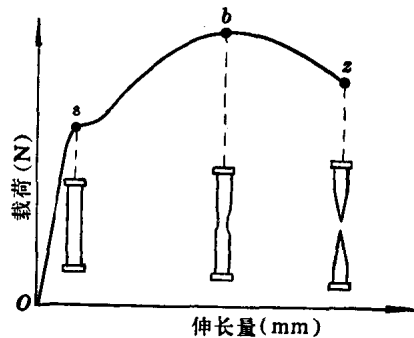


图 1-2 低碳钢的拉伸图

当材料受外力而未引起破坏时,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。

试样在受拉过程中,当载荷不再增加,而伸长量继续增加(如图 1-2 中 s 点),这种现象称为屈服。材料产生屈服现象时的应力,即材料开始出现塑性变形的应力,称为屈服强度。

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

式中  $P_s$ ——刚开始产生塑性变形时的载荷,牛顿(N);

$F_0$ ——试样原横截面积,米<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>);

$\sigma_s$ ——屈服强度,帕斯卡(Pa)。

试样在受拉过程中,从开始加载到断裂前所能承受的最大应力,称为抗拉强度;

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

式中  $P_0$ ——试样在拉断前的最大载荷, 牛顿(N);

$F_0$ ——试样原横截面积, 米<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>);

$\sigma_b$ ——抗拉强度, 帕斯卡(Pa)。

对于大多数机械零件, 工作时不允许产生塑性变形, 所以屈服强度是零件设计的主要参数; 而对于因断裂而失效的零件, 则用抗拉强度作为零件设计的主要参数。

## 二、塑性

材料在外力作用下产生塑性变形而不断裂的能力, 称为塑性。常用的塑性指标有延伸率( $\delta$ )和断面收缩率( $\psi$ )。

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

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中  $L_0$ ——试样原来长度, 毫米(mm);

$L_1$ ——试样拉断后长度, 毫米(mm);

$F_0$ ——试样原横截面积, 米<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>);

$F_1$ ——试样断裂处的横截面积, 米<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>)。

对于同样材料, 用不同长度的试样测得的延伸率数值不同。因此对不同尺寸的试样应标以不同符号。例如, 用长度为直径 5 倍的试样测得的延伸率以  $\delta_5$  表示; 用长度为直径 10 倍的试样测得的延伸率以  $\delta_{10}$  表示,  $\delta_{10}$  通常简写成  $\delta$ 。

材料具有一定的塑性才能进行压力加工, 如冷冲、冷弯等。此外, 具有良好塑性的零件, 万一超载不致于立即断裂。

## 三、硬度

金属材料抵抗外物压入的能力, 称为硬度。测定硬度常用压入法: 把淬硬的钢球或金刚石圆锥压入金属材料的表层, 然后根据压痕的面积或深度来测定被测金属的硬度值。常用的硬度指标有布氏硬度(HB)和洛氏硬度(HRC)。

由于硬度试验简便易行, 在不破坏产品的情况下就可进行, 而且硬度值和其它机械性能指标(如抗拉强度等)有一定的关系, 所以在零件的技术条件中常标注硬度要求。

## 四、冲击韧性

材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力, 称为冲击韧性。冲击韧性的测定是在冲击试验机上用一定高度的摆锤将试样打断。测出打断试样所需的冲击功  $A_k$ , 焦耳(J), 再用试样断口处的截面积  $F$ (m<sup>2</sup>)去除, 所得的商值, 即为冲击韧性值  $a_k$ , 单位为 J/m<sup>2</sup>。

# 第二节 碳素钢和合金钢

## 一、碳素钢

碳素钢是指含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。在碳素钢中, 当含碳量小于 1% 时, 随着含碳量的增加, 钢的强度、硬度增加, 塑性、韧性降低。但含碳量大于 1% 时, 随着含碳量的增加, 钢的强度开始降低, 所以工业上应用的碳素钢含碳量一般不超过 1.4%。碳素钢中除含有铁和

碳两种主要元素外,还有硅、锰、硫、磷等杂质。其中,硫和磷是有害杂质,使钢的性能变脆,所以钢的质量高低主要按硫、磷的含量而定。

### (一) 碳素钢的分类

碳素钢的分类方法很多。下面介绍常用的两种;

