

普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材



# 机械

# 制造基础

主编 储伟俊



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材

# 机械制造基础

主 编 储伟俊  
副主编 刘 斌  
参 编 周建钊 何晓晖 冯晓臣 唐 建  
代菊英 徐 婷 张蕉蕉 沈新民

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书根据高等学校教育培养目标和教学特点,结合当前教学和教材改革的精神精心编写而成。本书分为金属材料成型与加工技术、互换性与测量技术、机械制造工艺过程基础3篇,共包括14章,全面介绍了从毛坯材料的成型到最终制成产品全过程的基础知识。主要内容包括机械制造基础的基本知识,各种毛坯成型的工艺知识、金属切削基础知识、先进制造工艺、零件互换性知识与国家标准、机械制造工艺知识等。将机械制造基础课程体系进行了优化、有机融合,注重内容的先后衔接、条理性和系统性,结构清晰,注重实际,结合实例,内容翔实。

本书既可作为机械工程及其自动化、机械制造、机电一体化及相关专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/储伟俊主编. —北京:国防工业出版社,2015.8

普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-118-10425-7

I. ①机… II. ①储… III. ①机械制造—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第209768号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本787×1092 1/16 印张21¼ 字数536千字

2015年8月第1版第1次印刷 印数1—3000册 定价45.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

# 前 言

为了突出培养机械类复合型、应用型人才解决实际工程技术问题的能力,近几年来,作者对机械制造基础课程体系进行了一系列的教学研究、实践和探索,积累了一些经验和成果,在此基础上编写了本书。

本书的作者都具有丰富的教学经验,书中内容充分体现了教学改革的要求,以适应当前教育发展的需要。本书具有以下特点:

(1)注重系统性,定位准确,重点突出,条理清晰。以成型加工(金属工艺学)—互换性(公差与配合)—机械制造工艺过程为主线,符合初学者的认知规律。三部分内容紧密联系,具有系统性。“成型加工”是机械制造工艺过程中的局部组成,是基础;而“互换性”是机械制造工艺过程中的标准和规范,必须严格遵守。突出先进性,注重新工艺、新技术的介绍,以扩大知识面。

(2)采用最新国家标准。书中的规范名词、术语、符号和单位均采用最新的国家标准。

(3)便于自学。本书内容简练、通俗易懂,避免了枯燥的标准手册式的阐述语言,并注重理论联系实际。

本书可作为机械类各专业的学习教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书由解放军理工大学储伟俊任主编,刘斌任副主编,周建钊、何晓晖、冯晓臣、唐建、代菊英、徐婷、张蕉蕉、沈新民等同志也参与了编写工作。由于编者水平所限,错误和不足之处恳请读者批评指正。

本书编写过程中参考了大量的相关手册和资料文献,在此谨向有关编著者表示衷心的感谢。

编者

2015年02月

# 目 录

## 上篇 金属材料成型与加工技术

<b>第 1 章 铸造成型工艺</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 铸造的特点 .....	3
1.3 液态金属成型理论基础 .....	4
1.3.1 液态金属的充型能力 .....	4
1.3.2 金属的凝固与收缩 .....	6
1.3.3 铸造内应力 .....	8
1.3.4 常用铸造合金的铸造性能 .....	9
1.4 砂型铸造 .....	10
1.4.1 砂型铸造工艺过程 .....	10
1.4.2 砂型铸造造型方法 .....	10
1.5 特种铸造 .....	13
1.5.1 熔模铸造 .....	13
1.5.2 金属型铸造 .....	14
1.5.3 压力铸造 .....	15
1.5.4 低压铸造 .....	16
1.5.5 离心铸造 .....	16
1.6 铸件结构工艺性 .....	18
1.6.1 铸件结构应利于简化铸造工艺 .....	18
1.6.2 铸件结构应利于避免产生铸造缺陷 .....	20
思考题与习题 .....	21
<b>第 2 章 锻压成型工艺</b> .....	22
2.1 概述 .....	22
2.2 金属塑性成型理论基础 .....	23
2.2.1 金属的塑性变形 .....	23
2.2.2 金属的可锻性 .....	25
2.2.3 金属的加热 .....	27
2.3 锻压加工方法 .....	28
2.3.1 锻造 .....	29
2.3.2 板料冲压 .....	34
2.3.3 锻压加工新工艺简介 .....	36

