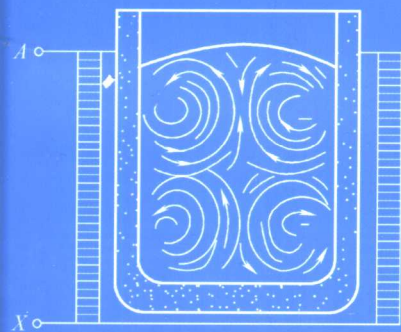


实用铸件 外力辅助成形技术

耿浩然 主编 亓效刚 李长龙 副主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

实用铸件外力辅助成形技术

耿浩然 主编

亓效刚 李长龙 副主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

实用铸件外力辅助成形技术/耿浩然主编. —北京:
化学工业出版社, 2004. 11
ISBN 7-5025-6236-2

I. 实… II. 耿… III. 铸造-工艺 IV. TG24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109851 号

实用铸件外力辅助成形技术

耿浩然 主编

亓效刚 李长龙 副主编

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 闫 敏

责任校对: 顾淑云 宋 玮

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 491 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6236-2/TH·251

定 价: 42.00 元



版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

铸造是液态金属成形的技术。科学技术的进步、基础理论研究的不断深入,特别是化学工业、机械工业等行业的发展为铸造业提供了许多新思想、新技术、新材料和新设备仪器,也为发展铸造技术奠定了基础。近年来,铸造业有了进一步的发展,研究开发出了许多新的技术和工艺。中国加入 WTO 以后,会成为国际上重要的铸件生产出口基地,这对铸件质量和性能提出了新的和更高的要求。

为了适应改革开放的需要,国内大专院校的铸造专业有所调整。有的学校将原来的铸、锻、焊三个专业合并为材料加工专业,有的学校将铸造专业改为液态金属成形与控制专业,专业课程也相应进行了调整、压缩和补充。增强毕业生的适应性与灵活性、拓宽专业知识是改革的主要目的。原有的一些教材已不能适应新的教学形势的要求,目前缺少系统介绍各种铸件成形技术,特别是新的特种铸件成形技术方面的教材。

在此背景下,作者编写了这本书。该书从实用和系统的角度出发,对在压力、离心力、电磁力等各种外力场条件下铸件成形技术的方法进行了论述,给出了来自实践的丰富的试验和生产数据,也借此推进中国铸造技术的研究及生产应用的进一步发展。本书与化学工业出版社已经出版的《实用铸件重力成形技术》一书相互补充和对应,形成了一套较完整的论述铸件成形技术的书籍。因此,本书未涉及砂型、金属型等普通重力条件下铸件成形技术的内容。

本书的特点是重视理论联系实际,编写中力求深入浅出地阐明有关的基础理论和基本概念,将先进性、科学性与实用性相结合,以充分反映当代国内外的先进技术及发展趋势,因此,本书既有一定的学术价值,又对工程应用前景有重要的指导作用。

本书可作为高等工业学校铸造专业、金属材料工程专业和热加工专业的教材,可以使有关研究和生产应用部门的技术人员较全面地了解当今铸件成形技术及其发展,供广大铸造工作者和工程技术人员学习参考。

本书由耿浩然(济南大学)主编,亓效刚(山东大学)和李长龙(山东建筑工程学院)为副主编,参加编写的主要人员有丁宏升(哈尔滨工业大学),王守仁(济南大学)和王艳(济南大学),由王执福(山东大学)主审。本书的第1、第2章由耿浩然和王守仁编写;第4、第6章由亓效刚编写;第3、第5章由李长龙和耿浩然编写,第7章由丁宏升、耿浩然和王艳编写。全书由耿浩然总策划和统稿,亓效刚和李长龙对本书进行了全面审阅。参加本书编写和整理的还有郭忠全、刘玲、杨中喜、崔峰、李学武、陈广利、耿亚伦、陈瑞润、孙春静、王瑞、陶珍东、藤新营等。

