

材料成形技术

毛萍莉 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

材 料 成 形 技 术

主编 毛萍莉

参编 古可成 董晓强 王哲英 康煜平 王峰



机 械 工 业 出 版 社

本书是为高等工科院校材料成形及控制专业“材料成形技术”课教学而编写的通用教材。

全书分为四大部分,依次为金属液态成形篇、金属焊接成形篇、金属塑性成形篇及成形件热处理篇,共14章。

金属液态成形篇主要介绍以砂型铸造为主的多种液态成形工艺方法;与砂型铸造相关的主要造型材料、工艺及工艺装备设计的主要内容。增添了有关计算机在铸造领域中应用的基础知识。金属焊接成形篇分别从焊接原理、方法、结构及焊接设备的角度介绍了与焊接工艺设计相关的要点问题。金属塑性成形篇以锻造成形及冲压成形工艺为主,介绍了金属塑性成形工艺,以及相关的工艺设计方法、设计程序及模具设计,还举出若干自由锻件、模锻件及冲压件的工程实例。成形件热处理篇密切结合铸造、压力加工、焊接的成形件特点介绍相应的热处理工艺。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形技术/毛萍莉主编. —北京:机械工业出版社,
2007.4(2016.1重印)

ISBN 978-7-111-21168-6

I. 材... II. 毛... III. 工程材料—成型 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第035438号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:吕德齐 版式设计:冉晓华

责任校对:张媛 封面设计:鞠杨 责任印制:李洋

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2016年1月第1版第3次印刷

169mm×239mm·27印张·526千字

4 801—5 800册

标准书号:ISBN 978-7-111-21168-6

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

《材料成形技术》是为高等工科院校材料成形及控制专业“材料成形技术”课教学而编写的通用教材。

材料成形技术是材料成形及控制专业的专业主干课之一。它涵盖了原有铸造、焊接、锻造、冲压、热处理等专业的工艺及工装设计的主要内容。

考虑到材料成形及控制专业授课学时及教材篇幅的需要,本书与原相关专业的教材相比有如下特点:①通过典型件的成形工艺分析,重点叙述各学科领域中应用最广的工艺方法及设计的主要内容,其他内容仅作简要介绍,即遵循“削枝强干”的原则编写本书。读者可由此举一反三,完成其他工艺设计。②工艺设计主要属于技术范畴,故而本教材突出教学的实践性、工程性,对于原教材中一些与主干内容相关不大的理论知识及数学推导等内容作了适当删减。③随着计算机的普及,用 CAD 进行材料成形工艺设计已成为现实,应用范围迅速扩大。本教材添加了计算机在热加工领域中应用的基础知识。④考虑到材料成形技术与热处理有密切的内在联系,书中安排了与铸造、焊接、锻造、冲压相关的热处理工艺内容供读者参考。

教材分为四大部分,依次为金属液态成形篇、金属焊接成形篇、金属塑性成形篇及成形件热处理篇,共 14 章。

金属液态成形篇包含第 1~4 章,主要介绍以砂型铸造为主的多种液态成形工艺方法,与砂型铸造相关的主要造型材料、工艺及工艺装备设计的主要内容。与以往的铸造工艺教材相比,突出了工艺性、工程性,并增添了有关计算机在铸造领域中应用的基础知识。

金属焊接成形篇包含第 5~9 章,分别从焊接原理、方法、结构及焊接设备的角度介绍了与焊接工艺设计相关的要点问题。其中第 5 章侧重介绍热源对焊接的影响;第 6 章介绍了各种焊接方法以及如何选择的问题;第 7 章的重点是焊接变形及残留应力等工程难题;常用焊接工艺装备主要在第 8 章中叙述;第 9 章在焊接设计的程序、内容、方法、编制工艺文件方面作了具体的介绍。书中对近年来崛起的新工艺、新方法、新技术(如机器人焊接技术等)也有所介绍。

金属塑性成形篇包含第 10、11 章。以锻造成形及冲压成形工艺为主介绍了金属塑性成形工艺,以及相关的工艺设计方法、设计程序及模具设计,为结合工程实践,作者在书中举出若干自由锻件、模锻件及冲压件的工程实例供读者参考。