2.4	锻压加工结构工艺性 .....	40
2.4.1	锻件的结构工艺性 .....	40
2.4.2	冲压件的结构工艺性 .....	43
	思考题与习题 .....	44
<b>第3章</b>	<b>焊接成型工艺</b> .....	<b>45</b>
3.1	概述 .....	45
3.2	焊接成型理论基础 .....	46
3.2.1	焊接的分类 .....	46
3.2.2	电弧焊的焊接过程 .....	46
3.2.3	焊接接头的组织与性能 .....	47
3.2.4	金属材料的焊接性能 .....	49
3.2.5	焊接应力与变形 .....	51
3.3	焊接成型工艺方法 .....	54
3.3.1	熔化焊 .....	54
3.3.2	压力焊 .....	62
3.3.3	钎焊 .....	65
3.4	焊接结构工艺性 .....	66
3.4.1	焊接结构件材料的选择 .....	66
3.4.2	焊接方法的选择 .....	66
3.4.3	焊接接头工艺设计 .....	67
	思考题与习题 .....	67
<b>第4章</b>	<b>金属切削加工工艺</b> .....	<b>68</b>
4.1	概述 .....	68
4.2	金属切削加工工艺理论基础 .....	69
4.2.1	切削加工的运动分析和切削要素 .....	69
4.2.2	切削刀具 .....	73
4.2.3	切削过程 .....	78
4.3	金属切削加工方法 .....	81
4.3.1	车削 .....	81
4.3.2	钻孔、扩孔和铰孔 .....	84
4.3.3	镗削 .....	86
4.3.4	刨削 .....	88
4.3.5	铣削 .....	90
4.3.6	拉削 .....	93
4.3.7	磨削 .....	95
	思考题与习题 .....	97

<b>第5章 先进制造工艺</b> .....	98
5.1 先进制造技术概述 .....	98
5.1.1 先进制造技术的产生背景 .....	98
5.1.2 先进制造技术的内涵和特征 .....	100
5.1.3 先进制造技术的分类 .....	100
5.1.4 先进制造技术的发展趋势 .....	102
5.2 先进制造工艺的发展及其内容 .....	104
5.2.1 先进制造工艺的发展 .....	104
5.2.2 先进制造工艺的内容 .....	105
5.3 超精密加工 .....	105
5.3.1 超精密加工技术的分类 .....	105
5.3.2 超精密加工的关键技术 .....	107
5.3.3 金刚石超精密车削 .....	109
5.3.4 超精密磨削加工 .....	111
5.3.5 超精密研磨与抛光 .....	112
5.3.6 超精密加工技术的发展趋势 .....	114
5.4 微细/纳米加工技术 .....	114
5.4.1 微细/纳米加工技术概述 .....	114
5.4.2 微细加工技术 .....	116
5.4.3 纳米加工技术 .....	117
5.4.4 微型加工技术的发展与应用 .....	119
5.5 高速加工技术 .....	120
5.5.1 高速加工技术的概念、发展与应用 .....	120
5.5.2 高速切削加工关键技术 .....	120
5.6 现代特种加工技术 .....	123
5.6.1 特种加工技术概述 .....	123
5.6.2 激光加工 .....	125
5.6.3 电子束加工 .....	126
5.6.4 离子束加工 .....	127
5.6.5 电火花加工 .....	127
5.6.6 电解加工 .....	129
5.6.7 超声波加工 .....	129
思考题与习题 .....	131