#### 1. 按钢的含碳量分

低碳钢——含碳量  $\leq 0.25\%$ ;

中碳钢——含碳量  $> 0.25 \sim 0.6\%$ ;

高碳钢——含碳量  $> 0.6\%$ 。

#### 2. 按用途分

碳素结构钢——主要用于制造机械零件(如螺钉、轴、齿轮等)和工程结构(如桥梁、建筑构件等);

碳素工具钢——主要用于制造工具、刀具、量具、模具等。

### (二) 碳素钢的编号和用途

钢的品种很多。为了在生产、加工和使用过程中不致造成混乱,必须对各种钢材进行命名和编号。

#### 1. 普通碳素结构钢

按照供应时保证条件的不同,普通碳素结构钢又分为甲类钢、乙类钢和特类钢三种。

(1) 甲类钢 这类钢材供应时保证机械性能。用户可根据零件要求的性能直接选用。其钢号用“甲”(或“A”)加上阿拉伯顺序数字表示。共分七级,即甲1、甲2…甲7(或A1、A2…A7)。随着顺序数字的增加,钢的强度增加,而塑性降低。甲类普通碳素结构钢的机械性能和用途,如表1-1所示。

(2) 乙类钢 这类钢材供应时保证化学成分。用户可根据钢材的化学成分确定锻压或热处理的加热规范。其钢号用“乙”(或“B”)加上阿拉伯顺序数字表示。共分七级,即乙1、乙2…乙7(或B1、B2…B7)。随着顺序数字的增加,含碳量增加,B7的含碳量为 $0.50 \sim 0.62\%$ 。

(3) 特类钢 这类钢材供应时按用户提出的要求,既保证化学成分又保证机械性能。它的钢号有:C2、C3、C4、C5。但生产中应用较少。

#### 2. 优质碳素结构钢

根据钢中含锰量不同,优质碳素结构钢又分为普通含锰量钢和较高含锰量钢两种。

优质碳素结构钢的编号用两位数字表示,这两位数字代表钢中平均含碳量,以 $0.01\%$ 为单位。例如,钢号45表示平均含碳量为 $0.45\%$ 的普通含锰量的优质碳素结构钢。如果是较高含锰量钢,在两位数字后面附以“锰”字(或“Mn”),如45锰(或45Mn)等。

部分优质碳素结构钢的机械性能和用途,如表1-2所示。

#### 3. 碳素工具钢

工具需要具有较高的硬度和耐磨性,所以碳素工具钢的含碳量较高,一般大于 $0.7\%$ 。

碳素工具钢的编号是在“碳”(或“T”)的后面附以数字来表示,数字代表钢中平均含碳量,以 $0.1\%$ 为单位。例如,钢号碳12(或T12)表示平均含碳量为 $1.2\%$ 的碳素工具钢。如果是



表 1-1 甲类普通碳素结构钢的机械性能和用途

钢号	机械性能				应用举例
	$\sigma_s$ (MPa) $\geq$	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%) $\geq$	$\delta_{10}$ (%) $\geq$	
A1	—	320~400	33	28	建筑构件、金属结构、铆钉、螺栓、螺母、垫圈、短轴、心轴等
A2	220	340~420	31	26	
A3	240	380~400	27	23	
		410~430	26	22	
		440~470	25	21	
A4	260	420~440	25	21	键、销、转轴、拉杆、齿轮等
		450~480	24	20	
		490~520	23	19	
A5	280	500~530	21	17	
		540~570	20	16	
		580~620	19	15	
A6	310	600~630	16	13	链轮、链环片、摩擦离合器、刹车钢带等
		640~670	15	12	
		680~720	14	11	
A7	—	700~740	11	9	
		$\geq 750$	10	8	

