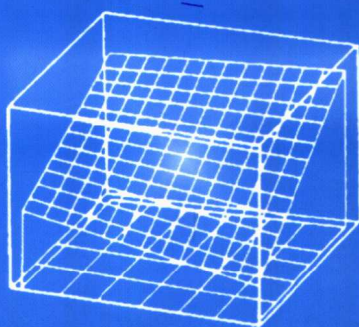


实用铸件 重力成形技术

耿浩然 姜青河 亓效刚 李长龙 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

实用铸件重力成形技术

耿浩然 姜青河 亓效刚 李长龙 编著

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

实用铸件重力成形技术/耿浩然等编著. —北京: 化学工业出版社, 2003. 9
ISBN 7-5025-4771-1

I. 实… II. 耿… III. 铸造-工艺 IV. TG24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 080961 号

实用铸件重力成形技术

耿浩然 姜清河 亓效刚 李长龙 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 洪雅妹

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

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 459 千字

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4771-1/TH·141

定 价: 40.00 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办法。随着科学技术的进步，特别是近年来，化学工业、机械工业等行业的发展为铸造业提供了许多新的原材料和设备仪器，这为发展铸造技术奠定了基础。事实上，近年来铸造业确实有了很大的进步，研究出了不少新的技术和工艺。加入世界贸易组织（WTO）以后，中国成为国际上重要的铸件生产基地，这对铸件质量提出了新的和更高的要求。

为了适应改革开放的需要，国内大学的铸造专业进行了调整。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、拓宽专业知识是教学改革的主要目的。原有的一些教材已不能适应新的教学形势的要求，缺少系统介绍各种铸件成形技术、特别是新的铸件成形技术方面的教材。

在上述背景下，我们编写了本书。书中从实用、现代和系统的角度，对重力条件下铸造用原材料及生产技术、砂型（芯）、金属型等多种铸件成形技术方法进行了阐述，给出了来自实践、试验和生产的大量数据，以期望推进我国铸造技术的研究及生产应用的进一步发展。

书中未涉及压力铸造铸件成形技术的内容。对铸造工艺书已经论述的砂型铸造工艺和工装设计的一些基本问题也没有编入。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，先进性、科学性与实用性相结合，充分反映国内外当代先进技术及发展趋势，既有一定的学术价值，又有重要的工程应用前景。

本书可作为高等工业院校铸造专业、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的发展，也可以供广大铸造工作者和工程技术人员学习和参考。

本书由济南大学耿浩然为主编，姜青河（山东大学）、亓效刚（山东大学）、李长龙（山东建筑工程学院）为副主编，由王执福（山东大学）为主审。本书的第1、2、3、4、9、12章由耿浩然负责编写；第5、7章由姜青河负责编写；第6、8章由亓效刚负责编写；第10、11章由李长龙负责编写。全书由耿浩然总策划和统稿，姜青河和亓效刚对本书进行了全面审阅。参加本书编写的还有刘玲、廖西亮、孙春静、李金峰、崔峰、薛强、郭忠全、耿红霞、李学武等人员。

由于作者水平所限，书中难免有不足和不当之处，敬请读者批评指正。

编著者

2003年6月于济南

内 容 提 要

本书共分12章。第1、2章阐述了铸造的一些基本概念以及金属与各种铸件之间的相互作用；第3章介绍了各种现代机器造型（芯）方法；第4、5、6、7、8章分别系统阐述了砂型铸件、熔模铸件、金属型铸件、真空实型铸件、陶瓷、石膏模铸件成形技术；第9章介绍了计算机在铸件重力成形技术方面的应用；第10、11、12章分别介绍了串铸、连续铸造和喷射沉积铸件成形技术。本书在内容上反映了最新成就，充实丰富，注重理论联系实际。