## 中篇 互换性与测量技术

<b>第6章 互换性原则</b> .....	132
6.1 互换性概述 .....	132
6.1.1 互换性的基本概念 .....	132

6.1.2	互换性的分类 .....	133
6.1.3	互换性在机械行业中的作用 .....	133
6.2	加工误差和公差基本概念 .....	134
6.2.1	加工误差 .....	134
6.2.2	公差 .....	134
6.2.3	检测 .....	135
6.3	标准化和优先数系 .....	135
6.3.1	标准和标准化 .....	135
6.3.2	优先数和优先数系 .....	136
6.4	本篇的研究对象及任务 .....	137
	思考题与习题 .....	137
<b>第7章</b>	<b>测量技术基础 .....</b>	<b>138</b>
7.1	概述 .....	138
7.2	长度和角度计量单位与量值传递系统 .....	139
7.2.1	米的定义与量值传递系统 .....	139
7.2.2	量块 .....	140
7.2.3	角度单位与多面棱体 .....	142
7.3	计量器具与测量方法的分类 .....	143
7.3.1	计量器具的分类 .....	143
7.3.2	测量方法的分类 .....	143
7.4	计量器具度量指标 .....	144
7.5	测量误差和数据处理 .....	145
7.5.1	测量误差及其产生的原因 .....	145
7.5.2	测量误差的分类及处理 .....	146
7.5.3	测量精度 .....	150
7.5.4	测量结果的数据处理 .....	150
	思考题与习题 .....	152
<b>第8章</b>	<b>尺寸极限与配合 .....</b>	<b>153</b>
8.1	概述 .....	153
8.2	基本术语及定义 .....	154
8.2.1	孔、轴和尺寸 .....	154
8.2.2	偏差和公差 .....	156
8.2.3	配合 .....	157
8.3	极限与配合制 .....	161
8.3.1	配合制 .....	161
8.3.2	标准公差系列 .....	162
8.3.3	基本偏差系列 .....	164
8.3.4	公差带与配合的标准化 .....	172



8.4	极限与配合的选用 .....	175
8.4.1	配合制的选用 .....	175
8.4.2	公差等级的选用 .....	176
8.4.3	配合的选用 .....	178
8.5	一般公差简介 .....	184
8.5.1	一般公差的概念 .....	184
8.5.2	一般公差标准的有关规定 .....	185
8.5.3	一般公差的应用 .....	185
	思考题与习题 .....	185
<b>第9章</b>	<b>几何公差 .....</b>	<b>188</b>
9.1	概述 .....	188
9.1.1	几何公差的研究对象 .....	189
9.1.2	几何公差特征项目及符号 .....	190
9.1.3	几何公差标注 .....	192
9.2	几何公差 .....	195
9.2.1	形状公差 .....	195
9.2.2	轮廓度公差 .....	198
9.2.3	位置公差 .....	200
9.2.4	几何公差标注示例 .....	211
9.3	公差原则 .....	212
9.3.1	有关术语定义 .....	213
9.3.2	独立原则 .....	214
9.3.3	相关要求 .....	214
9.4	几何公差的选用 .....	220
9.4.1	几何公差项目的选择 .....	220
9.4.2	几何公差等级的确定 .....	221
9.4.3	基准要素的选择 .....	223
9.4.4	公差原则的选择 .....	224
9.5	形状和位置精度的检测 .....	225
	思考题与习题 .....	226
<b>第10章</b>	<b>表面粗糙度 .....</b>	<b>228</b>
10.1	概述 .....	228
10.1.1	表面粗糙度的定义 .....	228
10.1.2	表面粗糙度对零件使用性能的影响 .....	229
10.2	表面粗糙度的评定 .....	230
10.2.1	术语和定义 .....	230
10.2.2	评定基准 .....	230
10.2.3	表面粗糙度的评定参数 .....	231