由于作者水平有限,书中难免有不足和不当之处,敬请广大读者指正。

编者

2004年8月于济南

内 容 提 要

铸件成形技术是铸造业中重要而又实用的一门知识。本书全面、系统地介绍了各种外力辅助条件下铸件成形技术,概括了(高)压力铸造、低压铸造、差压铸造、真空吸铸、挤压铸造、离心铸造、半固态铸造和电磁铸造成形技术,并对铸件外力辅助成形技术的国内外最新发展和研究概况进行了介绍,目前有关该类技术书籍尚不多见。该书内容同化学工业出版社已经出版的《实用铸件重力成形技术》一书相互补充,形成了一套较完整的论述铸造技术的书籍。本书反映了最新研究成就和实用的生产经验成果,内容充实、丰富,注重理论联系实际,既弥补了技术手册类书籍叙述内容太简化的不足,又弥补了教材类书籍实用性不强的不足。该书贯彻了新的国家技术标准。

本书可作为高等工业院校相关专业教材,也可供企业和科研单位的工程技术人员、管理人员和铸造人员学习与使用。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 铸件外力辅助成形方法	1
1.2 铸件外力辅助成形技术发展概况	1
1.2.1 压力铸造	1
1.2.2 低压、差压铸造和真空吸铸	2
1.2.3 挤压铸造	2
1.2.4 离心铸造	2
1.2.5 半固态铸造	2
1.2.6 电磁铸造	3
1.3 特种铸件成形方法比较	3
1.4 铸件成形技术的发展特点及趋势	4
第 2 章 压力铸造成形技术	6
2.1 概述	6
2.1.1 概念	6
2.1.2 铸造特点	8
2.2 压铸过程原理	9
2.2.1 液体充型的特点	10
2.2.2 压铸过程理论	14
2.2.3 模型内的热应力	19
2.3 压铸机的类型及规格	19
2.3.1 压铸机的类型及特点	19
2.3.2 与压铸机及其操作有关的基本概念	23
2.3.3 压铸机的型号及规格	24
2.4 压铸件的设计	26
2.4.1 设计内容及原则	26
2.4.2 分类及级别	26
2.4.3 压铸件的结构设计要求	26
2.5 压铸模及其设计	39
2.5.1 压铸模的组成	40
2.5.2 设计原则	40
2.5.3 设计的主要内容	41
2.5.4 分型面	41
2.5.5 浇注系统	42
2.5.6 派溢系统	51
2.5.7 抽芯机构	55

2.5.8 推(顶)出机构	74
2.5.9 其他部分设计	80
2.6 压铸工艺因素及其选择	91
2.6.1 压力	91
2.6.2 速度	92
2.6.3 温度	92
2.6.4 时间	94
2.6.5 余料饼厚度	94
2.7 压铸用涂料及涂敷工艺	95
2.7.1 涂料的作用	95
2.7.2 对涂料的要求	95
2.7.3 常用压铸涂料	95
2.7.4 涂料涂敷工艺	96
2.8 压铸合金	96
2.8.1 压铸锌合金	96
2.8.2 压铸铝合金	101
2.8.3 压铸镁合金	104
2.9 铸件缺陷分析	108
2.10 压铸成形技术的发展与展望	112
2.10.1 压铸新工艺	112
2.10.2 压铸技术的发展趋势	112
第3章 低压铸造、差压铸造和真空吸铸成形技术	114
3.1 低压铸造	114
3.1.1 概述	114
3.1.2 低压铸造及差压铸造的理论分析	116
3.1.3 铸件工艺设计	120
3.1.4 低压铸造工艺	132
3.1.5 低压铸造铸件常见缺陷及防止方法	136
3.2 差压铸造	140
3.2.1 概述	140
3.2.2 差压铸造的工作原理	141
3.2.3 差压铸造铸件工艺设计	142
3.2.4 差压铸造铸件常见缺陷及防止方法	145
3.3 真空吸铸	146
3.3.1 概述	146
3.3.2 真空吸铸工作原理及工艺	147
3.3.3 真空吸铸铸件常见缺陷及防止方法	149
3.4 低压铸造、差压铸造和真空吸铸技术的发展与展望	151
第4章 挤压铸造成形技术	153
4.1 概述	153