成形件热处理篇安排在第 12~14 章。本篇的特点是密切结合铸造、压力加

工、焊接的成形件特点介绍相应的热处理工艺。考虑到有色金属件的应用日益增多,适当增添了对有色金属及铸铁热处理技术的介绍。书中引用了近期国内外的参考文献及研究成果。所用专业名词术语都采用最新公布的标准。书中给出有关的热处理数据大都可生产中采用。

本书中金属液态成形篇第1、2章由毛萍莉副教授编写,第3章由古可成教授编写,第4章由王峰老师编写,金属焊接成形篇(第5~9章)由董晓强副教授编写,金属塑性成形篇(第10、11章)由王哲英老师编写,成形件热处理篇(第12~14章)由康煜平教授编写。

教材编写出版过程中,得到了沈阳工业大学材料科学与工程学院、教务处材料及其他相关部门的支持和帮助,本书的主审们不吝赐教,提出了许多宝贵而中肯的意见和建议,在此谨表示诚挚的谢意。在本书出版之际,尤其要向被本书所引用的各文献的作者们深表感谢。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏不当之处,恳请读者及同行们批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 金属液态成形

第 1 章 液态成形工艺方法 2

1.1 砂型铸造 2

1.1.1 手工造型和制芯 2

1.1.2 机器造型和制芯 4

1.2 熔模铸造 5

1.2.1 熔模铸造原理 5

1.2.2 熔模铸造工艺过程 5

1.2.3 熔模铸造特点和应用 范围 6

1.3 金属型铸造 6

1.3.1 金属型铸造工艺 7

1.3.2 金属型铸造的特点 7

1.3.3 金属型铸造的应用范围 8

1.4 压力铸造 8

1.4.1 压力铸造的特点 8

1.4.2 压力铸造工艺 8

1.4.3 压力铸造的应用范围 9

1.5 离心铸造 9

1.5.1 离心铸造的特点 9

1.5.2 离心铸造工艺 10

1.5.3 离心铸造的应用范围 10

1.6 其他铸造方法 10

1.6.1 低压铸造、挤压铸造、 陶瓷型铸造的原理、 工艺过程和应用范围 10

1.6.2 真空密封造型、连续铸造

和差压铸造、真空吸铸的

原理、工艺过程和应用范

围 12

第 2 章 液态成形工艺基础 14

2.1 铸造用原砂 14

2.1.1 硅砂的组成、性能和分 类 14

2.1.2 非石英质原砂 16

2.1.3 原砂的选用 16

2.2 铸造用粘土 17

2.3 粘土型(芯)砂 18

2.3.1 粘土型(芯)砂性能及其 影响因素 18

2.3.2 粘土砂的应用 19

2.4 水玻璃砂及有机粘结剂砂 21

2.4.1 水玻璃砂的硬化机理及 硬化方法 21

2.4.2 CO₂ 水玻璃砂的性能及 影响因素 23

2.4.3 有机粘结剂砂的性能及 使用 24

2.5 铸型涂料 29

2.5.1 涂料的组成 29

2.5.2 涂料的性能 30

2.5.3 涂料的使用方法 30

2.6 液态金属与铸型的相互作用 31

2.6.1 液态金属与铸型的热作用	31	铁件浇注系统	69
2.6.2 液态金属与铸型的机械作用	33	3.4 冒口及冷铁设计	77
2.6.3 金属液与铸型的物理化学作用	34	3.4.1 冒口的种类及补缩原理	77
第3章 液态成形工艺设计	41	3.4.2 铸钢件冒口的设计与计算	83
3.1 铸造工艺设计依据内容、程序	41	3.4.3 球墨铸铁件的冒口设计	87
3.1.1 铸造工艺设计依据	41	3.4.4 特种冒口	89
3.1.2 铸造工艺设计的内容和设计程序	42	3.4.5 冷铁的作用及种类	91
3.2 液态成形工艺方案的确定及铸造工艺参数设计	43	3.4.6 铸肋	94
3.2.1 零件结构的液态成形工艺性分析	43	3.5 铸造工艺装备	95
3.2.2 浇注位置的确定	50	3.5.1 模样及模板设计	95
3.2.3 分型面的选择	51	3.5.2 砂箱设计	100
3.2.4 液态成形用芯的工艺设计及铸造工艺参数	53	3.5.3 芯盒设计	104
3.2.5 铸造工艺设计参数	59	第4章 液态成形工艺计算机辅助设计	106
3.3 液态成形浇注系统设计	63	4.1 计算机在铸造中的应用分类	106
3.3.1 概述	63	4.2 铸造工艺 CAD 的进展	106
3.3.2 浇注系统基本组元的作用	63	4.2.1 铸造工艺 CAD 在国外的 发展	106
3.3.3 浇注系统的基本类型及铸		4.2.2 铸造工艺 CAD 在国内的 发展	107
		4.3 铸造工艺 CAD	108
		4.4 计算机绘图	110
		4.5 典型件铸造工艺设计实例	112
		参考文献	115

