


工程训练系列丛书

# 金属工艺设计训练

主 编 佟永祥

 哈尔滨工程大学出版社

# 金属工艺设计训练

主编 佟永祥

## 内 容 简 介

本书是根据国家教育部金工课指组最新颁布的课程基本要求编写的,内容涵盖了材料成形和机械加工主要工艺方法的工艺设计内容。通过大量实例分析,易于建立机械制造生产工艺过程全局概念,注重思维方法的训练。

本书的主要内容有:金属工艺设计基本知识、砂型铸造工艺设计训练、锻造工艺设计训练、板料冲压工艺设计训练、焊接工艺设计训练、机械加工工艺设计训练等内容。

本书可作为高等工科院校机械制造工艺教材,也可作为机械类专业师生、工程技术人员和技术工人的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

金属工艺设计训练/佟永祥主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2015.7

ISBN 978-7-5661-1094-7

I. ①金… II. ①佟… III. ①金属加工-工艺学  
IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 176116 号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm×1 092mm 1/16  
印 张 13  
字 数 339 千字  
版 次 2015 年 7 月第 1 版  
印 次 2015 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 28.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

---

# 前 言

哈尔滨工程大学工程训练中心自2003年5月成立以来,以“工程”“实践”和“创新”为主题,以“知识”“素质”和“能力”的培养为主线,在人才培养方面形成了独具特色的工程实践教育理念和工程实践教学模式。2006年12月,哈尔滨工程大学工程训练中心被评为国家级实验教学示范中心;2007年10月,哈尔滨工程大学工程训练中心“工程训练课程”被评为国家级精品课程;2008年10月,哈尔滨工程大学工程训练中心“工程实践创新教学团队”被评为国家级教学团队;2009年6月,哈尔滨工程大学工程训练中心“机械制造基础课程”被评为省级精品课程。就是在这样一种背景下,哈尔滨工程大学工程训练中心先后编写了工程训练系列教材《工程材料》《材料成形技术基础》《机械制造工艺基础》《工程实践》《工程实践训练报告》等。本书也是系列教材之一,由具有多年工程经历和实践经验的教师编写,突出了鲜明的工程特色。

《金属工艺设计训练》一书主要是针对高校的工程训练(包括“金工实习”)进行机械加工工艺设计编写的。本书的主要特点是以零件的机械加工全过程为主线,以几种典型零件为案例,介绍零件的毛坯加工、切削加工以及热处理等方面的工艺知识。通过对典型零件的实例分析学习各种工艺方法、加工方案等工艺理论知识在实际生产中的应用,以达到对简单零件进行工艺设计的能力。

本书注重学生分析问题和解决问题能力的提高,注重质量、效率、成本意识等工程技术素质的培养。通过学习学生将会初步树立市场、信息、质量、成本、效益、安全和环保等工程意识。

本书共分6章,主要内容是第1章金属工艺设计基本知识、第2章砂型铸造工艺设计训练、第3章锻造工艺设计训练、第4章板料冲压工艺设计训练、第5章焊接工艺设计训练、第6章机械加工工艺设计训练。

本书由哈尔滨工程大学佟永祥主编和统稿。参加本书编写工作的有哈尔滨工程大学吴滨(第1、2章)、赵立红(第3、4章)、韩永杰(第5章)、佟永祥(第6章)。哈尔滨工程大学的李翀、杨立平、王利民、张艳秋、崔海等为本书的编写提供了大量素材和插图。本书在编写过程中引用和参考了许多相关文献资料,在此对这些文献资料的作者表示感谢。

书中难免有不妥之外,恳请批评指正。

编 者

2015年3月

<b>第 1 章 金属工艺设计的基本知识</b> .....	1
1.1 金属工艺设计的概念 .....	1
1.2 常用金属材料简介和毛坯选择 .....	2
1.3 常用金属材料的热处理 .....	8
1.4 加工精度和加工质量简介 .....	11
<b>第 2 章 砂型铸造工艺设计训练</b> .....	15
2.1 铸造方法选择 .....	15
2.2 砂型铸造工艺设计 .....	19
2.3 铸件结构工艺性 .....	35
2.4 砂型铸造工艺设计实例 .....	38
<b>第 3 章 锻造工艺设计训练</b> .....	69
3.1 锻造概述 .....	69
3.2 自由锻造工艺设计 .....	70
3.3 自由锻造工艺设计实例 .....	78
3.4 模锻工艺设计 .....	84
3.5 锻件结构工艺性 .....	88
<b>第 4 章 板料冲压工艺设计训练</b> .....	92
4.1 冲压概述 .....	92
4.2 冲压工艺规程 .....	92
4.3 冲压工艺规程实例 .....	95
4.4 冲压件结构工艺性 .....	96
<b>第 5 章 焊接工艺设计训练</b> .....	100
5.1 焊接方法简介 .....	100
5.2 焊接结构工艺设计 .....	102
5.3 焊件结构工艺性 .....	112
5.4 焊接工艺设计实例 .....	118