10.3	表面粗糙度的选用与标注	233
10.3.1	评定参数的选用	233
10.3.2	表面粗糙度符号、代号	237
10.3.3	在图样和其他技术产品文件中的注法	238
10.4	表面粗糙度的测量	242
	思考题与习题	244
<b>第11章</b>	<b>常用标准件的互换性</b>	<b>245</b>
11.1	滚动轴承结合的互换性	245
11.1.1	滚动轴承的组成	245
11.1.2	滚动轴承的精度等级及其应用	246
11.1.3	滚动轴承与座孔、轴颈结合的公差与配合	250
11.1.4	滚动轴承配合的选用	251
11.2	键、花键结合的互换性	253
11.2.1	平键结合的互换性	253
11.2.2	花键连接的公差与配合	256
11.3	螺纹连接的互换性	259
11.3.1	普通螺纹的分类及使用要求	259
11.3.2	螺纹几何参数对互换性的影响	260
11.3.3	普通螺纹的公差与配合	264
11.3.4	普通螺纹公差与配合的选用	267
11.3.5	螺纹标记	268
	思考题与习题	269
<b>第12章</b>	<b>渐开线圆柱齿轮传动的互换性</b>	<b>270</b>
12.1	齿轮传动的使用要求及加工误差	270
12.1.1	齿轮传动的使用要求	271
12.1.2	圆柱齿轮的加工误差	272
12.2	渐开线圆柱齿轮精度的评定指标及检测	273
12.2.1	轮齿同侧齿面偏差	273
12.2.2	径向综合偏差和径向跳动	276
12.2.3	齿厚偏差及公法线长度偏差	277
12.3	齿坯精度、齿轮副相关偏差和轮齿接触斑点	278
12.3.1	齿坯精度	278
12.3.2	齿轮副中心距和轴线平行度偏差	281
12.3.3	轮齿接触斑点	282
12.3.4	齿轮轮齿齿面及其他表面的表面粗糙度	283
12.4	圆柱齿轮的精度标准及应用	284
12.4.1	轮齿精度等级及其选择	284
12.4.2	最小法向侧隙和齿厚极限偏差的确定	289

12.4.3	齿轮检验项目的确定 .....	292
12.4.4	齿轮精度等级的标注 .....	293
12.4.5	典型案例及其精度选择 .....	293
	思考题与习题 .....	296
<b>第13章</b>	<b>尺寸链 .....</b>	<b>298</b>
13.1	尺寸链的基本概念 .....	298
13.2	用完全互换法解尺寸链 .....	301
13.2.1	完全互换法解尺寸链的基本步骤和公式 .....	301
13.2.2	用完全互换法进行校核计算 .....	302
13.2.3	用完全互换法进行中间计算 .....	303
13.2.4	用完全互换法进行设计计算 .....	304
13.3	概率法解尺寸链 .....	307
13.3.1	概率法的基本公式 .....	307
13.3.2	概率法解尺寸链实例 .....	308
13.4	解尺寸链的其他方法 .....	309
13.4.1	分组互换法(分组法) .....	309
13.4.2	修配补偿法(修配法) .....	310
13.4.3	调整补偿法(调整法) .....	310
	思考题与习题 .....	310

## 下篇 机械制造工艺过程基础

<b>第14章</b>	<b>机械制造工艺过程 .....</b>	<b>312</b>
14.1	概述 .....	312
14.1.1	生产过程和工艺过程 .....	312
14.1.2	机械加工工艺规程的作用 .....	313
14.1.3	生产纲领、生产类型 .....	314
14.2	机械加工工艺过程的基础知识 .....	315
14.2.1	机械加工工艺过程的组成 .....	315
14.2.2	零件在机床上加工时的安装 .....	318
14.2.3	基准 .....	319
14.3	机械加工工艺规程的制定 .....	323
14.3.1	机械加工工艺规程的概念与格式 .....	323
14.3.2	制定机械加工工艺规程的步骤 .....	325
14.3.3	制定机械加工工艺规程时要解决的主要问题 .....	325
14.4	典型零件的加工工艺 .....	327
14.4.1	轴类零件 .....	327
14.4.2	套类零件 .....	328
14.4.3	轮盘类零件 .....	329