注：表中 $\sigma_s$ 数据适用于圆钢直径 $\leq 40$  mm，型钢和异型钢厚度 $\leq 15$  mm，钢板厚度为4~20 mm。

表 1-2 部分优质碳素结构钢的机械性能及用途

钢组	钢号	机械性能					应用举例
		$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$a_k$ (MJ/m <sup>2</sup> )	
普通含锰量钢		$\geq$					这类低碳钢由于强度低，塑性好，易于冲压与焊接，一般用于制造受力不大的零件，如螺栓、螺母、垫圈、小轴、销子、链等。经过表面渗碳与氰化处理可用作表面要求耐磨、耐腐蚀的机械零件  这类中碳钢的综合机械性能和切削加工性均较好，可用于制造受力较大的零件，如主轴、曲轴、齿轮、连杆、活塞销等  这类钢有较高的强度、弹性和耐磨性，主要用于制造凸轮、车轮、板弹簧、螺旋弹簧和钢丝绳等
	08	200	330	33	60	—	
	10	210	340	31	55	—	
	15	230	380	27	55	—	
	20	250	420	25	55	—	
	25	280	460	23	50	0.9	
	30	300	500	21	50	0.8	
	35	320	540	20	45	0.7	
	40	340	580	19	45	0.6	
	45	360	610	16	40	0.5	
	50	380	640	14	40	0.4	
	55	390	660	13	35	—	
	60	410	690	12	35	—	
	65	420	710	10	30	—	
70	430	730	9	30	—		

注：以上机械性能是正火后的试验测定值，但 $a_k$ 值试样应进行调质处理。

高级优质碳素工具钢,则在数字后面附以“高”(或“A”),如碳 12 高(或 T12A)等。

## 二、合金钢

为了满足某种性能要求,炼钢时特意加入一定数量的合金元素如 Si、Mn、Cr、Ni、W、Mo、V、Ti 等,这种钢称为合金钢。合金钢比碳素钢具有较高的强度、韧性和某些特殊性能,为了充分发挥合金元素的作用,合金钢一般都要经过热处理后才使用。由于合金钢价格比较昂贵,常用于制造重要的机械零件或工具,以及要求具有特殊性能的零件。

合金钢的种类很多。按用途可分为:合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢(如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等)。

合金结构钢的编号方法采用“数字+化学元素+数字”的表示方法:前面的数字代表钢中平均含碳量,以 0.01% 为单位;化学元素用汉字(或化学符号)表示;后面的数字代表该合金元素的平均含量,以 1% 为单位。当合金元素的平均含量少于 1.5% 时,编号中只标明元素,一般不标明含量;当平均含量等于或大于 1.5%、2.5%、3.5%… 则相应以 2、3、4… 表示。例如:含有 0.37~0.45% C、0.80~1.10% Cr 的铬钢,以 40 铬(或 40 Cr)表示;含有 0.56~0.64% C、1.50~2.00% Si、0.60~0.90% Mn 的硅锰钢,以 60 硅 2 锰(或 60 Si 2 Mn)表示。

合金工具钢与合金结构钢编号的区别在于:钢中平均含碳量大于或等于 1% 时不标出;小于 1% 时,以千分之几表示。高速钢例外,它的平均含碳量小于 1% 时,也不标出。

特殊性能钢的编号方法与合金工具钢相似。

合金钢的具体牌号、成分、性能及用途,可参阅有关手册。

## 第三节 铸 铁

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。铸铁中硅、锰、硫、磷等杂质也比碳素钢中多。虽然铸铁的抗拉强度、塑性和韧性不如钢,无法进行锻造,但它具有优良的铸造性、减摩性和切削加工性等,而且熔炼简便,成本低廉,所以铸铁作为优良的铸造材料,在工业中得到广泛应用。

根据铸铁中碳的存在形式不同,铸铁可分为以下四种:

### 一、白口铸铁

其中碳几乎全部以化合状态( $Fe_3C$ )存在,断口呈银白色,故称白口铸铁。其性能硬而脆,很难进行切削加工,工业上很少用它来制造机械零件。有时利用白口铸铁硬度高、耐磨损的特点,制造一些要求表面有高耐磨性的机件和工具,如轧辊、犁铧、货车车轮等。

### 二、灰口铸铁

其中碳主要以片状石墨形式存在(图 1-3),断口呈暗灰色,故称灰口铸铁。它是机械制造中应用最多的一种铸铁。

灰口铸铁的牌号由“HT”(“灰”、“铁”两字的汉语拼音字首)和两组数字组成(如 HT15-33



图 1-3 灰口铸铁的片状石墨

等)。前一组数字表示最低抗拉强度,后一组数字表示最低抗弯强度。灰口铸铁的机械性能及用途,如表 1-3 所示。应该指出:灰口铸铁的机械性能与铸件尺寸有关,牌号中所表示的强度数值适用于试样毛坯直径为 30 mm。若试样毛坯直径大于 30 mm,强度会降低;反之,则增加。