第二篇 焊 接 成 形

第5章 焊接工艺基础	118	影响	123
5.1 焊接工艺概述	118	5.4.2 热源强度的可变性	126
5.2 焊接过程的本质	119	5.5 焊接工艺参数对电弧焊焊缝 成形的影响	127
5.2.1 实现焊接的基本条件	119	5.5.1 电弧焊的主要焊接参数	127
5.2.2 实现焊接的基本方法	120	5.5.2 电弧焊的工艺因素对焊 缝成形的影响	128
5.3 焊接热效应	121	5.5.3 焊件的结构因数	129
5.3.1 焊接热过程的影响	121	第6章 焊接方法	132
5.3.2 电弧焊接热效率 η	121	6.1 焊接方法的选择	132
5.4 焊接热源强度	123		
5.4.1 热源强度对焊接过程的			

6.1.1 母材的类型	132	的工艺措施	169
6.1.2 母材的厚度	132	7.4.1 防止脆性断裂的一些工	
6.1.3 接头类型和焊接位置	133	艺措施	169
6.1.4 产品的类型和焊接条件	134	7.4.2 预防疲劳断裂的一些工	
6.1.5 焊接的方式	135	艺措施	170
6.1.6 焊接设备的选用原则和		7.4.3 提高焊接接头耐蚀性的	
程序	136	途径	171
6.1.7 坡口的选择	138	第8章 焊接工艺装备	173
6.2 先进的焊接方法	138	8.1 焊接工艺装备的分类及	
6.2.1 搅拌摩擦焊	138	选用	173
6.2.2 A-TIG 焊接方法	142	8.1.1 焊接工艺装备的分类	173
6.2.3 变极性等离子弧焊接	143	8.1.2 焊接工艺装备的选用	173
6.2.4 单电源双弧焊接技术	145	8.2 焊接件的定位与夹紧	175
6.2.5 高效率熔化极气体保		8.2.1 焊接件的定位	175
护焊	145	8.2.2 工件的夹紧	180
6.2.6 窄间隙焊接法	149	8.3 装焊夹具	184
6.2.7 激光-电弧复合焊接	153	8.3.1 通用装焊平台	184
第7章 焊接残余应力、变形		8.3.2 专用装焊胎架	184
与焊接工艺控制	155	8.4 焊接变位机械	186
7.1 焊接残余应力和变形概述	155	8.4.1 焊件变位机械	186
7.1.1 产生机理、影响因素和		8.4.2 焊机变位机械	197
内在联系	155	8.5 焊接机器人概述	199
7.1.2 焊接残余应力和变形的		8.5.1 工业机器人	200
特征要点	156	8.5.2 焊接机器人	201
7.1.3 焊接残余应力的分布与		8.6 焊接生产线概述	206
影响	157	8.6.1 焊接生产线的种类	206
7.2 工艺设计阶段的考虑	160	8.6.2 焊接生产线与焊接自	
7.2.1 气焊、焊条电弧焊及气		动化	208
体保护焊接接头坡口的基		第9章 焊接工艺设计	211
本形式与尺寸	160	9.1 焊接结构制造的一般程序	211
7.2.2 焊接接头设计的一般原		9.1.1 焊接结构制造	211
则	160	9.1.2 生产纲领	211
7.3 制造过程中的工艺措施	162	9.1.3 焊接结构生产的准备	
7.3.1 控制与消除焊接残余应		工作	212
力	162	9.1.4 焊接结构制造工艺过程	212
7.3.2 控制、调节与消除焊接		9.1.5 焊接结构制造工艺方案	
变形	165	设计的程序	214
7.4 防止脆断、疲劳和应力腐蚀		9.1.6 焊接结构设计的工艺性	