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、管理人员以及有相当文化水平的铸造工人学习与参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 铸造行业的地位及作用	1
1.2 铸造生产的特点及分类	1
1.3 铸件成形技术的发展特点及趋势	2
第 2 章 金属-铸型的相互作用	6
2.1 金属液与铸型的热作用	6
2.1.1 传热与传质现象	6
2.1.2 铸型与铸件的温度场	7
2.1.3 铸型的热物理常数	12
2.2 金属液与铸型的机械作用	13
2.2.1 金属液对铸型的冲刷作用	13
2.2.2 金属液对砂型表面的静压力和动压力	14
2.3 金属与铸型的化学和物理化学作用	15
2.3.1 金属-铸型界面产生的气体化学反应	15
2.3.2 反应性气孔	16
2.3.3 金属-铸型界面产生的气体引起铸件表层组织异常	18
2.3.4 侵入性气孔	19
2.3.5 粘砂	21
第 3 章 现代机器重力造型(芯)方法	24
3.1 普通机器和微震压实低中压造型	24
3.2 水平分型高压造型	25
3.3 垂直分型无箱高压造型	27
3.4 先进造型方法的发展	28
3.4.1 气冲加压实造型方法	28
3.4.2 气流增益加气冲加压实的造型方法	29
3.4.3 动力冲击造型方法	29
3.4.4 静压紧实造型方法	30
3.4.5 国外几家铸造设备公司造型技术	31
第 4 章 砂型铸件成形技术	32
4.1 造型用原材料	33
4.1.1 原砂及其质量要求	33
4.1.2 黏土	37
4.1.3 附加物	40
4.2 黏土砂型	42
4.2.1 砂型类别	42

4.2.2	黏土砂型铸造的特点	43
4.2.3	黏土型(芯)砂的性能及其影响因素	43
4.2.4	黏土型砂的配制	51
4.3	无机化学黏结剂型(芯)砂	56
4.3.1	CO ₂ 硬化水玻璃型(芯)砂	57
4.3.2	自硬化水玻璃砂	63
4.3.3	水玻璃-石灰石砂	65
4.3.4	水泥及水泥型(芯)砂	66
4.3.5	矾土水泥自硬砂	66
4.3.6	双快水泥自硬砂	67
4.3.7	磷酸盐黏结剂型(芯)砂	67
4.4	有机化学黏结剂砂芯(型)	69
4.4.1	油砂和合脂型(芯)砂	69
4.4.2	树脂砂壳芯(型)工艺	70
4.4.3	温(热)芯盒法砂芯工艺	73
4.4.4	自硬冷芯盒法造芯	76
4.4.5	气硬冷芯盒法树脂砂	81
4.5	我国造型材料和工艺的展望	86
4.5.1	推进科技进步,走集约型可持续发展的道路	86
4.5.2	技术进步和产品升级	87
第5章	熔模铸件成形技术	88
5.1	概述	88
5.1.1	熔模铸造的发展概况	88
5.1.2	熔模铸造工艺流程及特点	89
5.2	模料和制模	90
5.2.1	模料	90
5.2.2	制模工艺与设备	94
5.2.3	熔模的缺陷及分析	98
5.3	型壳的制造	99
5.4	熔模铸造的浇注和清理	108
5.4.1	常用浇注方法	108
5.4.2	浇注工艺参数	110
5.5	熔模铸件工艺设计	111
5.5.1	铸件结构工艺性分析	111
5.5.2	浇冒口系统的设计	112
5.6	压型设计和制造	115
5.6.1	压型的主要结构组成	116
5.6.2	压型型腔和型芯的设计	117
5.7	熔模铸件的常见缺陷	119
5.7.1	气孔	119

5.7.2	皮下气孔	119
5.7.3	渣气孔	119
5.7.4	缩孔	119
5.7.5	缩松	119
5.7.6	热裂	119
5.7.7	冷裂	120
5.7.8	金属刺	120
5.7.9	粘砂	120
5.7.10	表面麻坑	120
5.7.11	夹杂物	120
5.7.12	氧化夹杂	121
5.7.13	渣孔	121
5.7.14	鼓胀	121
5.7.15	表面凹陷	121
5.7.16	铸瘤	121
5.7.17	鼠尾	122
5.7.18	冷豆	122
5.7.19	冷隔	122
5.7.20	浇不足	122
5.7.21	脱碳	122
5.7.22	变形	122
5.7.23	铸件脆断	122
5.8	熔模成形技术的展望	123
5.8.1	制模方面	123
5.8.2	制壳方面	123
5.8.3	计算机应用方面	124
第6章	金属型铸件成形技术	125
6.1	金属型铸件的工艺设计与要求	125
6.1.1	铸件的结构工艺分析	125
6.1.2	铸件的工艺设计	126
6.1.3	浇注系统设计	130
6.2	金属型浇注系统的计算	131
6.2.1	冒口的设计	131
6.2.2	冒口的形式与种类	132
6.2.3	冒口尺寸的确定	132
6.3	金属型的设计与制造	134
6.3.1	金属型的结构形式与种类	134
6.3.2	金属型的结构设计	135
6.3.3	金属型的排气系统设计	139
6.3.4	金属型的导向与定位	142