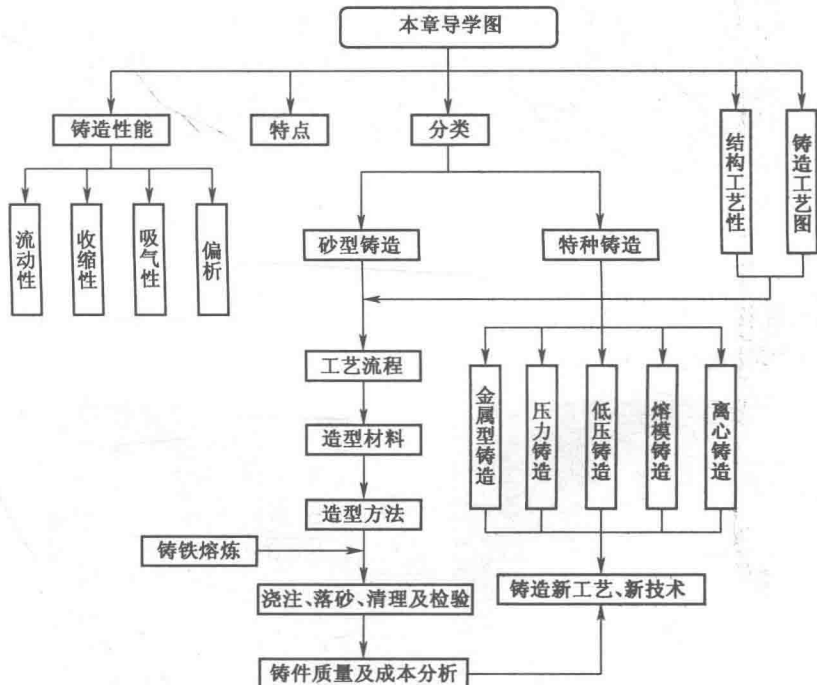
14.4.4 箱体类零件 .....	330
思考题与习题 .....	331
附录 新旧国标对照表 .....	333
参考文献 .....	335

# 上篇 金属材料成型与加工技术

## 第1章 铸造成型工艺

### 导学

铸造是历史最为悠久的金属成型方法,根据文献记载和实物考察,我国铸造生产技术至少有四千年以上的历史。前两千年是以青铜铸造为主,发展冶铸技术,形成了灿烂的商周青铜文化;后两千年是以铸铁生产为主,推动了铸造技术的发展。今天,即使已经步入了信息时代,铸造仍然是工业生产中制取金属件必不可少的重要方法之一。在各种机器设备如汽车、轮船、火车、拖拉机、飞机中,铸件所占比例高达70%~80%。本章主要认识铸造工艺在机械制造中的应用和重要性,理解液态金属成型理论知识,掌握砂型铸造的一般工艺特点及其应用;了解特种铸造工艺特点及应用;理解铸件结构工艺性。



### 1.1 概述

铸造通常是将液态金属浇注到与零件的形状、尺寸相适应的铸型型腔中,待其冷却凝固

后,以获得毛坯或零件的生产方法。

我国在商朝起就已创造了灿烂的青铜文化,所谓“钟鼎食”,成了当时贵族权势和地位的标志。河南安阳殷墟出土的后母戊鼎,是世界罕见的青铜器贵重文物,鼎高133cm,口长110cm,宽78cm,足高46cm,壁厚6cm,重达875kg,是迄今为止发现的最重的青铜器,如图1-1所示。鼎身周围铸有精巧的盘龙纹和饕餮纹,增加了文物本身的威武凝重之感。从铸造痕迹来看,后母戊鼎是用二十块范铸成的,后母戊鼎纹饰美观、轮廓清晰、工艺精湛。后母戊鼎标志着我国商朝出色的铸造技术。