4.1.1	挤压铸造设备的现状	153
4.1.2	挤压铸造产品的生产及开发状况	155
4.2	挤压铸造的力学与结晶凝固理论	157
4.2.1	挤压铸造的力学成形理论	157
4.2.2	挤压铸造的结晶凝固理论	162
4.3	挤压铸造对合金性能与结晶组织的影响	166
4.3.1	对合金性能的影响	167
4.3.2	挤压铸造对 ZA27 合金组织的影响	169
4.3.3	挤压铸造合金强韧化机理的探讨	171
4.4	半固态挤压铸造工艺参数及铸型设计	173
4.4.1	半固态挤压铸造主要参数的设计	173
4.4.2	挤压铸造的模具、铸型设计及工艺	176
4.4.3	工艺参数的确定	181
4.4.4	挤压铸造的计算机模拟及其工艺研究	182
4.4.5	挤压铸造的无缩孔判据与缺陷分析	184
4.5	挤压铸造发展与展望	189
第 5 章	离心铸造	193
5.1	概述	193
5.1.1	离心铸造概况	193
5.1.2	离心铸造的分类	193
5.1.3	离心铸造的优缺点	195
5.1.4	离心铸造的应用范围	195
5.2	离心铸造原理	195
5.2.1	离心力场	195
5.2.2	离心力场中液体金属自由表面的形状	196
5.2.3	离心压力	198
5.2.4	离心铸造中铁液的凝固特点	199
5.3	离心铸造工艺	202
5.3.1	离心铸造工艺过程	202
5.3.2	铸型的转速	203
5.3.3	涂料和模温	207
5.3.4	浇注工艺	209
5.3.5	铸件收缩率和加工余量	212
5.4	水冷金属型离心铸管	213
5.4.1	水冷金属型离心铸管机的特点	213
5.4.2	水冷金属型离心铸管机主体结构	214
5.4.3	水冷金属型离心铸管机冷却系统	218
5.4.4	水冷金属型离心铸管机浇注装置	220
5.5	离心铸造气缸套	223
5.5.1	铸铁气缸套的类型和特性	223

5.5.2	铸铁气缸套离心铸造机	224
5.5.3	铸铁气缸套离心铸造工艺	226
5.6	离心铸造复合轧辊	228
5.6.1	离心铸造复合轧辊的种类和特性	228
5.6.2	立式离心铸造轧辊	230
5.6.3	卧式离心铸造轧辊	231
5.6.4	倾斜式离心铸造轧辊	233
5.6.5	轧辊离心铸造工艺	234
5.6.6	铸铁轧辊的时效处理	235
5.7	轴套和轴瓦	236
5.7.1	轴套、轴瓦的特性	236
5.7.2	轴套离心铸造	236
5.7.3	钢背铜套(瓦)离心铸造	237
5.8	轮盘类铸件	239
5.8.1	轮类铸件特性	239
5.8.2	铜合金叶轮	239
5.9	离心铸造铸件缺陷及防止方法	239
5.9.1	壁厚不均	239
5.9.2	气孔和针孔	240
5.9.3	冷隔与重皮	241
5.9.4	渗漏	242
5.9.5	夹渣	242
5.9.6	粘砂	243
5.9.7	球化不良和球化衰退	243
5.9.8	反白口	243
5.10	发展与展望	244
第6章	半固态铸造成形技术	245
6.1	概述	245
6.2	半固态铸造的原理及浆料制备方法	246
6.2.1	半固态铸造铸件成形技术原理	246
6.2.2	半固态铸造金属浆料的制备方法	248
6.2.3	半固态铸造成形工艺及方法	250
6.3	半固态铸造的磁场与搅拌力分析	252
6.3.1	磁路设计	252
6.3.2	磁场计算	253
6.3.3	搅拌力计算	254
6.4	半固态铸造过程的数值模拟	257
6.4.1	数值模拟计算方法简述	257
6.4.2	流变模型的研究概况	258
6.4.3	数值模拟应用现状	259