6.3.5	金属型的锁紧机构	142
6.3.6	金属型的抽芯机构	142
6.3.7	铸件的取出	144
6.4	金属型铸造工艺	145
6.4.1	金属型的预热和上涂料	145
6.4.2	浇注前金属型的预热	147
6.4.3	浇注铸件	147
6.5	金属型铸件常见的缺陷及防止方法	149
6.6	金属型铸件成形技术的发展趋势	151
6.6.1	金属型铸造工艺生产铸件的要素	151
6.6.2	金属型	151
6.6.3	金属型用铸造机及辅助设备	153
6.6.4	金属型铸造研究发展趋势	154
第7章	真空实型铸件成形技术	155
7.1	概述	155
7.1.1	真空实型铸造的产生与发展	155
7.1.2	真空实型铸造的工艺过程	156
7.1.3	真空实型铸造的特点	156
7.1.4	真空实型铸造的适用范围	158
7.2	泡沫塑料模样的制造	158
7.2.1	模样材料	158
7.2.2	铸造用泡沫塑料的要求	159
7.2.3	聚苯乙烯泡沫塑料的制备	159
7.2.4	模样的制造方法	163
7.3	真空实型铸造模样的耐火涂料	165
7.3.1	涂层的作用	165
7.3.2	涂料的主要组成	165
7.3.3	涂料的配制及透气性	166
7.3.4	涂挂方法及涂挂缺陷	169
7.3.5	模样涂层的烘干	170
7.4	真空实型铸造的工艺设计	171
7.4.1	工艺设计的主要内容	171
7.4.2	铸件的工艺性及工艺参数	172
7.4.3	浇注位置的确定	172
7.4.4	确定浇注方式	173
7.4.5	浇注系统设计	174
7.4.6	冒口设计	175
7.5	真空实型铸造法常见缺陷	179
7.5.1	真空实型铸造铁碳合金铸件	179
7.5.2	研制与开发应用无苯环结构的模样材料	180

7.6 对涂料研究的几点看法	181
第8章 陶瓷、石膏型铸件成形技术	183
8.1 陶瓷、石膏型铸造的特点	183
8.2 陶瓷型铸件成形技术	183
8.2.1 铸造工艺过程	183
8.2.2 陶瓷型浆料的配制、灌浆、起模和喷烧	187
8.2.3 无醇陶瓷型工艺	190
8.2.4 影响陶瓷型尺寸精度的因素	190
8.3 陶瓷型铸件的工艺设计	191
8.4 石膏型的制造工艺	192
8.4.1 石膏型铸造方法的分类与工艺过程	192
8.4.2 制备石膏型的各种原材料	193
8.4.3 石膏混合浆料的制备及灌浆	195
8.5 陶瓷、石膏铸型常见缺陷及防止方法	196
第9章 计算机在铸件重力成形技术方面的应用	197
9.1 铸造过程的宏观与微观模拟仿真	197
9.1.1 铸造模拟仿真及其发展	197
9.1.2 铸件充型凝固过程数值模拟	198
9.1.3 凝固潜热的处理	204
9.1.4 铸造过程中的计算机质量控制	207
9.2 快速原型制造技术及在铸件成形技术方面的应用	207
9.2.1 快速成形技术原理	208
9.2.2 快速成形技术在铸造模型方面的应用	210
9.3 CAD/CAE/CAM 在铸造成形技术中的应用	215
9.3.1 铸造工艺计算机辅助设计 (CAD) 技术	215
9.3.2 现代铸造模具设计与制造技术	227
9.3.3 铸造工程中并行工程的应用	228
第10章 串铸成形技术	232
10.1 串铸技术概述	232
10.1.1 串铸的种类	232
10.1.2 铸型材料	232
10.1.3 串铸的造型制芯方法	232
10.2 水平串铸	233
10.2.1 同时充填水平串铸	234
10.2.2 逐件充填水平串铸	236
10.2.3 逐组充填水平串铸	239
10.3 排型串铸	239
10.3.1 同时充填排型串铸	239
10.3.2 逐件充填排型串铸	241
10.3.3 逐组充填排型串铸	243