审查	215	原则	226
9.2 焊接工艺设计内容	216	9.3 焊接工艺设计举例	227
9.2.1 焊接工艺设计程序和内容、 步骤与方法	216	9.3.1 油罐车罐体的焊接生产	227
9.2.2 焊接结构制造工艺流程	225	9.3.2 箱形结构桥式起重机的 焊接生产	232
9.2.3 焊接工艺文件的编制	225	参考文献	235
9.2.4 焊接接头设计的一般			

第三篇 金属塑性成形

第10章 锻造成形工艺学

10.1 概述	240
10.1.1 锻造方法的分类	240
10.1.2 锻造的发展趋势	241
10.2 自由锻造	242
10.2.1 自由锻的分类及工序	243
10.2.2 自由锻的基本工序	243
10.2.3 自由锻工艺过程的制 订	257
10.2.4 自由锻工艺实例	265
10.3 模锻工艺	269
10.3.1 模锻工艺规程的制订及 工艺方案的选择	270
10.3.2 模锻锻件图设计	273
10.3.3 模锻设备吨位的确定	285
10.3.4 毛坯尺寸的确定	289
10.3.5 锻模结构设计	290
10.3.6 模锻后续工序	294
10.3.7 模锻应用实例	298
10.4 特种锻造及其新技术	300
10.4.1 精密模锻	300
10.4.2 等温锻造与超塑性锻 造	304
10.4.3 粉末锻造	306

第11章 冲压成形工艺学

11.1 概述	309
11.1.1 冲压基本工序及模具	309
11.1.2 冲压工艺过程的制订	310
11.2 冲裁	315

11.2.1 冲裁变形过程的分析	315
11.2.2 确定合理冲裁间隙	316
11.2.3 凸凹模刃口尺寸的计 算	320
11.2.4 冲压力的计算及降低 冲裁力的方法	324
11.2.5 材料的合理利用	326
11.2.6 其他冲裁方法	328
11.3 弯曲	330
11.3.1 弯曲变形过程分析	330
11.3.2 弯曲件的工艺及计算	333
11.3.3 弯曲件的回弹	339
11.3.4 弯曲模工作零件设计 及尺寸计算	340
11.4 拉深	343
11.4.1 拉深变形过程分析	343
11.4.2 圆筒件拉深工艺及 计算	345
11.4.3 模具工作部分尺寸 设计	351
11.4.4 其他拉深方法	355
11.5 冲压工艺及模具设计实例	357
11.5.1 多孔冲孔工艺及设计	357
11.5.2 压板弯曲件成形工艺 与设计	358
11.5.3 带凸缘深锥形件的拉 深工艺及设计	359
参考文献	363

第四篇 成形件的热处理

第 12 章 成形件的退火和正

火 367

12.1 成形件的退火 367

12.1.1 扩散退火 368

12.1.2 再结晶退火 373

12.1.3 去应力退火 377

12.1.4 钢的基于固态相变的退
火工艺 378

12.1.5 铸铁的退火 385

12.1.6 有色金属(合金)基于
固态相变的退火 387

12.2 成形件的正火 388

12.2.1 正火的目的和应用范
围 389

12.2.2 钢的正火 389

12.2.3 铸铁的正火 390

第 13 章 成形件的淬火和

回火 392

13.1 成形件的淬火 392

13.1.1 淬火的加热工艺 392

13.1.2 淬火冷却介质 395

13.1.3 淬火工艺 399

13.2 成形件的回火 401

13.2.1 淬火钢在回火时的组
织和性能变化 402

13.2.2 二次硬化 405

13.2.3 回火脆性 407

13.2.4 回火工艺 409

13.3 淬火与回火的常见缺陷 412

13.3.1 热处理变形 412

13.3.2 淬火裂纹 412

13.3.3 淬火硬度不足 412

13.3.4 过热与过烧 413

13.3.5 回火缺陷 414

第 14 章 成形件的其他热处

理 415

14.1 固溶和时效 415

14.2 表面淬火 416

14.3 形变热处理 417

14.4 化学热处理 418

参考文献 419

第一篇

金属液态成形

- | | |
|-----|---------------|
| 第1章 | 液态成形工艺方法 |
| 第2章 | 液态成形工艺基础 |
| 第3章 | 液态成形工艺设计 |
| 第4章 | 液态成形工艺计算机辅助设计 |

