

中国铸造协会

铸造专业系列教材
铸造工程师认证培训用书

特种铸造

姜不居 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国铸造协会

铸造专业系列教材
铸造工程师认证培训用书

特种铸造

姜不居 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是中国铸造协会新世纪铸造专业系列教材之一,着重论述不同于传统砂型铸造的各类特种铸造方法的实质、原理和工艺要求,重点介绍了熔模精密铸造、石膏型精密铸造、陶瓷型精密铸造、消失模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压和差压铸造、挤压铸造、离心铸造、连续铸造、V法造型和快速铸造等方法,并对生产设备和工艺装备作了必要的介绍。

本书可作为普通高等学校和大专院校铸造专业课程教材,也是铸造工程师认证培训用书,亦可供机械工程专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

特种铸造 / 姜不居主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

(铸造专业系列教材)

铸造工程师认证培训用书

ISBN 7-5084-3425-0

I. 特... II. 姜... III. 铸造—高等学校—教材

IV. TG249

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 138875 号

书 名	铸造专业系列教材 铸造工程师认证培训用书 特种铸造
作 者	姜不居 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 16 印张 380 千字
版 次	2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—3100 册
定 价	40.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

“铸造”是一种既经济又便捷的金属成形工艺。无论过去、现在还是将来，铸造都是机械制造业的重要组成部分，它对社会进步和经济发展始终起着重要的作用。

我国的铸造业不仅历史悠久，而且在 21 世纪初，铸件产量已连续 4 年跃居世界第一位，已成为名副其实的铸造大国。然而铸造大国并不就是铸造强国。目前，我国铸造技术水平与发达国家相比仍存在不小的差距，主要表现在铸件质量较差、铸件产品构成落后、企业专业化程度低、绿色环境意识和可持续发展观念不强等方面。究其根本原因，在于人才素质与现代铸造要求不相适应。可以说，没有我国铸造专业人才素质的全面提高，就不会有我国现代铸造技术的进步和发展。

培养专业人才，教育要先行，教材是基础。以往，铸造专业教学及培训用教材大都是 20 世纪 80 年代末编印的，已不能适应培养现代铸造技术人才的需求，因此，编写出版新教材的工作已成为当务之急。同时，为开展铸造工程师的认证工作，也需要一套适用的考试用书。有鉴于此，中国铸造协会主动担起这一重任，并于 2004 年制订了“铸造专业人才教育培训和教材建设规划”，设立“教育培训专项基金”，组织和邀请国内知名铸造专家、学者编写铸造专业培训系列教材，首批入选规划的教材包括《铸造工艺学》、《造型材料》、《特种铸造》、《灰铸铁、球墨铸铁及其熔炼》、《铸钢及其熔炼》、《铸造非铁合金及其熔炼》、《铸造设备》、《铸造企业管理》共 8 本专业教程。

以上教材都是为了在 21 世纪之初，满足我国铸造专业人才教育培训的迫切需要而优先规划并出版的，这批教材的编写既要从国情出发，又要面向世界、面向未来；既要保证基础性、实用性，又要突出新颖性；要体现本专业的新面貌、新特点，反映学科前沿，培养创新意识和创新精神。总之，应按精品教材的高标准来完成，希望这套铸造专业系列教材的问世，能够开创我国铸造专业技术培训的新局面，加速铸造队伍的专业水平和整体素质的提高，并为我国铸造行业的新发展作出贡献。

本套系列教材适用于大学、大专层次的铸造专业教学用书，也是铸造工程师认证的培训用书，同时亦可供从事铸造生产的管理与技术人员和其他相关专业技术人员参考。

郭树言

2005 年 10 月

前 言

《特种铸造》系中国铸造协会新世纪铸造专业系列教材之一。本书具有铸造专业工艺课程的鲜明特点,着重论述不同于传统砂型铸造的各类特种铸造方法的实质、原理和工艺要求,并对生产设备和工艺装备作了详细的介绍。通过对本书的学习,可以了解和掌握常用特种铸造方法;并能够根据具体铸件和生产条件来正确选用适宜的铸造方法;同时,可使读者拓宽专业思路,开阔技术视野,为其改进现有铸造工艺、采用和研究新的铸造方法奠定坚实的专业基础。

本书内容丰富而全面,取材经典而新颖,既符合国情,能充分体现我国特种铸造的现状,又能反映国际先进铸造技术的发展趋势,具有时代特征。

特种铸造方法多种多样,本书重点介绍了熔模精密铸造、石膏型精密铸造、陶瓷型精密铸造、消失模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压和差压铸造、挤压铸造、离心铸造、连续铸造、V法造型和快速铸造等。在以上这些方法中,有的在工业生产中早已得到广泛应用,有的却是新近发展、方兴未艾的先进方法。概言之,所有这些方法对我国铸造生产都具有现实和长远的重要意义。我们希望并相信,本书的出版发行,将有助于满足我国铸造技术教育培训与提高的需要,从而加速我国铸造生产和技术的发展步伐,为使我国由铸造大国转为铸造强国贡献一点绵薄之力。