10.4 立式串铸	243
10.4.1 同时充填立式串铸	243
10.4.2 逐层充填立式串铸	246
10.4.3 逐组充填立式串铸	247
10.5 层叠串铸	248
10.5.1 同时充填层叠串铸	248
10.5.2 逐层充填层叠串铸	249
第11章 连续铸造技术	251
11.1 连续铸造技术的发展概况与特点	251
11.1.1 连续铸造的发展概况	251
11.1.2 连续铸造的主要特点	252
11.1.3 连续铸造与钢铁技术革命	253
11.2 水平连续铸造	253
11.2.1 连续铸造方法	253
11.2.2 水平连续铸造的特点和基本设备	254
11.2.3 电磁搅拌	257
11.2.4 连铸用耐火材料	258
11.3 薄板坯连铸连轧技术	259
11.3.1 发展和现状	259
11.3.2 特点	259
11.3.3 典型板坯连铸连轧 CSP 工艺	261
11.3.4 ISP 工艺	263
11.3.5 其他薄板坯连铸连轧工艺及产品质量	264
11.3.6 薄板坯连铸连轧技术的发展趋势	264
11.4 带钢连铸成形技术	264
11.4.1 发展和现状	264
11.4.2 带钢连铸机的类型	265
11.4.3 带钢连铸的关键技术	266
11.4.4 典型带钢连铸机组简介	267
11.5 异形坯连铸	268
11.5.1 发展异形坯连铸的意义	268
11.5.2 异形坯连铸的特点	268
11.5.3 发展概况	268
11.6 空心圆管坯的连铸	268
11.6.1 连续浇铸空心坯的发展	268
11.6.2 美国连铸空心坯技术	269
11.7 单晶连铸技术	269
11.7.1 单晶连铸技术的意义、原理及特点	269
11.7.2 O. C. C 连铸的凝固过程	270
11.7.3 O. C. C 连铸方法	271

11.8 其他合金的连铸·····	272
11.8.1 铝合金的连铸技术·····	272
11.8.2 铜合金的连铸技术·····	274
11.8.3 金属间化合物及钛合金连铸技术·····	274
11.8.4 铸铁连铸技术·····	275
11.9 结束语·····	276
第12章 喷射沉积铸件成形技术 ·····	277
12.1 喷射沉积铸件成形技术简介·····	277
12.1.1 喷射沉积技术发展过程及现状·····	277
12.1.2 喷射沉积技术原理及特点·····	278
12.1.3 喷射沉积技术工艺流程及工艺参数的控制·····	278
12.1.4 喷射沉积技术生产过程简介·····	280
12.2 共喷射沉积技术·····	281
12.2.1 共喷射沉积技术工艺与特点·····	281
12.2.2 增强颗粒对喷射沉积过程的影响·····	282
12.3 多层喷射沉积技术·····	283
12.3.1 多层喷射沉积技术的特点·····	283
12.3.2 多层喷射沉积技术的应用·····	284
12.3.3 发展及展望·····	285
参考文献 ·····	286

第1章 绪 论

1.1 铸造行业的地位及作用

铸造是液态金属成形的办法。铸造过程是将金属炉料熔炼成具有一定流动性的液态金属(合金),然后浇入具有一定几何形状、尺寸大小的铸型中,液态金属(合金)在重力、压力、离心力、电磁力等外力场的作用下充满铸型,凝固冷却后成为所需要的机器零件或毛坯件。铸件在一般机器中约占总质量的40%~80%,而成本只占机器总成本的25%~30%。铸件成本低廉的原因是:容易实现机械化生产;可大量利用废、旧金属料;与锻件相比,其动力消耗小;尺寸精度高,加工余量小,节约加工工时和金属。