第 1 章 液态成形工艺方法

1.1 砂型铸造

铸造在我国具有悠久的历史，出土的文物证实，早在 3 千年前我国先民们就开始铸造精美的青铜器及农具。虽然铸造在我国发展比较早，但其造型方法及铸型材料的快速发展是 20 世纪 30 年代以后的事。随着工业进入机械化时代，机器造型、制芯方法也在我国迅速发展起来，同时新的粘结剂也不断出现，为铸型材料家族增添了不少新成员。比如：1958 年开始出现呋喃树脂砂热芯盒制芯；1960 年出现了温芯盒制芯，1964 年出现了气硬冷芯盒制芯；1947 年前后出现 CO_2 硬化水玻璃砂型，1965 年出现水玻璃流态砂，1968 年又出现了有机硬化剂的水玻璃砂型等。尽管各种新的铸型材料和造型方法获得很大发展，但是以粘土砂为主要造型材料的普通砂型仍然占有主要地位。

现代的造型制芯方法主要可分为两类：手工造型和制芯、机器造型和制芯。

1.1.1 手工造型和制芯

手工造型和制芯是传统的铸造方法，由于其操作灵活，模样、芯盒等工艺装备简单，不需要复杂和专用的造型和制芯机器等设备，使它不论对铸件大小、结构复杂程度高低等都有广泛的适应性。因此在单件、小批生产中，特别是重型的复杂铸件，手工造型应用较广。在大量生产的工厂中，修理机器设备所需的配件，模样、芯盒和模板等工艺装备，大批生产中的产品试制，也都需要用手工造型和制芯。

1. 常用手工造型方法

(1) 依铸型寿命分

- 1) 一次型：浇注一次后铸型就损坏，普通砂型铸造都是一次型。
- 2) 半永久型：可浇注几十次，甚至上百次后才损坏。泥型和石墨型属于半永久型。

(2) 依模样特点分

- 1) 整体模造型：模样为一整体，用于形状简单的铸件。
- 2) 分模造型：模样沿分模面分开，被制成上半模、下半模等几块模样，可使造型简便。

3) 刮板造型：依铸件断面形状将模样制成板状，可节约制模工时和木材。适用于断面一致的或形状简单的旋转体铸件。

4) 实型造型：用聚苯乙烯泡沫塑料制成模样和浇冒口系统，造型后不取出模样。浇注时模样受到液体金属的灼热作用而气化，液体金属占据其空间，冷却后形成铸件，如图 1-1 所示。

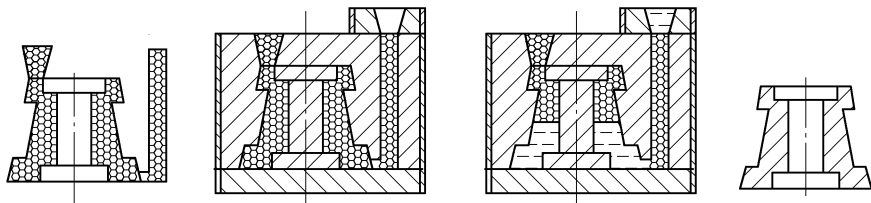


图 1-1 实型造型

实型造型又名消失模或泡沫塑料模造型。1958 年美国麻省工学院获得专利权，1962 年世界各地开始应用于铸件的生产。该法的优点是：造型过程简单，无需拔模和分型，铸件精度高。砂芯只用来形成小孔，节约了砂芯。主要缺点是：泡沫塑料模只能浇注一次，铸件表面粗糙度较高。如需要舂砂时，模样会发生一定的变形。因此泡沫塑料模多结合各种流态砂造型、磁丸造型及各种自硬砂型的应用。