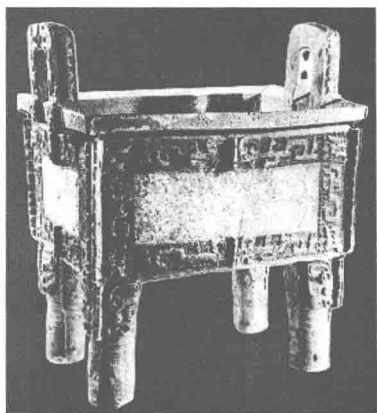


图1-1 后母戊鼎

1978年湖北省随县出土的曾侯乙墓青铜器重达10t,其中有一套64件的铜编钟,分八组,包括辅件在内用铜达5t,如图1-2所示。钟面铸有变体龙纹和花卉纹饰,有的细如发丝,钟上共铸有错金铭文2800多字,标记音名、音律。每钟发两音,一为正鼓音,一为右鼓音。整套编钟域宽达五个半八度,可演奏各类乐曲,音律准确和谐,音色优美动听,铸造工艺水平极高,是我国古代青铜铸造的代表作,这套编钟的铸造时代是距今2400年前的战国初期。

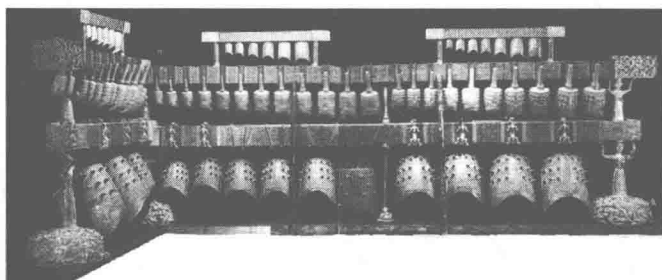


图1-2 曾侯乙编钟

现存于北京大钟寺内的明朝永乐大钟(图1-3),铸于明永乐18年前后(1418—1422年),高6.75m,钟口外径3.7m,钟唇厚0.185m,重46.5t,据考证钟体铸型为泥范,芯分七段。先铸成钟钮,再使钟钮与钟体铸接成一体。化学分析结果 $w_{Cu} = 80.54\%$ , $w_{Sn} = 16.4\%$ ,还含



图1-3 永乐大钟

有微量的锌、铁、硅、镁、钙等。钟体内外铸满经文,共约 230184 字,所有经文皆为汉字楷书,字体工整、古朴,相传是明初书法家沈度的手笔。大钟至今完好,轻撞,声音清脆悠扬,回荡不绝达 1min 之久;重撞,声音雄浑响亮,尾音可达 3min 以上,距钟 15~20km 都能听见,是世界上罕见的古钟之一。我国古代的钟、鼎等文物,有不少是熔模铸造的,其工艺复杂,铸工精湛、铸件精美,不难看出我国古代熔模铸造工艺已达到相当高的水平。

我国是最早应用铸铁的国家之一,周朝末年有了铸铁,铁制农具发展很快,秦、汉以后,我国农田耕作大都使用了铁制农具,如耕地的犁、锄、镰、锹等。这表明我国当时已具有相当先进的铸造生产水平,到宋朝时已使用铸造铁炮和铸造地雷。

1983 年湖北江陵马山楚墓出土的剑,通长 29.5cm,最宽处 5.5cm,剑身中脊起棱,满饰黑色菱形花纹(图 1-4),正面近格处刻有两行八字鸟篆铭文:“越王勾践,自作用剑”。剑格两面铸有几何形图案花纹,正面花纹内嵌蓝色琉璃,背面花纹内嵌绿松石。柄圆茎无箍,剑首外翻卷成圆箍形,内有 11 道同心圆圈。剑刃薄且锋利,毫无锈蚀,至今仍寒光袭人。经过无损检测,其主要合金成分为铜、锡、铅、铁、硫等。花纹处含硫高,因为硫化铜可防锈。此剑铸造精良,形态优美,实属稀有珍品。