铸造生产在工业发达国家的国民经济中占有极其重要的地位,从铸件质量在机械产品中所占比重可看出其重要性:在机床、内燃机、重型机器中,铸件约占70%~90%;在风机、压缩机中占60%~80%;在拖拉机中占50%~70%;在农业机械中占40%~70%;在汽车中占20%~30%。铸造行业能够为国民经济的发展做出许多重要贡献。例如,在冶金工业、能源工业的水电站、火电站及核电站有特殊要求的零件及特大型零部件中,有很多关于铸造合金材料及铸造工艺方面的关键技术问题。

铸造行业是制造业的重要组成部分,对国民经济的发展起着重要作用。面对社会主义现代化发展的要求和全球化竞争的挑战,就要十分重视包括铸造行业在内的材料成形制造业的发展。这是因为无论是传统材料还是新材料(统称为先进材料),只有及时通过成形制造成为高质量工件或零部件,才能服役于国民经济各部门;材料的最终结构及使用性能也是同成形方法密切相关的。因此,铸造过程的本质是既要控制铸件的形状,更要控制它的组织和性能。

我国铸造生产历史悠久,但目前铸造行业的技术水平与工业发达国家相比有很大差距,严重制约着国民经济的发展。我国铸件年产量已超过1000万吨,居世界第二,但其中高性能、优质铸件的比例只占20.7%,而美国已占40.7%(1998年统计);精密铸件比例只占2%,而美国已占13%(1994年统计)。又例如,服务于航空、航天工业的精密熔模铸造业,全世界销售额为52.3亿美元,其中美国为24.8亿美元,占47.4%,而我国仅1.8亿美元,只占3.4%。另外,我国铸件质量平均比国外重10%~20%,劳动生产率低5~8倍,而能耗高2倍。再以汽车发动机缸体铸件为例,我国生产的发动机缸体铸铁件平均壁厚为5.5~6.0mm,而发达国家只有3.5~4.5mm。我国的轿车生产已有10多年历史,但目前发动机铸铁缸体质量仍然是需要解决的关键技术问题。

1.2 铸造生产的特点及分类

铸造生产中铸件的成形方法很多。按照形成铸件铸型的不同,可分为砂型铸造、金属型铸造、陶瓷型铸造、熔模铸造、消失模铸造、连续铸造、磁型铸造等。按照充型条件的不同,可分为重力铸造、压力铸造、离心铸造等。在现代铸造生产中,在重力条件下进行铸件的浇注、凝固和冷却的生产方式占了铸件生产的主要比例。传统上,将有别于砂型铸造工艺

的其他铸造方法统称为“特种铸造”。所以，以上各种铸件成形方法也可分为砂型铸造和特种铸造两大类。而砂型铸造应用最广泛，世界各国用砂型生产的铸件占铸件总产量的 80% 以上。这是因为砂型铸造生产效率高，成本低，灵活性大，适应面广，而且技术比较成熟。一些汽车制造厂、机床厂、大型机器制造厂都广泛采用砂型铸造。砂型铸造是一种古老而又需要发展的铸造成形方法。各种铸造成形方法都有其特点和应用范围，生产中究竟应该使用哪一种铸件成形方法，这要根据铸件的材质、尺寸大小、形状、生产批量，根据对铸件尺寸精度、表面和内在质量的要求以及经济性综合考虑决定。本书论述了重力条件下铸件成形的方法，目前，该类铸件成形技术的使用最广泛，铸件产量最大。各种重力铸件成形方法比较见表 1.1。各种铸件成形方法经济性比较见表 1.2。