6.5 镁合金半固态铸造成形技术	259
6.5.1 技术的提出与研究现状	259
6.5.2 镁合金半固态成形工艺	260
6.5.3 半固态铸造铸件成形技术的现状与发展前景	263
第7章 电磁铸造成形技术	265
7.1 概述	265
7.1.1 电磁铸造技术原理及特点	265
7.1.2 电磁铸造技术的研究概况	270
7.1.3 电磁铸造成形方法的研究概况	272
7.2 铝合金电磁铸造	274
7.2.1 概述	274
7.2.2 电磁铸造装置	275
7.2.3 铸件组织与性能	277
7.3 移动磁场电磁铸造	284
7.3.1 概述	284
7.3.2 铸造装置及原理	284
7.3.3 移动磁场下合金熔体充型能力分析	285
7.3.4 铝合金铸件的质量及组织性能	287
7.4 钢电磁铸造技术	290
7.4.1 概述	290
7.4.2 钢的电磁铸造特点	290
7.4.3 钢铁材料电磁铸造的发展	292
7.4.4 钢铁材料电磁铸造实例	293
7.5 钛合金电磁铸造技术	295
7.5.1 概述	295
7.5.2 电磁铸造方法	295
7.5.3 应用与特点	296
7.6 复杂截面形状电磁约束铸造	298
7.6.1 铸件电磁约束铸造的理论分析	298
7.6.2 铸件电磁约束铸造的特点及应用	299
7.7 电磁约束成形与定向凝固技术	300
7.7.1 概述	300
7.7.2 电磁约束成形与定向凝固原理	300
7.7.3 冷坩埚电磁软约束成形与定向凝固	301
7.7.4 冷坩埚电磁软约束成形与定向凝固技术展望	305
7.8 电磁铸造成形技术的发展与展望	305
参考文献	306

第1章 绪 论

1.1 铸件外力辅助成形方法

随着科学技术和生产的发展,对铸件成形技术提出了更高的要求,要求能生产出更加精确、性能更好、成本更低的铸件。为适应这些要求,铸造工作者研究推出了许多新的铸件成形方法,在铸型材料和造型方法、金属液充型形式和随后的冷凝条件等方面与普通砂型铸造有着显著区别,这些铸造方法被称为特种铸件成形方法。各种特种铸件成形方法具有其自身特点。

常用的特种铸件成形方法有:熔模铸造、陶瓷型铸造、石膏型铸造、消失模铸造、金属型铸造、石墨型铸造、电渣熔铸、壳型铸造、(半)连续铸造、压力铸造、低压铸造、差压铸造、挤压铸造、离心铸造、真空吸铸和电磁铸造等。本书叙述的是后7种特种铸件成形方法,他们的共同特点是除了重力作用之外,铸件都是在某种外力帮助下进行金属液充型、凝固成形的,统称为铸件外力辅助成形方法。目前,该类铸件成形技术的使用日益广泛,铸件产量在不断增加。由于其独特的优点,在生产中发挥着越来越重要的作用。

与砂型铸造相比,特种铸件成形方法有如下的优点。

① 铸件尺寸精确、表面粗糙度值低,更接近零件最后尺寸,从而易于实现少切削或无切削加工。

② 铸件内部质量好,力学性能高,铸件壁厚可以减薄。

③ 降低了金属消耗和铸件废品率。

④ 简化了铸造生产工序(除熔模铸造外),便于实现生产过程的机械化和自动化。

⑤ 改善劳动条件,提高劳动生产率。

由于以上的优点,使特种铸件成形方法得到日益广泛的应用。其中一些方法属于近净形成的先进工艺。但是,每种特种铸件成形方法也存在着一些缺点,其应用范围也有一定的局限性。