(3) 依造型方式分

1) 砂箱造型：在砂箱中造型，操作方便，应用广泛。根据造一副铸型所用的砂箱数目，又有两箱造型和多箱造型之分。

2) 劈箱造型：将模样和砂箱分成相应的几块，分别造型然后组装成形。这种方法使造型、烘干、搬运、合箱检验都方便，但模样和砂箱的制造工作量大。

3) 叠箱造型：将几个甚至十几个铸型重叠起来浇注。这种方法可充分利用生产面积并节约金属。

4) 脱箱造型（无箱造型）：造型后将砂箱脱去，型块在无砂箱或加放套箱的情况下浇注。

5) 地坑（面）造型：在车间地坑中或地面上造型，不用砂箱或只用一只上箱。操作麻烦，劳动量大，生产周期长，多用于单件生产的大型铸件。

6) 组芯造型：铸型由多块砂芯组装而成，可以在砂箱、地坑或用夹具组装。

7) 流态砂造型：将混合好的流态砂灌入砂箱，铸型可自行硬化并无需紧砂。造型简便、劳动量小、卫生、生产率高。但应用于厚大铸件时容易出现缩沉等缺陷。

2. 常用手工造芯方法

1) 芯盒造芯：在芯盒腔内进行紧砂、加放芯骨及开通气道等操作。依芯砂性质可以在芯盒内硬化，也可以脱出芯盒后再烘干硬化。用芯盒造芯尺寸准确，生产率高。

2) 刮（车）板造芯：用刮板制芯，其尺寸精度和生产率都不如芯盒法，但刮板的制造比芯盒省工、省料。多用于单件生产的断面一致的或回转体砂芯。

1.1.2 机器造型和制芯

同手工相比，机器造型和制芯的生产率高，质量稳定，工人劳动强度低。但设备和工艺装备费用高，生产准备周期长，适用于大批量生产的铸件。

1. 普通机器造型

1) 震实造型：多以压缩空气为动力，使砂型和工作台等一起上下跳动振实，利用砂型向下运动的动能和惯性，使型砂紧实。该法在砂箱顶部的型砂紧实度不足，常需要手工补压加以紧实后，砂型才可翻转。机器结构简单、成本低，但噪声大，生产率较低，对厂房基础要求较高，劳动较繁重，多用于大型、高度较高的砂箱。

2) 压实造型：依靠压力使砂型紧实。多以压缩空气为动力，由于压强小，故只能得到中等紧实度的砂型，且砂箱高度有一定限制，以免紧实度不足。其砂型上表面紧实度高，底部则低。机器结构简单、生产率高、无噪声，适用于砂箱较矮的扁平铸件。

3) 震压造型：先以震实法使砂箱底部型砂紧实，然后再利用压实法对砂箱顶部较松散的型砂补加压实。其优缺点与震实法基本相同，但效率较高。由于补加压实法以压缩空气为动力，压强较低，故多用于中、小型砂箱尺寸。

2. 高压造型

1) 依造型、合箱时分型面所处的位置分为水平分型的高压造型和垂直分型的高压造型。水平分型的高压造型又有有箱造型和无箱造型之分；而垂直分型的高压造型，到目前为止，生产中却只有无箱造型。依填砂方式分为射压式高压造型和一般高压造型。射压式采用射砂方式填砂；一般高压造型采用机械方式加砂。

2) 依有无微震机构分为微震高压造型和单纯高压造型。

3. 机器制芯

机器制芯主要常用以下方法：

1) 震实造芯：类似于震实造型，利用跳动的动能使芯盒内的芯砂紧实。一般芯盒上表面需要手工补加压实，并刮去多余的芯砂。

2) 挤芯：利用柱塞式或螺旋式挤芯机挤制砂芯，只能制造断面一定的简单、

直棒砂芯。

3) 吹芯：用压缩空气将芯砂吹入芯盒并紧实。例如制造壳芯。

4) 射芯：利用压缩空气将芯砂从射砂筒中射入芯盒并紧实。广泛用于制造各种芯砂的中小型砂芯。

1.2 熔模铸造

1.2.1 熔模铸造原理

熔模铸造是一种精密铸造方法，通常称为“精密铸造”。它是用易熔材料制成精确的可溶性模型，然后在模型上涂若干层耐火涂料，经过干燥硬化成整体型壳，对整体型壳进行加热熔失模型，对型壳高温焙烧后浇注金属液，待冷却后打掉型壳即可获得铸件。由于熔模铸造使用最广泛的模料为石蜡，这种方法又称为“失蜡铸造”，其工艺流程如图1-2所示。