表 1.1 各种重力铸件成形方法比较

项 目	砂型铸造	熔模铸造	陶瓷型铸造	金属型铸造	连续铸造	真空实型铸造
适用金属范围	不限制	以碳钢、合金钢为主	以高熔点合金为主	不限制	不限制	以黑色金属为主
适用铸件的大小及质量范围	大、中、小铸件	一般<2kg	大、中铸件，最大可至数吨	中、小铸件		中、小铸件
适用铸件的最小壁厚/mm	3	通常 0.7 孔 φ1.5~2	通常 >1 孔 >φ2	铝合金>2~3 铸铁>4 钢>5	铸铁管最薄 为 3.5	
铸件尺寸公差/mm	100±1.0	100±0.3	100±0.3	100±0.4		
铸件内部质量	晶粒粗	晶粒粗	晶粒粗	晶粒细	晶粒细	晶粒粗
生产率(适当机械化自动化后)	可达 360 箱/h	中	低	中	高	中
应用举例	各类铸件	刀具,动力机械叶片,汽车拖拉机配件,电器电器零件等	各类模具及艺术品	发动机零件,飞机、汽车、拖拉机零件,阀门零件,电器,农用机械零件等	汽车、拖拉机等用的管、棒、轴套,管类件等	管件及汽车等各类铸件

表 1.2 各种铸件成形方法经济性比较

项 目	砂型铸造	熔模铸造	金属型铸造	陶瓷型铸造	连续铸造	真空实型铸造
小批量生产时的适应性	A	B	C	A	E	B
大批量生产时的适应性	C	B	B	E	A	A
模型或铸型制造成本	A	D	C	B	C	B
铸件质量减少	E	B	B	B	B	B
金属利用率	D	D	B	B	A	B
机械加工费用	C	B	B	C	B	B
设备费用	较高	较高	适中	低	高	较高

注：表中 A—最好；B—良好；C—中；D—一般；E—不好。

1.3 铸件成形技术的发展特点及趋势

未来世界市场需要什么样的铸造产品？概括起来为六个字：“精确、柔性、快捷”。铸造企业要想在激烈竞争的市场中赢得自己应有的地位，就必须从以上这些方面狠下工夫。在 21 世纪，作为传统产业的铸造行业面临新的挑战，企业间国际联系的增加，市场的全球化，均要求发展技术，创出新路；迫切地需要改变铸造这个劳动价值低、环境污染严重的落后行业形象；促进铸造技术基础向高技术转化，增加产品的技术含量，提高产品的市场适应能力

和竞争能力。

在铸件成形技术领域，不断涌现越来越多的成形方法，发展历史最悠久的有熔模铸造和金属型铸造，而发展历史最短的只有十几年历史，如半固态铸造方法。可以看到，随着科学技术的发展，铸件成形技术在不断完善，新的铸件成形技术和工艺在不断出现，特别是计算机辅助设计技术的出现，推动了铸造业的不断向前发展。尽管铸件成形方法多种多样，其发展过程也各不相同，但是，它们都有如下方面的共同规律。

a. 每种铸件成形方法都是在原有铸件成形方法的基础上，通过改变或突出某工艺因素的作用而形成的。例如，压力铸造就是在金属型铸造的基础上，通过改变金属液充型方式和凝固因素，使金属液在压力下充填金属型直至铸件凝固而发展起来的。

b. 每一种新的铸造技术的出现和发展是同科学技术的发展密不可分的，是伴随着相关科学技术成就而发展的。如消失模铸造之所以目前得以较快发展，是同塑料模材料、涂料问题的解决分不开的；如熔模铸造之所以得到不断发展，是与化学工业提供的黏结剂（如硅酸乙酯）和模料（石蜡、硬脂酸、松香等）质量不断提高分不开的。

c. 每一种新的铸件成形技术都是与工业发展阶段相适应的，新铸件成形技术的出现也促进和推动了其他技术的发展。如近代熔模铸造虽然早在 1907 年由维利耶姆丁首创，用于制造金牙，但该方法在工业中一直未能获得应用。只是在第二次世界大战时，用该技术制造蜗轮航空发动机叶片，才使该技术获得快速发展。熔模铸造叶片的诞生也进一步推动了涡轮发动机的发展。又如连续铸造法，早在 1857 年就由转炉炼钢法的发明者贝思麦提出，但是这一方法只是在 20 世纪 20 年代，当大量需求钢锭时才获得较快的发展。又因近几十年制造业的综合发展，使其得到迅猛的发展，同时又促进了其他金属材料生产的发展和质量的提高。