1.2 铸件外力辅助成形技术发展概况

1.2.1 压力铸造

压铸(即压力铸造)应该说是从半永久型及永久型的发展中分支出来的,是一种重要的铸件成形方法,已有100多年历史。1838年格·鲁斯首先用压铸法生产出了铅字。1849年英国Sturges取得热压室压铸机专利。1907年Wagner制成气动活塞压铸机。1920年英国的C. Roehler制造出了冷压室压铸机,1927年捷克J. Polak设计了立式冷压室压铸机。1958年真空压铸在美国获得专利。1966年美国General Motors公司提出精、速、密压铸法。1969年美国爱列克斯提出充氧压铸法。

我国压铸件工业化生产始于20世纪50年代,70年代我国试制了J1125、J1140及J1163全液压卧式冷室压铸机,到80年代,我国已经能自行设计及制造系列的性能良好的压铸机,我国已拥有压铸及相关企业3000多家,其中,专业压铸厂800多家,拥有压铸机

约 9000 台，年产压铸件 50 多万吨。

压力铸造属近净形先进铸件成形工艺，随着铝合金、镁合金、金属复合材料的发展，半固态铸造成形技术的应用，压力铸造必将得到进一步的发展。

1.2.2 低压、差压铸造和真空吸铸

20 世纪 20 年代初，英国 E. H. Lake 申请了第 1 个低压铸造专利，最初主要用于巴氏合金。同时期法国制造出用于铜、铝合金的低压铸造机。这种方法真正被推广应用是在“二战”后，被用来生产汽车汽缸体、电动机转子、炊事用具、高硅铝合金啤酒桶等。1955 年德国出现铸铁和铸钢用低压铸造专利。1961 年保加利亚索非亚铸造研究所在低压铸造基础上研制成差压铸造。20 世纪 60 年代，英国率先发展低压铸造汽车轮毂。随后美、日、德相继发展。1989 年仅美、日、德三国用此法就生产 530 万只轮毂。低压铸造是实现铸件精密化、薄壁化、轻量化和生产大型薄壁铝铸件的工艺方法之一，有着良好的发展前景。

前苏联 Б. М. Ксенофонов 于 1949 年发明了真空吸铸法，用于生产小型铜套毛坯。

1.2.3 挤压铸造

挤压铸造工艺于 1937 年在前苏联问世，那时，此工艺被称为“液态金属模压”。几十年来已建立起完整的工艺体系和理论基础，如 1964 年，前苏联 В. М. Пляцкий 出版了《液态金属模压》一书。挤压材质有铝、铜、锌、镁、钴的合金及钢、铁，铝合金占比例最大，钢、铁挤压铸造于 20 世纪 50 年代末已用于生产。前苏联已有 150 家工厂约 200 多种产品用此工艺生产。1965 年前苏联学者的专著《液态金属模压》一书译成英文，以《Extrusion Casting》书名出版，此工艺便开始在世界范围内广为传播。1970 年在第六届国际压铸会议上，美国学者 J. C. Benedyk，发表了 Squeeze Casting 的著名论文，向欧美国国家推荐此工艺，从而使该工艺有了“挤压铸造”和“液态模锻”两个不同名称。我国从 1957 年开始此工艺研究，至 20 世纪 60 年代中期，只有少量铝合金件用它生产，70 年代初，部分高校和研究所相继开展该项工艺基础研究，推动了我国在该工艺领域的较快发展。

1.2.4 离心铸造

1809 年英国 A. Erehart 申请了第一个离心铸造专利。1849 年英国 Andrew Shank 制造出第一台离心铸管机，生产了长 3600mm、直径 75mm 的离心铸铁管。1857 年德国 Henery Bessemer 提出用立式离心铸造生产轮圈。1862 年英国 Whileley 和 Bouwer 生产出该种离心机。1910 年德国 Otto Bride 发明用移动浇注槽生产金属型离心铸管。1914 年巴西人研制成水冷金属型离心铸管法。1917 年美国 W. L. Moore 创造了砂型离心铸管法，并于 1920 年用于大量生产。20 世纪 30 年代后，离心铸造法被用于生产汽缸套、炮身、鼓轮等铸件；40 年代出现了用此法生产双金属复合冶金轧辊的工艺。1950 年瑞典开始采用涂料金属型离心铸造法。50 年代美国使用了树脂砂型离心铸造法。