<b>第 6 章 机械加工工艺设计训练</b> .....	134
6.1 切削加工方法简介 .....	134
6.2 常见表面的加工方案 .....	138
6.3 机械加工工艺设计 .....	142
6.4 切削加工零件结构工艺性 .....	152
6.5 机械加工工艺设计实例 .....	156
<b>参考文献</b> .....	199

# 第 1 章 金属工艺设计的基本知识

## 1.1 金属工艺设计的概念

### 1.1.1 制造零件的工艺流程

零件是机器的组成单元。就某一零件的加工制造来说,要涉及许多的制造环节。如图 1.1 所示,在机械制造业中,从冶炼厂生产的金属铸锭到制造成一台机械产品,要经过诸多生产工艺过程。

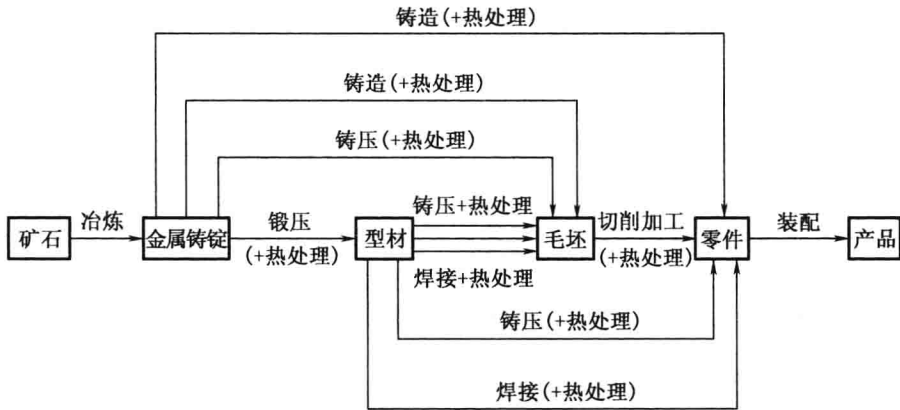


图 1.1 机械零件及其产品生产工艺流程图

从图 1.1 可知,铸造、锻压和焊接等热加工方法与热处理配合使用,不但可以为制造机械零件提供毛坯,而且可以直接提供装配用的零件。但是,目前大多数机械零件还是要经过上述的热加工方法及其经过热处理过程,先获得具有一定形状、尺寸和内在质量的毛坯,再经过冷加工——切削加工和热处理的过程后才能获得供装配用的机械零件。铸造、锻压、焊接、切削加工以及热处理是各类机械制造工厂中不可缺少的重要生产环节。

### 1.1.2 工艺设计的概念及其步骤

为了保证零件的质量、提高生产效率和降低生产成本,在生产零件之前,首先要编制出零件生产工艺过程的有关技术文件,即进行工艺设计。

由图 1.1 可以看到,某一零件的制造均可以采用几种不同的工艺过程完成,但其中总有一种工艺过程在某一特定条件下是最合理的。工艺人员将合理工艺过程的有关内容写成工艺文件——工艺规程,并按照工厂的相关规定履行审批手续,用于指导生产。

工艺设计就是根据零件图纸、零件的材料牌号和技术要求,结合生产实际来设计该零件的加工工艺方案,并分析零件结构设计合理性的过程,形成供今后制造零件的有关技术

文件。具体讲就是确定该零件的毛坯成型方法(铸造、锻压、焊接或组合成型),直至完成后续的切削加工及其热处理,形成一个合理完整的零件加工工艺路线及体现主要的加工工序技术要求。

零件工艺规程是进行技术准备、生产管理、零件检验和经济核算的依据。

在进行零件工艺设计时,必须对零件结构进行具体分析,并考虑零件的质量要求、生产数量和生产条件等因素。工艺设计的内容和步骤可以分为以下三步:

### 1. 工艺设计前的准备

分析零件图纸、结构工艺性、技术要求、选材合理性、生产类型等。

### 2. 进行工艺设计

(1) 选择加工方法,确定加工路线。

(2) 查阅资料并进行必要的计算。

(3) 绘制工艺图,如铸造工艺图、锻件图、焊接构件图、切削加工工序简图等。

(4) 编写工艺文件,如工艺过程卡、工序卡等。

### 3. 工艺方案的分析

对所设计的工艺方案的优缺点、可行性、经济性等进行分析。同别的工艺方案比较,择优选用。

## 1.2 常用金属材料简介和毛坯选择

材料是用来制造机器零件、构件和其他可供使用物质的总称。按其化学组成区分,材料可分为金属材料、无机非金属材料、有机非金属材料、复合材料。

金属材料是现代机械制造业的基本材料,广泛地应用于制造生产和生活用品。

### 1.2.1 钢、铸铁、有色金属的划分和性能

金属材料是含有一种或几种金属(有时也含有非金属元素),以极微小的晶体结构所组成的,具有金属光泽的、有良好导电导热性能及一定力学性能的材料。金属材料通常指钢、铁、铝、铜、镁、锌、铅、镍等纯金属及其合金。通常称铁及其合金(钢铁,即 Fe - C 合金)为黑色金属,而把黑色金属以外的金属称为有色金属,也称为非铁金属。

金属材料一般分为四大类:

①工业纯铁, $w_c \leq 0.0218\%$ ,一般不用来制造机械零件;

②钢, $0.0218\% < w_c \leq 2.11\%$ ;

③铸铁, $2.11\% < w_c \leq 6.69\%$ ;

④有色金属,包括铝、铜、镁、锌、镍、钛及其合金、硬质合金、轴承合金等。

其中钢和铸铁是组成机械零件的主要材料,有色金属根据其性能在不同的场合也得到广泛使用。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指机器零件在正常工作情况下金属材料应具备的性能,包括力学性能(亦称为机械性能)、物理性能和化学性能。金属材料的使用性能决定了其应用范围、可靠性和使用寿命。工艺性能是指金属材料的零部件在制造过程中金属材料对加工方法的适应能力,包括铸造、锻压、焊接、热处理、切削加工性能等。它体现了金属材料由各种加工方法制成零部件的难易程度。



### 1.2.2 金属材料的选择和应用举例

我国钢材的牌号用国际通用的化学元素符号、汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的方法表示。

碳素结构钢的杂质和非金属夹杂物较多,但冶炼容易,工艺性好,价格便宜,产量大,在性能上能满足一般工程结构及普通零件的要求,因而应用普遍。优质碳素结构钢是按化学成分和力学性能供应的,钢中所含硫、磷及非金属夹杂物量较少,常用来制造重要的机械零件,使用前一般都要经过热处理来改善其力学性能。碳素工具钢是用于制造刀具、模具和量具的钢,含碳量均在0.7%以上,都是优质钢或高级优质钢。铸造用碳钢一般用于制造形状复杂、力学性能要求较高的机械零件。这些零件形状复杂,很难用锻造或机械加工的方法制造,又由于力学性能要求较高,不能用铸铁来铸造。铸造碳钢广泛用于制造重要的、或者是重型机械的某些零件,如机座、变速箱体、连杆、缸体、曲轴、箱体、轴承座、轧钢机机架、水压机横梁、锻锤、砧座、制动轮、大齿轮、辊子等。

低合金结构钢主要用于各种工程结构,如桥梁、建筑、船舶等;机械制造用钢主要用于制造各种机械零件;通常优质或高级优质合金结构钢,按照用途和热处理特点可分为渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢等;合金工具钢用于尺寸大、精度高和形状复杂的模具、量具以及切削速度较高的刀具,按用途可分为合金刀具钢、合金模具钢和合金量具钢;特殊性能钢用于具有特殊物理、化学性能要求的工程结构及零件,在机械制造业中常用的有不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

金属材料牌号的选用应该根据使用性能要求,参考有关材料手册,结合理论和实践积累来确定。表1.1列举了各类常用结构钢的牌号、热处理要求、力学性能及其用途,表1.2列举了工程用铸造碳钢的牌号、成分和力学性能及用途。