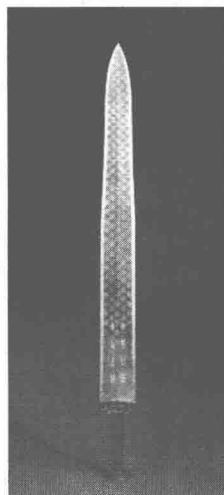


图 1-4 越王勾践剑

近年来,从制造系统工程的角度出发,铸造技术与自动化、计算机、新能源、新材料等高新技术结合,以达到净成型或近似净成型为目标,以精化、强化毛坯件为核心,兼顾高效、节能节材、少污染的综合效果,正逐步摆脱传统模式,形成精密成型技术。在铸型材料方面,推广快速硬化的水玻璃砂及各类自硬砂,成功地应用树脂砂快速制造高强度砂型和砂芯。在铸造合金方面,发展了高强度、高韧性的球墨铸铁和各类合金铸铁,在汽车发动机上,成功地应用球墨铸铁曲轴代替锻钢曲轴。在铸造设备方面,已建立起先进的机械化、自动化高压造型生产线。在新技术方面,各种各样特种铸造、绿色铸造方法得到发展和应用。所有这些都提高了铸件的品质,并且节能节材,生产率不断提高,生产成本不断降低,劳动条件不断改善,符合我国经济持续发展的需要。随着生产技术的不断发展,目前铸造生产的劳动条件正逐步改善。

## 1.2 铸造的特点

铸造生产过程是一个复杂的综合性工序的组合,它包括许多生产工序和环节,从材料的准备,到合金熔配、造型、制芯、合箱浇注、金属凝固冷却,最后获得合格的铸件。其中,砂型铸造生产工序较多,周期较长,如采用特种铸造工艺,生产工艺将大大简化,周期也将大大缩短。

铸造成型工艺具有如下特点:

### 1. 较强的适应性

(1) 铸件形状不受限制。铸造成型工艺最适合制造形状复杂、特别是具有复杂内腔的毛坯,如发动机的缸体、缸盖、曲轴以及变速箱箱体、液压阀阀体、潜艇和军舰的螺旋桨等。

(2) 铸件质量不受限制。铸造成型工艺从几克的钟表零件到几百吨的汽轮机缸体、轧钢机架,都可以铸造。

(3) 铸件尺寸不受限制。铸件的壁厚范围为 1mm~1m。

(4) 铸件材料不受限制。工业上常用的金属材料,如铸铁、碳素钢、合金钢、铝合金、铜合金、锌合金等,都可以用于铸造生产。

## 2. 良好的经济性

铸造一般不需要昂贵的设备;铸造可以直接利用成本低廉的废机件和切屑;铸件的形状和尺寸接近零件,节省金属材料和切削加工费用,因此铸件的成本低,经济性好。

## 3. 铸件力学性能较差、质量不够稳定

铸造生产工序多、过程复杂,影响铸件质量的因素多,部分工艺过程难以控制,因此铸件容易产生缺陷,废品率一般较高。铸件内部成分偏析较重,内部组织晶粒粗大,铸件的力学性能一般不如相同材料的锻件好。随着生产技术的不断发展,铸件性能和质量正在不断提高。

## 4. 铸造生产条件和生产环境差

铸造生产过程中,混砂、造型、清砂过程中产生大量的粉尘;熔炼、浇注的温度很高;另外铸造过程中还有大量的烟雾、刺激气体产生;工人的劳动强度很大。

铸造生产中,最常用的工艺方法是砂型铸造,此外还有熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等特种铸造方法。

铸造在机械制造业中占有重要地位。在一般的机械设备中,铸件占机器总重的 45%~90%,而铸件成本仅占机器总成本的 20%~25%。铸件被广泛应用于国防军工、航空航天、矿山冶金、交通运输工具、石化通用设备、农业机械、建筑机械等领域。

# 1.3 液态金属成型理论基础

铸造生产中,能否获得没有任何缺陷的薄壁铸件、形状复杂的铸件或大尺寸铸件,这完全取决于合金的铸造性能。金属材料的铸造性能是指它在铸造过程中表现出来的工艺性能,如流动性、线收缩率和体收缩率、吸气倾向性、形成裂纹的倾向性、各部位的成分不均匀性(偏析)等。铸件的质量与合金的铸造性能密切相关,合金的铸造性能好,是指熔化时不易氧化,熔液不易吸气,浇注时合金液易充满型腔,凝固时铸件收缩小,且化学成分均匀,冷却时铸件变形和开裂倾向小等。合金的铸造性能好,铸件质量容易保证,合金的铸造性能差,铸件则容易产生缺陷,但只要采取相应的工艺措施,仍可保证铸件的质量。