1.2.5 半固态铸造

自 1971 年美国麻省理工学院的 D. B. Spencer 和 M. C. Flemings 发明了一种搅动铸造新工艺，即用旋转双桶机械搅拌法制备出 Sn-15%Pb 流变浆料以来，半固态金属铸造工艺技术经历了 20 余年的研究与发展。从 20 世纪 90 年代初开始，半固态铸造技术在国外有了飞速的发展，与传统的铸造工艺相比，因具有诸多优越性而被世界著名的专家们称为 21 世纪新一代的金属成形技术。目前国际上许多国家在研究与开发半固态铸件的成形技术。美国的 Alumax 公司于 1994 年建立了一个用半固态成形技术生产汽车零部件的工厂，每年可生产 2400 万个零部件；1996 年在阿肯色州筹建了第二个半固态技术专业厂。目前已研制生产出

从 600t 到 2000t 的半固态铸造用压铸机，成形件质量可达 7kg 以上。当前，在美国和欧洲，该项工艺技术的应用较为广泛。从 1990 年起，国际上每两年召开一次相关的国际会议，探讨半固态金属铸造的发展。半固态金属铸造工艺被认为是 21 世纪最具发展前途的近净成形和新材料制备技术之一。

1.2.6 电磁铸造

电磁场技术应用于材料加工，归功于研究电磁场和金属流体之间相互关系的磁流体力学的发展。20 世纪 20 年代，Q. Muck 提出了悬浮熔炼的专利。1961 年 Lan-Genberg 提出交变电磁场可以使钢锭的组织细化，揭开了电磁技术在冶金等材料加工领域应用的序幕。1964 年前苏联铝合金铸造学者格兹列夫 (Getselev) 提出用电磁感应线圈代替传统的结晶器，用于连续铸造铝合金坯锭，称为电磁约束连续铸造。1982 年国际理论与应用力学联合会在英国剑桥召开了首届电磁流体力学 (MHD) 在冶金生产中的应用国际会议，指出电磁流体力学可以革新金属材料的生产过程，第一次出现了材料电磁工艺的技术术语。电磁铸造由前苏联学者格兹列夫发明，在实验室成功制取了第一根 EMC 铸锭，并于 1969 年在美国申请了专利，从而揭开了电磁铸造技术发展的序幕。此后，美国 Kaiser 化学铝公司、Reynold 金属公司、瑞士铝公司等相继引进技术并大力发展。1985 年，瑞士铝业公司发展了自己的电磁铸造技术，并实现了该技术的电子计算机在线控制。它能够生产各种规格的铝合金，其中主要铸造制造罐体材料的 3004 铝合金。至 1988 年，仅瑞士 Alusuisse 公司使用电磁铸造技术已生产了数百万吨铝产品。1994 年 10 月在日本名古屋召开了材料的电磁加工过程 (EPM) 国际会议，进一步确立了电磁感应在冶金生产中的应用的地位，也标志着它已成为一个独立的研究领域。近几年来，材料的电磁工艺广泛应用于有色金属和黑色金属的冶金过程及其他材料加工领域，极大地推动了材料科学的飞速发展。

我国的电磁铸造技术研究起步较早，1986 年，在中国有色金属总公司组织下，西南铝加工厂、北方工业大学、东北轻合金加工厂和大连理工大学共同开展了工业上广泛应用的方锭电磁铸造技术攻关任务。八五期间，大连理工大学承担了“电磁铸造感应器的设计及铸造工艺计算机优化”研究。先后实现了电磁铸造过程温度场、电磁场、应力场的计算机模拟计算。