1.2.2 熔模铸造工艺过程

1. 熔模的制造

熔模是用来形成耐火型壳中型腔的模型，要获得尺寸精确和表面光洁的铸件，就得有尺寸精确和表面光洁的熔模。

制造熔模的材料即模料，一般采用蜡料、天然树脂和塑料（合成树脂）配制。

模料配制时主要用加热的方法使各种原材料熔化混合成一体，而后一边冷却，一边将模料剧烈搅拌，使模料成为糊膏状态供压制熔模用。

压制熔模之前，需先在压型表面涂薄一层分型剂，以便从压型中取出熔模。压制蜡基模料时，分型剂可为机油、松节油等；压制树脂基模料时，常用蓖麻油和酒精的混合液或硅油作分型剂。分型剂层越薄越好，使熔模能更好地复制压型的表面，降低熔模的表面粗糙度。

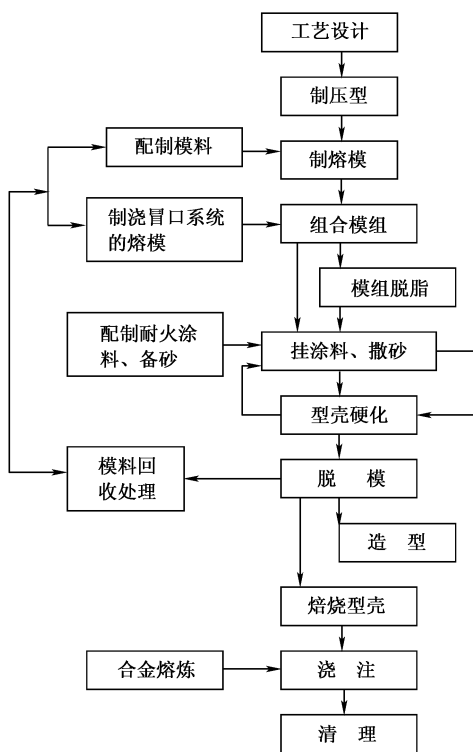


图1-2 熔模铸造工艺流程

2. 熔模的组装

熔模的组装是把分别形成铸件和浇冒口系统的熔模组合在一起，主要有两种方法：

1) 焊接法。用薄片状的烙铁，将熔模的连接部位熔化，使熔模焊在一起。此法较普遍。

2) 机械组装法。在大量生产小型熔模铸件时，国外已广泛采用机械组装法组合模组。

3. 型壳的制造

将模组浸涂耐火涂料后，撒上料状耐火材料，再经干燥、硬化，如此反复多次，使耐火涂挂层达到需要的厚度为止。通常将它停放一段时间，使其充分硬化后再熔失模组，便得到多层型壳。多层壳浇注前有的需要装箱填砂，有的则不需要。

1.2.3 熔模铸造特点和应用范围

1. 熔模铸造的特点

熔模铸造与其他铸造方法相比较有以下几方面的优点：

- 1) 铸件尺寸精度和表面粗糙度低。
- 2) 可以生产形状非常复杂的铸件。
- 3) 铸造合金的类型没有限制。
- 4) 生产批量没有限制。

但熔模铸造也有一些缺点，如生产工序繁多、生产周期长，太大的铸件不适合用熔模铸造生产。

2. 熔模铸造的适用范围

可用熔模铸造法生产的合金种类有碳素钢、合金钢、耐热合金、不锈钢、精密合金、永磁合金、轴承合金、铜合金、铝合金、钛合金和球墨铸铁等。

熔模铸件的形状一般都比较复杂，铸件上可铸出的孔的最小直径可达0.5mm，铸件的最小壁厚为0.3mm。在生产中可将一些原来由几个零件组合而成的部件，通过改变零件的结构，设计成为整体零件而直接由熔模铸造铸出，以节省加工工时和金属材料的消耗，使零件结构更为合理。熔模铸件的重量大多为几十克到几千克。

1.3 金属型铸造

金属型铸造又称硬模铸造，它是将液体金属浇入金属铸型，以获得铸件的一种铸造方法。铸型是用金属制成，可以反复使用多次（几百次到几千次），因