表 1.1 常用结构钢的牌号、热处理要求、力学性能及其用途

牌号	热处理方式	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa	延伸率 $\delta$ /%	应用举例
Q235	一般在供应状态(热轧或正火)下使用,不热处理	375 ~ 460	235	26	轻载、不要求耐磨的零件,普通焊接构件
Q295/09MnV		390 ~ 570	235 ~ 295	23	螺旋焊管、冷弯钢建筑结构
Q345/16Mn		470 ~ 630	275 ~ 345	21	桥梁、船舶、车辆建筑结构、压力容器
Q420/15MnVN		520 ~ 680	360 ~ 420	18	大型焊接结构、压力容器
08F	正火	295	175	35	用于冲压、冷作的零件
15	渗碳	375	225	27	用于轻载,表面要求耐磨的简单零件
45	调质	600	355	16	承受中等载荷的较简单零件,如齿轮轴
20Cr	渗碳淬火	835	540	10	机床齿轮,齿轮轴,蜗杆
20CrMnTi	渗碳淬火	1 080	835	10	汽车拖拉机齿轮,凸轮
35SiMn	调质	885	735	15	重要结构零件、曲轴、齿轮、连杆螺栓
40Cr	调质	980	785	9	重要结构零件、曲轴、齿轮、连杆螺栓
38CrMoAl	氮化	980	835	14	高级氮化钢、制造重要结构零件

表 1.1(续)

牌号	热处理方式	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa	延伸率 $\delta$ /%	应用举例
40CrMnMo	调质	980	785	10	受冲击高强度零件
65	淬火及中温回火	695	410	10	弹簧
1Cr13	淬火回火	539	343	25	汽轮机叶片、水压机阀、螺栓螺母
1Cr18Ni9Ti	固溶处理	520	206	40	焊条芯、耐酸容器、输送管道

注:Q295/09MnV、Q345/16Mn、Q420/15MnVN 分别对应新国标 GBT1591—1994 和旧国标 GBT1591—1988 的牌号。

表 1.2 工程用铸造碳钢的牌号、成分和力学性能及用途

牌号	化学成分				室温力学性能(不小于)					用途举例
	$w_C$ ≤	$w_S$ ≤	$w_{Mn}$ ≤	$w_S, w_P$ ≤	$\sigma_s$ ( $\sigma_{0.2}$ ) /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$	$\psi$	$A_{KV}$ /J	
ZG200-400	0.20	0.50	0.08	0.04	200	400	25	40	30	良好的塑性、韧性及焊接性,用于受力不大的机械零件,如机座、变速箱壳等
ZG230-450	0.30	0.50	0.90	0.04	230	450	22	32	25	一定的强度和好的塑性、韧性及良好的焊接性。用于受力不大、韧性好的机械零件,如砧座、外壳、轴承盖、阀体、犁柱等
ZG270-500	0.40	0.50	0.90	0.04	270	500	18	25	22	较高的强度和较好的塑性,良好的铸造性,好的焊接性及切削性,用于轧钢机机架、轴承座、连杆、箱体、曲轴、缸体等
ZG310-570	0.50	0.60	0.90	0.04	310	570	15	21	15	强度和切削性良好,塑性、韧性较低,用于载荷较高的大齿轮、缸体、制动轮、辊子等
ZG340-640	0.60	0.60	0.90	0.04	340	640	10	18	10	强度和耐磨性高,切削性好,焊接性较差,流动性好,裂纹敏感性较大,用作齿轮、棘轮等

铸铁和钢相比,虽然力学性能较低,但是它具有优良的铸造性能和切削加工性能,生产成本低廉,并且具有耐压、耐磨和减震等性能,所以获得广泛应用。表 1.3 列举了常用铸铁的种类、牌号、性能、工艺特点及用途。

表 1.3 常用铸铁的种类、牌号、性能、工艺特点及用途

种类	牌号举例	机械性能				需要的特殊工艺措施	铸造性能	用途
		$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\delta$ /%	HBS			
灰口铸铁	HT100 HT150 HT200	100 150 200			143 ~ 220 168 ~ 241 170 ~ 255		最好	适用于中小负荷的零件,如支架、油盘、手轮、底座、齿轮箱、机床床身等
孕育铸铁	HT300 HT350	300 350			187 ~ 255 197 ~ 269	孕育处理	好	适用于高负荷的零件,如齿轮、凸轮、大型曲轴、缸体、缸套、高压油缸等
可锻铸铁	KTH370 - 12 KTZ450 - 6	370 470		12 6	$\leq 150$ 150 ~ 200	扩散退火	较差	适用于形状复杂、承受冲击载荷的薄壁、中小型零件,如差速器壳、制动器、摇臂等
球墨铸铁	QT400 - 18 QT500 - 7 QT700 - 2 QT900 - 2	400 500 700 900	250 350 420 600	18 7 2 2	130 ~ 180 170 ~ 230 225 ~ 305 280 ~ 360	球墨化处理	好	适用于受力复杂、强度、硬度、韧性和耐磨性要求较高的零件,如曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、轧辊
蠕墨铸铁	RUT380 RUT420	380 420	300 335	0.75 0.75	193 ~ 274 200 ~ 280	蠕化处理	好	适用于要求强度高或耐磨性高的零件,如活塞、制动盘、制动鼓、玻璃模具