## 1.3.1 液态金属的充型能力

液态金属充满铸型型腔,获得形状完整、轮廓清晰的铸件的能力,称为液态金属的充型能力。液态金属的充型能力强,则能浇注出壁厚而形状复杂的铸件;充型能力差,则易产生冷隔、浇不足等缺陷。影响充型能力的因素主要有金属液本身的流动性、铸型性质、浇注条件及铸件结构等。

### 1. 液态金属的流动性

液态金属的流动性是指其本身的流动能力,是金属的固有性质,金属液的流动性越好,充型能力越强。影响流动性的因素很多,但以化学成分的影响最为显著。流动性的好坏通常用螺旋形试样的长度来衡量,如图 1-5 所示,试样长度大,说明流动性好。表 1-1 列出了常用铸造合金的流动性,其中灰口铸铁和硅黄铜最好,铸钢最差。



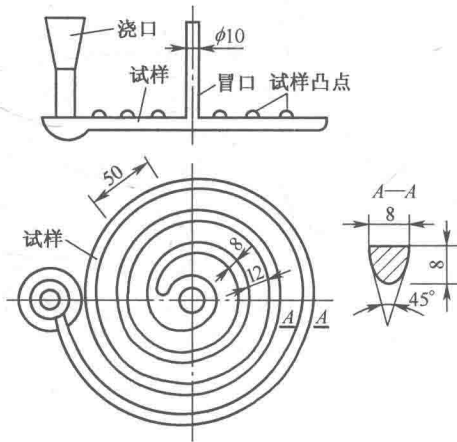


图 1-5 金属流动性试样

表 1-1 常用铸造合金流动性

合金种类	造型材料	浇注温度/ $^{\circ}\text{C}$	螺旋线长度/mm
灰铸铁 $w_{(c+si)} = 6.2\%$ $w_{(c+si)} = 5.2\%$ $w_{(c+si)} = 4.2\%$	砂型	1300	1800
铸 钢 $w_c = 0.4\%$	砂型	1600 1640	100 200
锡青铜 $w_{sn} = (9\% \sim 11\%)$ $w_{zn} = (2\% \sim 4\%)$	砂型	1040	420
硅黄铜 $w_{si} = (1.5\% \sim 4.5\%)$	砂型	1100	1000
铝合金 (硅铝明)	金属型 ( $300^{\circ}\text{C}$ )	680~720	700~800

纯金属和共晶成分的合金在恒温下结晶,流动性好;共晶成分的合金往往熔点低,保持液态的时间长,其流动性最好。非共晶成分的合金,在一定的温度范围内结晶,流动性差,而且合金的结晶温度范围越大,枝晶越发达,其流动性越差。图 1-6 所示为铁碳合金的流动性与成分的关系。

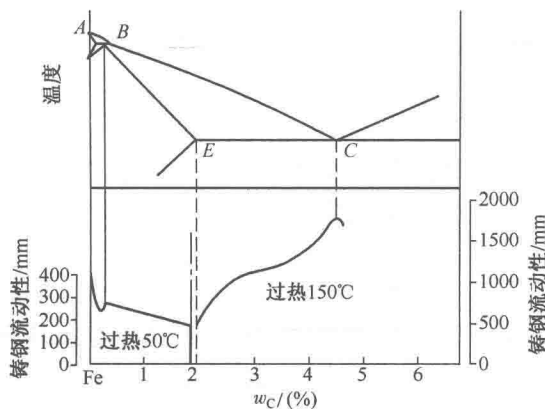


图 1-6 铁碳合金流动性与碳含量的关系