表 1-3 灰口铸铁的牌号、机械性能及用途

牌 号	试样毛坯直径(mm)	$\sigma_b$ (MPa) $\geq$	$\sigma_{bb}$ (MPa) $\geq$	适用范围及应用举例
HT 10-26	30	100	260	承受低载荷和不重要的零件,如盖、外罩、手轮、支架、重锤等
HT 15-33	30	150	330	承受中等静载荷的零件,如底座、工作台、刀架、轴衬套、管路附件等
HT 20-40	30	200	400	承受较大静载荷的零件,如气缸、气缸体、活塞、齿轮、飞轮、床身、齿轮箱等
HT 25-47	30	250	470	
HT 30-54	30	300	540	承受大载荷和重要零件,如凸轮、车床卡盘、剪床和压力机的机身、高压油缸、泵体、阀体等
HT 35-61	30	350	610	
HT 40-68	30	400	680	

### 三、可锻铸铁

可锻铸铁中石墨呈团絮状(图 1-4)。“可锻”仅说明可锻铸铁比灰口铸铁有良好的塑性,实际上不能锻造。

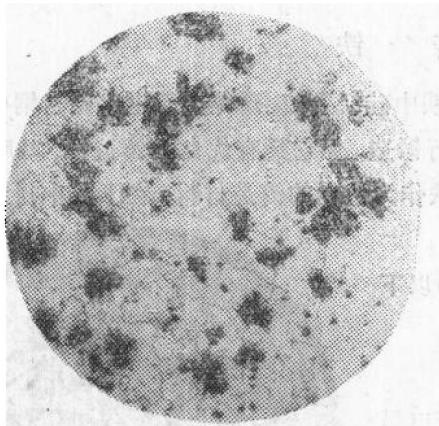


图 1-4 可锻铸铁的团絮状石墨

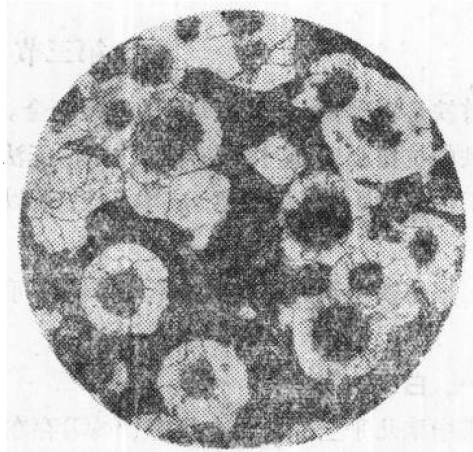


图 1-5 球墨铸铁的球状石墨

可锻铸铁的牌号由“KT”(“可铁”两字的汉语拼音字首)和两组数字组成(如 KT35-10 等)。前一组数字表示最低抗拉强度,后一组数字表示最低延伸率。可锻铸铁适用于制造一些截面薄、形状复杂、工作中受到震动而要求较高强度的零件,如汽车后桥壳、管子接头等。

### 四、球墨铸铁

球墨铸铁中石墨呈球状(图 1-5)。球状石墨对金属基体的割裂作用较片状石墨大为减轻,因而提高了铸铁的强度,并具有较好的塑性和韧性。球墨铸铁在一定程度上可以代替碳素钢来制造某些受力复杂、承受载荷大的零件,如曲轴、凸轮轴等。

球墨铸铁的牌号由“QT”(“球铁”两字的汉语拼音字首)和两组数字组成(如 QT60-2 等)。前一组数字表示最低抗拉强度,后一组数字表示最低延伸率。

#### 第四节 热处理的概念

热处理是将金属在固态下通过加热、保温和不同的冷却方式,以改变金属内部组织结构,从而得到所需性能的一种工艺方法。热处理能充分发挥材料潜力,节省金属,延长机械的使用寿命。目前机器中大多数零件都要进行热处理,至于刀具、量具、模具等则全部要进行热处理。由此可见,热处理在机械制造中具有重要的作用。