有色金属的产量及用量虽不如黑色金属,但由于它具有许多特殊的性能,如导电性和导热性好、密度及熔点较低、力学性能和工艺性能良好,特别是轻有色金属的比强度高,因此,有色金属也是现代工业,特别是国防工业不可缺少的材料。

常用的有色金属有铝及其合金、铜及其合金、钛及其合金和轴承合金等。

表 1.4 列举了常用的纯铝、变形铝合金,表 1.5 列举了常用的铜合金,表 1.6 列举了常用的铸造铝合金、铸造铜合金。

表 1.4 常用的纯铝、变形铝合金举例

类别	牌号 新国标/旧国标	主要合金元素	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	延伸率 $\delta$ /%	硬度 HBS	应用举例
纯铝	1070/L1	Al	90	38	28	导线、铝箔、电容
硬铝	2A01/LY1	Al, Cu, Mg	160	24	38	铝铆钉 中强度结构件
	2A11/LY11	Al, Cu, Mg, Mn	180	18	42~45	
	2A12/LY12	Al, Cu, Mg, Mn	180	18	42	
防锈铝	5A05/LF5	Al, Mg	270	23	70	塑性、可焊性均好。薄板容器、导管、焊接油箱、日用器具等
	5A11/LF11	Al, Mg	270	23	70	
	3A21/LF21	Al, Mn	130	20	30	
超硬铝	7A04/LC4	Al, Mg, Cu, Mn, Zn, Cr	220	18		可作主要受力构件,如飞机大梁等
锻铝	2A20/LD2	Al, Mg, Cu, Mn, Si	130	24	30	铝锻件、铝冲压件

注:①表中机械性能均指退火状态;②新、旧牌号分别摘自 GB/T 3190—1996、GB/3190—1982。

表 1.5 常用的铜合金举例

类别	牌号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	延伸率 $\delta$ /%	硬度 HBS	应用举例
纯铜	T1	240	45	35	电线、油管等
金色黄铜	H90	$\frac{260}{480}$	$\frac{45}{4}$	$\frac{53}{153}$	双金属片、艺术品
普通黄铜	H62	$\frac{330}{600}$	$\frac{49}{3}$	$\frac{56}{140}$	螺钉、栓圈、弹簧
铅黄铜	HPb59-1	$\frac{400}{650}$	$\frac{45}{16}$	$\frac{44}{80}$	热冲压及切削加工零件
锡青铜	QSn4-3	$\frac{350}{350}$	$\frac{40}{4}$	$\frac{60}{160}$	弹性元件、管道配件
铍青铜	QBe2	$\frac{500}{850}$	$\frac{3}{40}$	$\frac{84}{247}$	重要弹簧、耐磨零件、轴承

注:表中力学性能中的分母对压力加工黄铜及青铜为硬化状态(变形程度50%),对铸造黄铜及青铜为金属型铸造,分子对压力加工黄铜及青铜为退火状态(600℃),对铸造黄铜及青铜为砂型铸造。

表 1.6 常用铸造铝合金、铸造铜合金举例

种类	牌号举例	力学性能			需要的特殊 工艺措施	铸造 性能	应用举例
		$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ /%	HBS			
铸铜合金	ZCuZn16Si4	345	15		脱氧及补缩	较差	耐蚀、耐磨件,如齿轮、衬套、轴瓦、缸套等
	ZCuZn31Al2	295	12				
	ZCuSn10Pb5	195	10				
	ZCuAl9Mn2	390	20				
铸铝合金	ZL101	160	2	50	除气处理	稍差	承受中低载荷的零件,如飞机、仪器上零件,工作温度<185℃的气化器、气密性零件、抽水机壳体等
	ZL102	150	4	50			
	ZL202	110		50			

### 1.2.3 材料选择时需要注意的事项

1. 材料的力学性能(机械性能)与尺寸有很大关系。一般地,当零件截面增大时,力学性能会显著下降。手册中的力学性能数据一般是用可以淬透的标准尺寸试样进行试验来测定的。当零件截面尺寸很大时,热处理后不一定能保证全部得到要求的组织,故力学性能会下降,应当采取大一点的安全系数。