1.3 特种铸件成形方法比较

铸件外力辅助成形方法与砂型铸造的特点及应用范围比较见表 1.1，各种铸件成形方法经济性比较见表 1.2。

表 1.1 铸件外力辅助成形方法与砂型铸造的特点及应用范围比较

比较项目	砂型铸造	压力铸造	低压铸造	挤压铸造	离心铸造	电磁铸造
适用压铸材料	不限制	以 锌、铝、镁、 铝合金为主	钢、铁、铝、 镁、铜合金	以 锌、铝、 镁、铜合金为 主,其他变形 和铸造合金	不限制	钢、铁、铝、 镁、铜 合 金 为主
适用铸件的大 小及质量范围	大、中、小件	数克到几十 千克	数千克到数 百千克的 中、 小件	几 十 克 到 160kg	数克到数 十吨	中、小件

续表

比较项目	砂型铸造	压力铸造	低压铸造	挤压铸造	离心铸造	电磁铸造
适用铸件的最小壁厚/mm	3	最小壁厚 0.3, 最小孔径 0.7, 最小螺距 0.75	铝硅合金 2, 铝镁 3, 铸铁 2.5, 钢 5	1	3	—
铸件尺寸公差/mm	100±1.0	CT4~CT8 级	CT6~CT9 级	CT5 级	—	—
铸件内部质量	晶粒粗, 质量一般	晶粒细, 有气孔	晶粒细, 质量好	晶粒细, 质量好	晶粒细, 易成分偏析	晶粒细, 质量好
生产率(适当机械化自动化后)	可达 360 箱/h	高	高	高	中	中
应用例	各类铸件	汽车拖拉机配件, 五金、仪器工艺品、电器零件等	汽车拖拉机配件, 各类仪器电器零件等	电器、机械零件等	汽缸套、管、棒、轴套, 管类件等	板坯、简单件等

表 1.2 各种铸件成形方法经济性比较

比较项目	砂型铸造	压力铸造	低压铸造	挤压铸造	离心铸造	电磁铸造
小批量生产时的适应性	A	C	B	C	A	A
大批量生产时的适应性	C	A	A	A	A	B
模型或铸型制造成本	A	D	B	D	B	A
铸件质量减少	E	A	A	A	B	B
毛坯利用率	D	A	B	A	A	B
机械加工费用	C	A	A	A	B	B
设备费用	较高	高	适中	高	低	较低

注: A—最好; B—良好; C—中等; D—一般; E—不好。

1.4 铸件成形技术的发展特点及趋势

目前, 世界各国铸件成形技术的研究发展方向: 一是重大工程中的特大型铸件的关键铸造技术; 二是精确成形技术, 例如铸件的轻量化、强韧化、精密化及工艺的复合化将是精确铸造成形技术发展的主要内容; 三是用计算机模拟仿真技术来逐步代替传统的经验性研究方法。例如, 美国汽车工业每年要消耗材料 2300 万吨。美国制订的新一代汽车研究计划要求, 汽车工业到 2003 年油耗降为 3L/100km。而汽车质量每降低 10%, 就可提高热效率 7% 及降低污染 10%。因此, 美国的目标是要求车身、车架减轻质量 50%, 而动力系统减轻质量 10%。美国通用及福特汽车公司均已采用消失模、精确砂型可控压力铸造及压力铸造等新一代精确铸件成形技术来制造高性能薄壁铝合金发动机缸体。

面向 21 世纪的、绿色环境下的铸件成形技术的总目标是高质量、短周期 (或短流程) 及低成本。近年来, 中国铸造业有了很大的发展, 铸件年产量已达 1000 万吨左右, 为机床、汽车、拖拉机、机车、飞机、船舶及动力、冶金、化工和重型机器制造业等提供了各种铸件。例如, 中国已铸出约 315t 的大型厚板轧机的铸钢机架, 重约 260t 的大型铸铁钢锭模, 还铸出水轮机转子等形状复杂、尺寸要求严格的铸件。这些成果均标志我国铸造技术水平正

在接近国际先进水平。近年来，许多铸件已进入国际市场。大型压铸机及铸造工艺的设计和制造，电磁铸造技术的推广应用等，反映了我国铸件成形技术的日益提高。我国铸造工业的潜力很大，人力和原材料资源丰富，同国外经济技术交往的不断深入将促进我国铸造业更快地发展。