钢的热处理工艺有退火、正火、淬火及回火、表面热处理等。

##### 一、退火和正火

退火是将钢件加热到某一温度,保温一段时间,然后随炉缓慢冷却下来的热处理方法。

退火的目的是:降低硬度,改善切削加工性;细化晶粒,改善组织,提高机械性能;消除内应力,并为以后的淬火作好准备。

正火的工艺方法与退火相似,所不同的是正火时工件在空气中冷却。由于正火的冷却速度较快,所得到的组织比退火细,强度、硬度有所提高,但消除内应力不如退火彻底。正火时工件在炉外冷却,不占用设备,生产率较高,所以低碳钢大都采用正火。对于比较重要的零件,正火常作为淬火前的预备热处理;对于性能要求不高的碳钢零件,正火也可作为最终热处理。

##### 二、淬火及回火

淬火是将钢加热到某一温度,保温一段时间,然后在水或油中快速冷却下来的热处理方法。

淬火后,钢的硬度大大提高,例如含碳量为 0.8% 的碳素钢,正火后硬度为 HRC 25,而淬后可达 HRC 65。但淬火后钢的脆性增加,并产生很大内应力,所以为了减小脆性、消除内应力和获得所需的机械性能,淬火后一般都必须回火。

回火是将淬火钢加热到某一较低温度,保温一段时间,然后冷却下来的热处理方法。回火后的性能主要不是取决于冷却方法,而是取决于加热温度。根据加热温度不同,回火可分为以下三种:

(1) 低温回火 在 150~250°C 温度范围内进行的回火。其目的是降低钢的内应力及脆性,而保持淬火钢的高硬度和耐磨性。低温回火适用于刀具、量具等工具。

(2) 中温回火 在 350~500°C 温度范围内进行的回火。其目的是提高钢的弹性和屈服强度。中温回火适用于弹簧、锻模等。

(3) 高温回火 在 500~650°C 温度范围内进行的回火。其目的是获得强度、塑性和韧性等都较好的综合机械性能。生产上把“淬火+高温回火”称为“调质处理”。它广泛应用于各种重要的结构零件,如连杆、齿轮、主轴等。

##### 三、表面热处理

表面热处理是强化零件表面的方法。生产上广泛应用的有表面淬火和化学热处理两种。

###### (一) 表面淬火

表面淬火是以极快的速度将零件表面加热到淬火温度,然后快速冷却下来的热处理方法。表面淬火可采用火焰加热或感应电流加热等。表面淬火的常用材料有 40、45、40 Cr、40 MnB 等。进行表面淬火及低温回火后,使工件表层变硬而耐磨,而心部仍保持原来韧性。这对于重要的齿轮、曲轴等结构零件特别重要。

## (二) 化学热处理

化学热处理是将零件放在某种化学介质中,通过加热和保温,使介质中的元素渗入到工件表面的热处理方法。根据渗入元素的不同,化学热处理有渗碳、氮化和氧化等。

渗碳材料是低碳钢。零件经渗碳后表面层为高碳组织,尚需进行淬火及低温回火,使表面具有高硬度和耐磨性,而心部仍保持良好的韧性。渗碳适用于高速齿轮、凸轮和活塞销等零件。常用的渗碳材料有 15、20 号钢及 20 Cr、20 CrMnTi 等合金钢。

零件氮化后表面形成一层氮化物,不需淬火便具有高的硬度、耐磨性、抗疲劳性和一定的耐蚀性,而且变形也小。38 CrMoAlA 钢是典型的氮化用钢。氮化广泛用于精密量具、高精度镗床主轴等。

氰化是碳氮共渗,其中高温氰化以渗碳为主,低温氰化以氮化为主。

## 复习思考题

- (1) 金属材料的机械性能主要包括哪几方面? 它们分别采用哪些性能指标?
- (2) 碳素钢和灰口铸铁在化学成分、性能和用途上有何不同?
- (3) 石墨的形状对铸铁的性能有什么影响? 灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁的应用范围如何?
- (4) 说明下列材料牌号的含义: A 3、45、40 Cr、T 8、HT 20-40、QT 60-2。
- (5) 退火、正火和淬火在冷却方法上有何不同? 经这些热处理后,材料的硬度将发生怎样的变化?
- (6) 什么叫调质处理? 它的应用范围如何?
- (7) 试选择下列零件或工具的材料和热处理方法: 螺母、普通车床主轴、机床床身、弹簧、手锤、锉刀。