2. 材料的性能和它的热处理状态有关。材料经过不同热处理方式处理后,得到相应的组织。不同的组织表现出的性能就会有很大不同。

3. 零件的形状和工作条件、零件的内在缺陷情况等,都会和材料手册表格中试样的情况不完全一样,故实际能达到的力学性能也会和表格中数值有所不同。

4. 当各项指标都选择得当时,还要留意材料的来源是否有信誉保证。同样牌号的材料,产自不同生产条件的厂家会有不同的质量表现。

### 1.2.4 常用毛坯的类型及其选择

#### 1. 型材

型材指具有各种截面形状和规格的成型轧材。如钢材中的各种圆钢、方钢、槽钢、角钢、工字钢、钢轨、六角钢、钢管、板材等,见表1.7。此外,一些板材、线材,还有用挤压法生产的各种截面的轻合金型材等都属于型材。它可以现货购进,在锻件、焊接件和机械加工件中作为原材料(毛坯)使用。

表1.7 常用型材规格表

单位:mm

圆钢	直径	5 5.5 6 6.5 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 38 40 42 45 48 50 52 55 56 58 60 63 65 68 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 240 250
	长度	优质钢2~6 m,普通钢当直径小于25时为4~10 m,小于10时常卷成盘状
薄板	厚度	0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.7 0.75 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.25 1.4 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5 2.8 3.0 3.2 3.5 4.0
	宽度	500 600 710 750 800 850 900 950 1 000 1 100 1 350 1 400 1 500
热轧厚钢板	厚度	4.5 5 5.5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
	宽度	最小宽度为600,宽度间隔为50,最大宽度为3 000
等边角钢	号数	2 2.5 3 4 4.5 5 5.6 6.3 7 7.5 8 9 10
	边宽	20 25 30 40 45 50 56 63 70 75 80 90 100
	边厚	3或4 3,4,5 3,4、5,6 3,4、5,8 4,5、6、8,10 4,5、6、7,8 5,6、7、8,10 6,7,8、10,12 6,7,8、10,13、14,16

表 1.7(续)

槽钢	型号	8 10 12.6 14a 14b 16a 16 18a 18 20a 20 22a 22
	高度	80 100 126 140 160 180 200 220
	腰宽	41 48 53 58 60 63 65 68 70 73 75 77 79
工字钢	型号	10 12.6 14 16 18 20a 20b 22a 22b 25a 25b 28a 28b
	高度	100 126 140 160 180 200 200 220 220 250 250 280 280
	腿宽	68 74 80 88 94 100 102 110 112 116 118 122 124
	腰厚	4.5 5 5.5 6 6.5 7 9 7.5 9.5 8 10 8.5 10.5
	平均腿厚	7.6 8.4 9.1 9.9 10.7 11.4 11.4 12.3 12.3 13 13 13.7 13.7
扁钢	宽度	20 22 25 28 30 32 36 40 45 50 56 60 63
	厚度	4 5 6 7 8(每一宽度规格均有表中所列各种厚度与之相配)
热轧无缝钢管	外径	32 38 42 45 50 54 57 60 63.5 68 70 73 76 78 80 83 89 95 102 108 114 121 127 133
	壁厚	4~8 间隔 0.5

## 2. 铸造毛坯

不宜用型材作坯料的场合。零件的形状复杂或者很复杂、而力学性能要求不太高,可以通过铸造成形的,就不用型材,从而节约材料与工时的耗费。

## 3. 锻压毛坯

不宜用型材作坯料的场合。零件的力学性能要求较高时,利用锻压可以消除某些铸态组织的缺陷,从而提高机械性能的优点。原始原材料(毛坯)采用型材或者是铸锭进行下料。

## 4. 焊接毛坯

适用于具有一定的尺寸和体积,又不能用铸造或锻压方法制造的构件。如各种容器、桁架结构、较大的箱体、罩壳等。

此外,毛坯形式还有冲压件、挤压件、粉末冶金件等多种形式。在具体选用毛坯件时,可能由于工艺上的限制,或者是使用上的特殊要求,往往将几种毛坯下料方式综合应用,例如铸锻结合、锻焊结合等进行下料。

# 1.3 常用金属材料的热处理

热处理是机械制造过程中的重要工序,正确理解热处理的技术条件,合理安排热处理工艺在整个加工过程中的位置,对于改善工件的切削加工性能,保证零件的质量,满足使用要求,具有重要意义。