铸造技术的发展史显示，每种铸件成形方法都是在某一原始铸造工艺的基础上，利用本学科或其他学科的新技术，在适应科学技术或社会发展某些需求的情况下不断发展完善起来的。随着今后社会科学技术的发展，一方面将对铸件成形技术提出新的要求，另一方面也将为铸件成形技术的发展提供新的技术基础和环境。这就要求铸造工作者除了不断发展本行业的技术外，还要关注其他相关行业技术的发展情况，不断将其他科技领域中的先进技术和生产工艺运用于铸造行业，创造新的铸造技术和新的工艺，使铸造行业不断焕发活力，更好地为社会发展服务。

第 2 章 压力铸造成形技术

2.1 概 述

2.1.1 概念

压力铸造属于特种铸造的范畴。它是将液态金属、半固态金属或合金在高压下快速充填铸模的型腔，并在压力下快速凝固而获得铸件的一种成形方法。

压力铸造是所有铸造方法中生产速度最快的，应用广，发展很快。在汽车、拖拉机、电气仪表、电信器材、医疗器械、日用五金以及航天航空工业等方面都有广泛的应用。压铸件质量可以从几克到几十千克，非铁合金压铸件质量、尺寸范围见表 2.1。

表 2.1 非铁合金压铸件质量、尺寸范围

合金	质量 /g		平均壁厚/mm		外形尺寸(长×宽×高)/mm		最小孔径 /mm
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	
锌合金	92000	0.3	10	0.3	400 ^②	2	0.7
铝合金	31000	0.14	12	0.7	1220×160×4.5	—	0.7
铜合金	12000	10	20 ^①	0.8 ^①	—	—	—

① 铜合金最大壁厚指局部尺寸。

② 指最大长度尺寸。

在压力铸造中，一般作用于金属上的压力在 20~200MPa 范围，充型的初始速度为15~70m/s，充型时间仅为 0.01~0.2s。因此，高压和高速是压铸法与其他铸造法的根本区别，也是重要特征。压铸过程循环如图 2.1 所示，压铸填充过程原理见表 2.2。

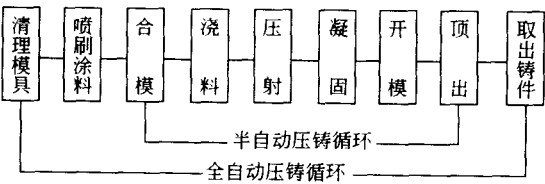


图 2.1 压铸过程循环

表 2.2 压铸填充过程原理

压铸机种类	填充过程原理图	填充过程说明
热室压铸机		当压射冲头 3 上升时，坩埚 2 内的金属液 1 通过进口 5 进入压室 4 内，合模后，在压射冲头下压时，金属液沿着通道 6 经喷嘴 7 填充压铸模 8，冷却凝固成形，压射冲头回升，然后开模取出铸件，完成一个压铸循环

压铸机种类	填充过程原理图	填充过程说明
卧式冷室压铸机		动模5和定模4合模后,金属液3浇入压室2,压射冲头1向前推进,将金属液经浇道7压入型腔6,开模时,余料8借助压射冲头前伸的动作离开压室,同铸件一起取出,完成压铸循环
立式冷室压铸机		动模5和定模4合模后,浇入压室2的金属液3,被已封住喷嘴口6的反料冲头8托住,当压射冲头1向下压到金属液面时,反料冲头开始下降(下降高度由弹簧或分配阀控制),当打开喷嘴6时,金属液被压入型腔7。凝固后,压射冲头退回,反料冲头8上升,切断余料9,并将余料顶出压室,开模取出铸件和余料后,恢复原位,完成压铸循环
全立式冷室压铸机		动模5和定模4开着,金属液2浇入压室3后,合模,压射冲头1上升将金属液压入型腔6,冷却凝固后,开模顶出铸件7,完成压铸循环