## 第二章 铸 工

### 目的和要求

- (1) 了解铸造生产的工艺过程及其特点。
- (2) 着重了解各种基本造型方法,并进行独立操作(整模、分模造型)。
- (3) 初步了解铸铁的熔化、浇注及铸件的缺陷。
- (4) 初步了解铸件的结构工艺性。

### 铸工实习安全技术

- (1) 实习时要穿好工作服。
- (2) 造型时,不要用嘴吹分型砂,以免砂粒飞入眼内。
- (3) 搬动砂箱要注意轻放,不要压伤手脚。
- (4) 不要直接用手摸或脚踏未冷却的铸件。
- (5) 不要对着人打浇口或凿毛刺。

铸工是将液体金属浇注到铸型中,待其冷却凝固后,以获得铸件的方法。铸件一般是作为毛坯,经切削加工后才能成为零件。

在铸造生产中,最基本的方法是砂型铸造。现以套筒为例,说明砂型铸造的工艺过程(图2-1):首先根据零件图确定铸造工艺,然后制造模型和型芯盒,再用模型和型芯盒制造砂型和型芯,合箱后把液体金属浇注到铸型中,待其冷却凝固,从铸型中取出铸件,最后清理铸件表面的粘砂、浇冒口、毛刺等,并经检验合格就得到所需的铸件。

铸造具有以下优点:

- (1) 能够制造形状复杂的毛坯,如各种箱体、机架、床身等,而且铸件的重量几乎不受限

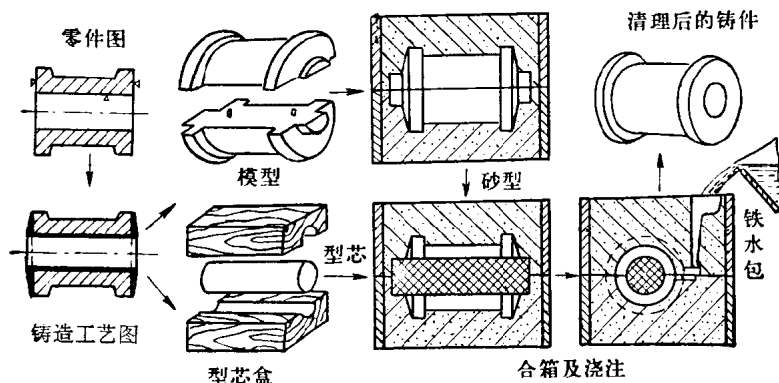


图2-1 砂型铸造的工艺过程

制,可从几克至数百吨。

(2) 通常情况下,铸造的设备费用较少,原材料低廉,铸件的形状和尺寸与零件接近,废品和切屑可以回炉,所以铸造是一种经济的毛坯制造方法。

(3) 各种金属都可进行铸造。对于脆性金属如铸铁等,铸造则是唯一的毛坯制造方法。

因为铸造具有上述优点,在工业中获得广泛应用。例如,金属切削机床、轧钢机、压砖机等,其中铸件占机器重量的75%以上,但成本仅占15~30%。

但是,液态金属在冷却凝固过程中,可能产生铸造缺陷,内部组织也不够细密紧实等,因此,用同样化学成分的金属材料制成的铸件,其机械性能不如锻件高。

## 第一节 模型和型芯盒

模型和型芯盒是制造砂型和型芯的模具。在单件、小批生产中,广泛应用木材来制造模型和型芯盒;在大批、大量生产中,则常用铝合金、塑料等材料。一般地说,模型的外形与铸件的外形相适应;型芯盒的内腔形状与铸件的內腔形状相适应。但不能完全按照零件的形状和尺寸来制造模型和型芯盒,还必须考虑以下几个问题。

### 一、分型面

分型面是指上半砂型和下半砂型的分界面。选择分型面时,必须考虑起模方便,同时容易保证铸件质量。分型面的确定直接关系到模型和型芯盒的结构。从图2-2, b中可知,压盖零件的分型面有I和II两种方案。如果采用方案I,不仅制造模型和造型方便,而且合箱时不会产生错箱。图2-2, c)为采用方案I时的模型结构。