1996 年美国出台的下一代制造计划提出了十项关键基础技术，其中就包括先进制造工艺与装备及建模与仿真两项关键技术，如图 1.1 所示。由图 1.1 可见，人、技术与管理是未来制造业的三个基本要素。美国在公布 1995 年联邦政府材料科学与工艺研究及开发计划时强调指出：美国经济繁荣及国家安全很大程度上依赖于先进材料的研究开发与产业化。为了对付全球竞争，改善材料及相关的制备技术对国家来说是非常重要的。美国联邦政府材料科学、工艺研究与开发计划的战略目标及美国自然科学基金会均把材料合成制备与加工成形的基本理论和模拟仿真作为优先资助领域。由此可见，材料制备、成形加工及成形加工过程

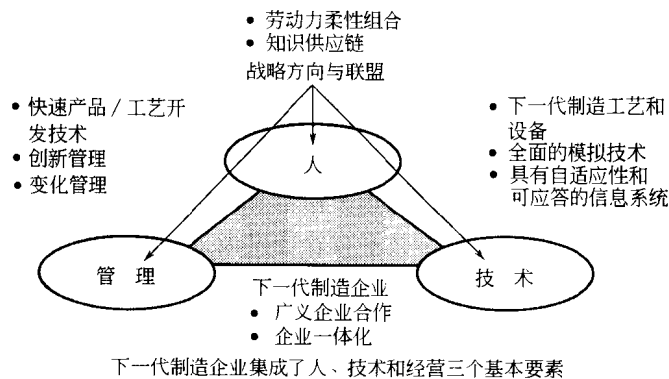


图 1.1 下一代制造计划中的三个基本要素及十项关键基础技术

计算机模拟仿真是当今国际公认的制造科学与材料科学的重要前沿领域。

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,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。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,如图 1.2 所示。

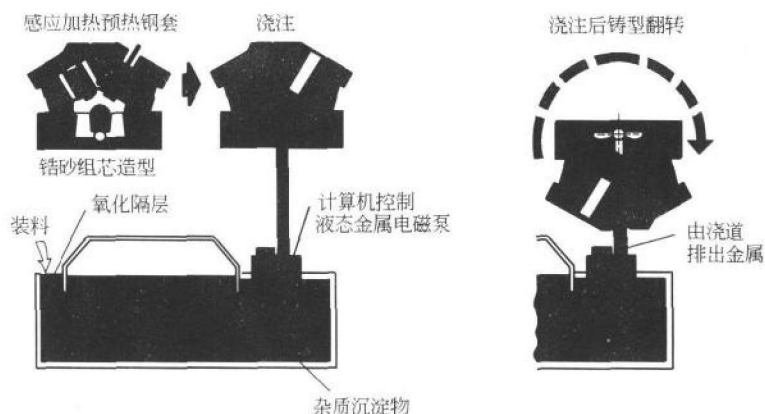


图 1.2 精确砂型可控压力铸造铝合金发动机缸体

航空、航天工业采用的高温合金单晶体定向凝固熔模铸造燃气轮机叶片(见图 1.3),是精确铸造与高科技的完美结合,而消失模铸造工艺则被誉为明天的铸造技术。总之,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,我国铸造业有了很大的

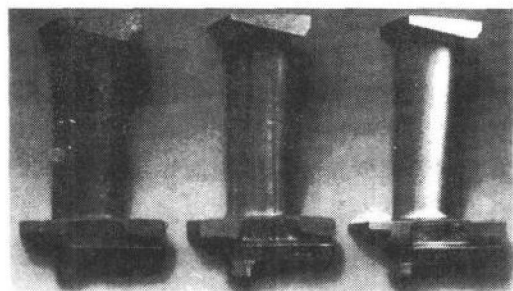


图 1.3 等轴晶、柱状晶及单晶体熔模铸造叶片

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、动力、冶金、化工和重型机器制造业等提供了各种铸件。例如,我国已铸出约 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,国内铸造技术在不断发展。例如,大型铸件铸造工艺的计算机辅助设计,消失模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,随着同国外经济技术交往的不断深入,将促进我国铸造业更快发展。

铸造技术的发展史显示,各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 and 科学技术的发展,可以预示,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。

铸造生产过程由许多生产工序和环节组成。归纳起来，铸造生产主要由铸型制备、合金的熔炼及浇注、落砂及清理三个独立工序组成。铸型制备是铸件成形技术的具体体现，是铸件生产中非常重要的任务，是本书所涉及的内容。