## 1.3.1 金属材料的热处理及其作用

如图 1.2 所示,金属材料的热处理是通过对固态金属材料按照一定的规范进行加热、保温和冷却的方法来改变其内部组织结构,从而获得所需性能的一种工艺方法。

热处理在机械制造中起着十分重要的作用,它既可以用于消除上一道工序所产生的金属材料内部组织结构上的某些缺陷,又可以为下一道工序创造条件,更重要的是可进一步提高金属材料的性能,从而充分发挥材料性能的潜力。因此,各种机械中许多重要零件都要进行热处理。常用的热处理分为钢的热处理,有色金属的固溶强化、时效处理等。

### 1.3.2 钢的热处理

由于铁具有同素异构现象,从而使钢热处理后发生组织与结构变化。通常将钢的热处理分为普通热处理、表面热处理两大类,如图 1.3 所示。



图 1.3 钢的热处理分类

#### 1. 普通热处理

##### (1) 退火

将钢加热到适当温度,保持一定时间,然后缓慢冷却(一般随炉冷却)的热处理工艺称为退火,如图 1.4、图 1.5 所示。

退火的主要目的:降低钢的硬度,提高塑性,以利于切削加工及冷变形加工;细化晶粒,均匀钢的组织及成分,改善钢的性能或为以后的热处理做准备;消除钢中的残余内应力,以防止变形和开裂。

##### (2) 正火

正火是将工件加热到一定温度,保温适当的时间,然后在空气中冷却的工艺方法,如图 1.4、图 1.5 所示。

由于正火的冷却速度比退火快,正火得到的组织比退火的更细,所以可使钢的强度和

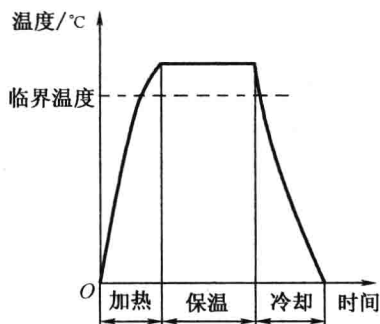


图 1.2 热处理工艺曲线

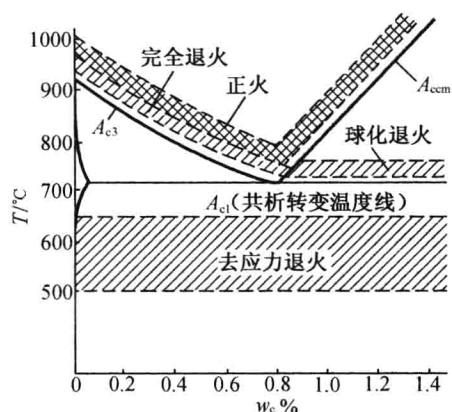


图 1.4 退火与正火的加热温度范围

硬度有所提高。对普通结构钢的正火处理作为最终热处理;对低、中碳结构钢的正火处理作为预先热处理,使其获得适当的硬度,以便切削加工,并改善组织为最终热处理做准备;对高碳钢进行正火处理可抑制或消除晶界网状碳化物,为球化退火做好组织准备。

### (3) 淬火

淬火是将工件加热到一定温度,保温一定时间后,在水或油中快速冷却,以获得高硬度组织的热处理工艺,如图 1.5 所示。

对于各种工具、量具、模具及轴承等,通过淬火处理可以提高硬度和耐磨性;对于各种结构钢零件,通过淬火和回火的配合可以提高材料的综合性能,如强度、弹性、韧性等,以满足使用性能要求。

淬火所使用的冷却介质有水、油、盐或碱的水溶液等。

### (4) 回火

回火是将淬火钢重新加热到适当的温度,保温一定时间后冷却(通常是空冷)到室温的热处理工艺称为回火,如图 1.5 所示。

回火的目的是减小或消除工件在淬火时产生的内应力,降低脆性,防止工件在使用过程中的变形和开裂,稳定其形状和尺寸,获得所需的组织和性能,使工件具有较好的综合力学性能。

按回火温度不同,回火可分为低温回火( $150 \sim 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )、中温回火( $350 \sim 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )和高温回火( $500 \sim 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )。