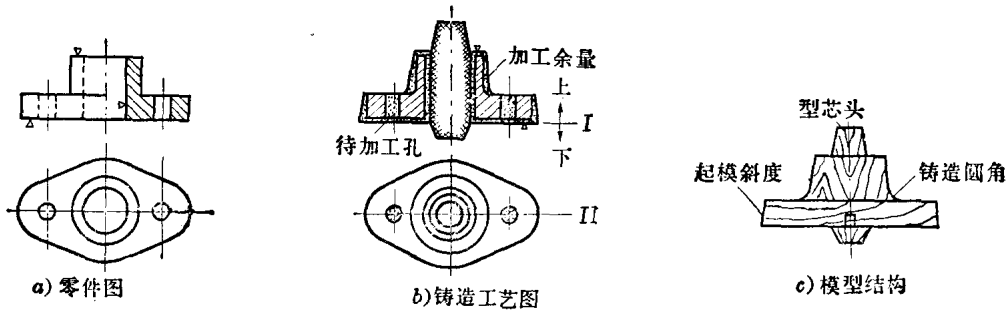


图 2-2 压盖零件的模型

### 二、起模斜度

为了起模方便,凡垂直于分型面的壁上应有一定的倾斜度(图2-2, c),这就是起模斜度。起模斜度通常在 $0.5\sim 4^\circ$ 之间。壁高取下限,反之取上限。

### 三、加工余量

铸件的加工余量是指在切削加工时从铸件上切去的金属层。因此,制造模型和型芯盒时,应在铸件需要加工的表面上,留出加工余量。加工余量的大小主要取决于造型方法、铸件大小和铸件材料等因素。一般小型铸铁件的加工余量为 $2\sim 6\text{mm}$ 。

#### 四、收缩量

铸件在冷却时要产生收缩。因此,模型的尺寸应比铸件大,其数值决定于铸件材料的线收缩率,例如灰口铸铁为1%,铸钢为2%。

#### 五、铸造圆角

铸造圆角是指铸件两表面交接处应做成的圆弧过渡(图 2-2, c)。这样,造型时不易损坏铸型,并且能加强转角处的机械性能,避免产生缩孔和裂纹等缺陷。铸造圆角半径一般为3~10 mm,具体数值可查有关手册。

#### 六、型芯头

为了在铸型中做出安置型芯的凹坑,必须在模型上做出相应的凸起部分,这就是型芯头(图 2-2, c)。

## 第二节 型砂和型芯砂

### 一、型砂和型芯砂应具备的性能

(一) 强度 为了使铸型在造型、合箱、搬运和在液体金属冲击下不致损坏,型砂和型芯砂必须具有一定的强度。

(二) 透气性 型砂和型芯砂能让气体通过的性能,称为透气性。在浇注时,铸型中会产生大量气体,液体金属中也会析出气体,这些气体必须从铸型中排出。如透气性不足,气体将留在铸件里,形成气孔。

(三) 耐火性 在高温的液体金属作用下,型砂和型芯砂不被烧结或熔化的性能,称为耐火性。如耐火性不够,将在铸件表面产生粘砂的缺陷,使切削加工困难,甚至造成废品。

(四) 容让性 铸件冷却收缩时,型砂和型芯砂具有可被压缩的性能,称为容让性。如容让性不足,铸件收缩时可能产生裂纹。

由于型芯的大部分被金属液所包围,因此对型芯砂的性能要求应比型砂高。

### 二、型砂和型芯砂的组成

型砂和型芯砂主要由原砂和粘结剂所组成。原砂一般采用天然砂。砂中石英( $\text{SiO}_2$ )含量高而杂质少,则耐火性高;砂粒粗而均匀,则透气性好。粘结剂有普通粘土和膨润土(又称陶土)两种。普通粘土的储量丰富、来源广,成本低;而膨润土的粘结力则比普通粘土强,如果在膨润土中加入少量碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ),能进一步提高型砂、型芯砂的强度和透气性。