本书可作为普通高等学校和大专院校铸造专业课程教材,也是铸造工程师认证培训用书,亦可供机械工程专业技术人员参考。

本书由绪论和十章组成,执笔撰写者为姜不居(绪论,第一章、第三章、第五章、第六章、第八章、第九章)、闫双景(第二章、第七章)、吕志刚(第四章)、崔旭龙(第十章)。全书由姜不居统稿、梁希超主审。编写过程还得到了周泽衡、马吉生、常明安、丁廷桢等的协助与支持,在此表示感谢。

限于编者水平,时间仓促,书中难免存在缺点、疏漏及错误,恳请读者不吝批评指正。

编 者

2005年盛夏于清华园

目 录

序 前言

绪 论

一、特种铸造方法	1
二、特种铸造与砂型铸造比较	1
三、几种主要特种铸造工艺方法比较	5
思考题	5

第一章 熔模精密铸造

第一节 概述	6
一、熔模铸造工艺过程、特点和应用	6
二、发展概况	10
第二节 熔模的制造	10
一、模料	10
二、熔模制造和组装	13
三、模料回收及再生	14
第三节 型壳的制造	15
一、制壳耐火材料	15
二、制壳粘结剂	21
三、硅溶胶及其型壳	22
四、水玻璃及其型壳	28
五、硅酸乙酯及其型壳	30
六、型壳脱蜡及焙烧	33
第四节 熔模铸造型芯	34
一、概述	34
二、陶瓷型芯及制芯工艺	35
三、水玻璃砂型芯	37
第五节 熔模铸件的浇注和清理	38
一、浇注	38
二、熔模铸造的凝固方式	40

三、熔模铸件的清理	40
四、熔模铸件的修补和清整	42
第六节 熔模铸件工艺设计	42
一、铸件结构工艺性分析	42
二、工艺参数选择	43
三、浇冒口系统的设计	44
第七节 压型的结构与制造	47
一、机械加工压型	47
二、易熔合金、石膏、橡胶压型	49
思考题	50

第二章 石膏型精密铸造

第一节 概述	52
一、工艺过程	52
二、工艺特点	52
三、应用范围	52
第二节 石膏型铸造工艺	53
一、熔模制作	53
二、石膏的选择	55
三、填料及附加物	56
四、石膏浆料	57
五、石膏型的制造	58
六、浇注	59
七、清整	60
第三节 石膏型精密铸件工艺设计	60
一、浇注位置的选择	60
二、主要工艺参数选择	60
三、浇注系统及冒口设计	61
思考题	61

第三章 陶瓷型精密铸造

第一节 概述	63
一、工艺过程	63
二、工艺特点	64
三、应用范围	65
第二节 陶瓷型铸造工艺	66

一、母模	66
二、底套	66
三、陶瓷浆料原材料	67
四、陶瓷型的制作	71
思考题	74

第四章 消失模铸造

第一节 概述	75
一、工艺过程	75
二、工艺特点	75
三、应用范围	76
第二节 泡沫塑料模型	77
一、对模型的要求	77
二、模型材料选择	78
三、泡沫塑料模型的制作	81
第三节 涂料	85
一、消失模涂料的特点	85
二、涂料的基本组成	86
三、涂料的制备	87
四、涂料的使用	88
第四节 造型与浇注	89
一、干砂振动造型	89
二、树脂自硬砂造型	91
三、真空系统	91
四、浇注工艺	92
第五节 金属液的充型过程	94
一、消失模的热解产物及其对铸件质量的影响	94
二、金属液的充型特性	96
三、金属液的凝固特性	97
第六节 消失模铸造工艺设计	98
一、铸件结构工艺性及工艺参数设计	98
二、浇冒口系统设计	99
第七节 消失模铸造缺陷及其防止	101
一、铸铁件表面皱皮	101
二、粘砂	102
三、气孔	103

思考题	103
-----------	-----

第五章 金属型铸造

第一节 概述	105
一、工艺过程	105
二、工艺特点	105
三、应用范围	105
第二节 金属型铸件成型特点	107
一、由金属型导热性能引起的铸件成型特点	107
二、由金属型无透气性引起的铸件成型特点	108
三、由金属型无退让性引起的铸件凝固收缩特点	109
第三节 金属型设计	110
一、结构形式与分型面选择	110
二、型体及型腔设计	111
三、型芯设计	113
四、定位和锁紧机构	115
五、排气系统	116
六、铸件顶出机构	117
七、金属型的加热和冷却装置	118
八、金属型破坏原因	118
九、金属型的材料	120
第四节 金属型铸造工艺	121
一、浇注系统的设计	121
二、涂料	123
三、金属型的工作温度	124
四、合金的浇注温度	125
思考题	125