在生产中,将淬火的钢件再进行高温回火称为“调质处理”。调质处理可使在交变载荷下工作的零件获得较高的综合力学性能。齿轮、轴、连杆、螺栓等零件一般都需进行调质处理。

## 2. 表面热处理

某些零件的使用要求是表面应具有高强度、高硬度、高耐磨性和抗疲劳性能,而心部在保持一定的强度、硬度条件下应具有足够的塑性和韧性使其能够承受冲击载荷。若达到这样的要求,就要靠表面热处理,生产中广泛应用的有表面淬火和表面化学热处理。

### (1) 钢的表面淬火

将零件表面层快速加热到淬火温度,在热量尚未传入心部时快速冷却,使零件表层获得淬火马氏体组织,而心部仍保持原组织状态。

常用的表面淬火方法有火焰加热淬火(淬硬层一般为  $2 \sim 6 \text{ mm}$ )和感应加热淬火(淬硬层一般为  $1.5 \sim 15 \text{ mm}$ )。

### (2) 钢的表面化学处理

表面化学热处理是将钢件置于某种化学介质中加热、保温,使一种或几种元素渗入钢件表面,改变其化学成分,达到改变表面组织和性能的热处理工艺。

根据渗入元素的不同,表面化学热处理可分为渗碳、渗氮、碳氮共渗、渗铬、渗硼、渗铝等。其中渗碳和渗氮是在生产中比较常用的表面化学热处理方法。

表面化学热处理可以提高零件表面的硬度、耐磨性、耐热性、耐蚀性、抗氧化性及疲劳

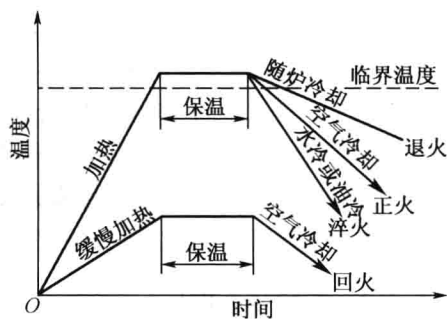


图 1.5 钢的热处理工艺曲线



强度等。

### 1.3.3 热处理的技术条件

热处理技术条件是指工件在热处理后的组织、应当达到的力学性能、精度和工艺性能等要求。热处理的技术条件是根据零件工作特性提出的。一般零件均以硬度作为热处理技术条件;对渗碳零件应标注渗碳层深度,对氮化处理的零件须标出氮化层深度;对某些性能要求较高的零件还须标注力学性能指标或金相组织要求。

标注热处理技术条件时,可用文字在零件图样上扼要说明,也可用热处理工艺代号来表示。

### 1.3.4 热处理的工序位置安排

零件的加工是沿一定的工艺路线进行的,合理安排热处理的工序位置,对于保证零件的质量,改善切削加工性能具有重要意义。根据热处理的目的和工序位置的不同,热处理分为预备热处理和最终热处理两大类。

#### 1. 预备热处理

预备热处理包括退火、正火、调质、时效处理等。退火、正火、时效处理的工序位置通常安排在毛坯生产之后、切削加工之前,目的是消除毛坯的内应力,均匀组织,改善切削加工性,并为以后的热处理做组织准备。对于精度要求高的零件,在半精加工之后还应该安排去应力退火,以消除切削加工的残余应力。调质工序一般安排在粗加工之后、半精加工之前,目的是获得良好的综合力学性能。调质一般不安排在粗加工之前,以免表面调质层在粗加工时被大部分切除,失去调质的作用。

#### 2. 最终热处理

最终热处理包括淬火、回火及表面热处理等。零件经过这类热处理之后,获得所需的使用性能。因其硬度较高,除磨削外,不宜进行其他形式的切削加工,故其工序一般安排在半精加工之后、精加工之前。

对于有些零件性能要求不高时,仅仅要求退火、正火、时效处理或调质处理,这时应该将其视为最终热处理。

对于零件表面需要进行表面处理(如表面镀层、氧化)的,该工序应该安排在最后进行。

## 1.4 加工精度和加工质量简介

零件的加工质量包括加工精度和表面质量两个方面。

### 1.4.1 加工精度

加工精度是指零件在加工以后的实际几何参数(尺寸、形状和相互位置)与图样规定的理想几何参数的符合程度。加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度。

#### 1. 尺寸精度

尺寸精度指的是零件的直径、长度、表面间距离等尺寸的实际数值与理想数值的接近程度。尺寸精度的高低,用尺寸公差表示。国家标准 GB/T1800.1—2009 规定,极限与配合公称尺寸至 500 mm 内规定了 IT01、IT0、IT1、…、IT18 共 20 个标准公差等级;公称尺寸大于