为了使粘土或膨润土发挥粘结作用,须加入适量的水。对于要求高的型芯砂,常采用特殊粘结剂如桐油、亚麻仁油、合脂和树脂等。

在型砂和型芯砂中,有时还加入一些附加物。例如,加入木屑以提高容让性,在铸铁件的型砂中加入煤粉使铸件表面光滑。

### 三、型砂和型芯砂的制备

由于铸件的大小、材料等不同,对型砂和型芯砂的具体性能要求也就不同。因此,型砂和型芯砂应选用不同的原材料,并按不同的比例配制而成。

型砂和型芯砂一般要在混砂机中搅拌均匀。图 2-3 为常用的碾轮式混砂机。它是由碾



盘、两个碾轮及两块刮板等主要部件组成。碾轮和碾盘间保持一定的距离。开动时，碾轮一方面绕水平轴自转，另一方面和刮板一起绕中心轴公转。由于碾轮的这两种旋转运动，对型砂产生揉搓作用，使其搅拌均匀。刮板的主要作用是翻动型砂，使分散的型砂集中于碾轮下。

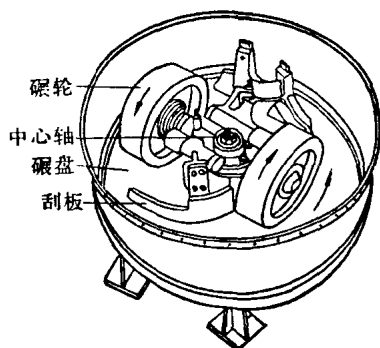
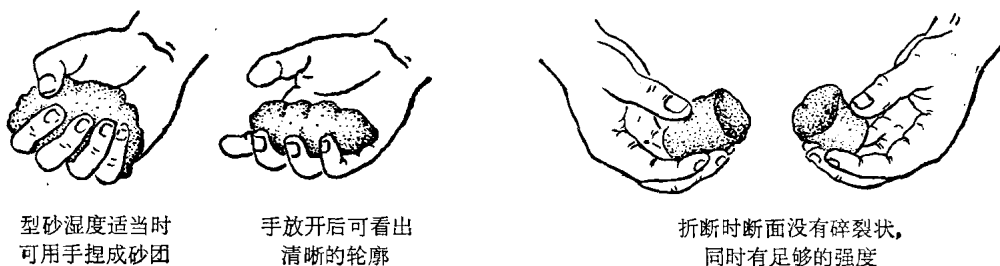


图 2-3 碾轮式混砂机

在混砂机中混拌时，先将新砂、粘土和旧砂等原材料干混一段时间，再加水或其它液体粘结剂进行湿混。大约十分钟左右便可搅拌均匀。为了保证型砂的水分渗透均匀，混好的型砂通常要贮放 3~8 小时。最后用松砂机进行松砂处理，以打碎粘合的砂团和提高型砂的透气性。

制备好的型砂或型芯砂，其性能可用仪器来检验，也可用手捏法来检验。合格的型砂用手捏法检验结果如图 2-4 所示。



型砂湿度适当时  
可用手捏成砂团

手放开后可看出  
清晰的轮廓

折断时断面没有碎裂状，  
同时有足够的强度

图 2-4 手捏法检验型砂

### 第三节 造型和造型芯

#### 一、砂箱及造型和修型工具

图 2-5、2-6、2-7 分别为砂箱、造型工具、修型工具。

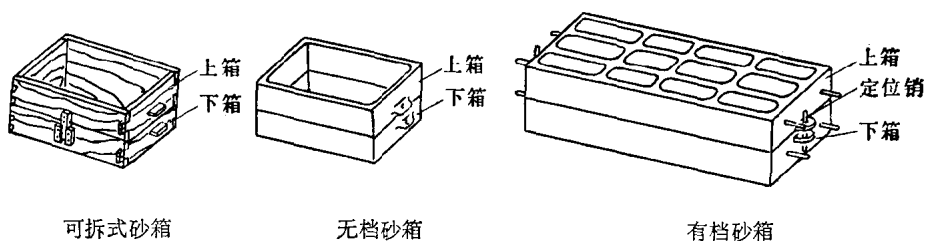


图 2-5 砂箱

#### 二、手工造型方法

实际生产中，由于铸件的大小、形状、材料、批量和生产条件不同，需要采用不同的造型方法。

##### (一) 整模造型

模型是整体的，铸型的型腔一般只在下箱。图 2-8 为整模造型的过程。整模造型适用于形状简单的铸件，铸件上通常有一个较大的平面。