第六章 压力铸造

第一节 概述	126
一、工艺过程	126
二、工艺特点	126
三、应用范围	127
第二节 压铸过程原理	128
一、压力的作用	128

二、速度的作用	129
三、金属液的充型过程	130
第三节 压铸机	131
一、压铸机的种类及特点	131
二、压铸机的主要结构	133
三、压铸机的选用	135
第四节 压铸型的设计	136
一、铸件的结构工艺性	137
二、铸件的工艺设计	137
三、压铸型的结构	139
四、成型尺寸的确定	140
五、抽芯机构	141
六、铸件顶出机构	144
七、压铸型的材料	145
第五节 压铸工艺	146
一、比压和充填速度	146
二、压铸的温度规范	147
三、时间参数	148
四、涂料	149
第六节 压铸新工艺	150
一、真空压铸	150
二、加氧压铸	150
三、精密密压铸	151
四、黑色金属压铸	152
五、半固态压铸	154
思考题	156

第七章 低压铸造

第一节 概述	157
一、铸造原理及工艺过程	157
二、工艺特点	157
三、应用范围	158
第二节 铸型工艺	159
一、铸型种类的选择	159
二、浇冒口系统设计	159
第三节 低压铸造设备	161

一、保温炉及密封坩埚系统	161
二、铸型开合机构	163
三、液面加压控制系统	163
四、计算机控制低压铸造设备	163
第四节 低压铸造工艺	165
一、升液管和保温坩埚的准备	165
二、铸型的准备	165
三、低压浇注	166
四、开型取件	170
第五节 特种低压铸造工艺	170
一、差压铸造	170
二、调压铸造	173
三、真空吸铸	174
思考题	183

第八章 挤压铸造

第一节 概述	184
一、工艺原理及工艺过程	184
二、工艺特点	185
三、应用范围	186
第二节 挤压铸造机	187
一、对挤压铸造机的要求	187
二、挤压铸造机	187
第三节 挤压铸型设计	188
一、铸型设计方案选择	189
二、铸型设计工艺参数	190
三、铸型常用材料	191
第四节 挤压铸造工艺	191
一、压力	191
二、开始加压时间	192
三、加压速度与充型速度	193
四、保压时间	193
五、浇注温度	193
六、铸型工作温度	194
七、铸型涂料	194
第五节 挤压铸造工艺新发展	195

一、半固态挤压铸造	195
二、金属基复合材料挤压铸造	197
思考题	198

第九章 离心铸造

第一节 概述	199
一、工艺过程及分类	199
二、工艺特点	199
三、应用范围	200
第二节 在离心力场中铸件成型特点	201
一、离心力场	201
二、离心力场中液体金属自由表面形状	202
三、液体金属中异相质点的径向运动	204
第三节 离心力场中铸件凝固特点	205
一、加强顺序凝固	205
二、加强补缩	206
三、结晶形态	206
第四节 离心铸造机	208
一、立式离心铸造机	208
二、卧式离心铸造机	209
第五节 离心铸造工艺	211
一、铸型转速的选择	211
二、铸型	214
三、离心浇注	215
四、典型离心铸件	217
思考题	221

第十章 其他特种铸造方法

第一节 连续铸造	223
一、概述	223
二、连续铸锭工艺	223
三、连续铸管工艺	225
第二节 V 法造型	228
一、概述	228
二、工艺装备	230
三、V 法造型工艺	231

第三节 快速铸造	232
一、快速成形技术	232
二、快速铸造	233
思考题	238
参考文献	239
读后记	241

绪 论

一、特种铸造方法

铸造是一种液态金属成型的方法。在各种铸造方法中,用得最普遍的是砂型铸造。这是因为砂型铸造对铸件形状、尺寸、重量、合金种类、生产批量等几乎没有限制。

但随着科学技术的发展,对铸造提出了更高的要求,要求生产出更加精确、性能更好、成本更低的铸件。为适应这些要求,铸造工作者发明了许多新的铸造方法,这些方法统称为特种铸造(Special Casting Process)方法。

常用的特种铸造方法有熔模精密铸造、石膏型精密铸造、陶瓷型精密铸造、消失模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、差压铸造、真空吸铸、挤压铸造、离心铸造、连续铸造、半连续铸造、壳型铸造、石墨型铸造、电渣熔铸等。特种铸造方法已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,近年来发展的速度极快。

同时,随着科学技术的发展,新的特种铸造方法还在不断产生。如20世纪末出现的快速铸造,它是快速成形技术和铸造结合的产物。而快速成形技术则是计算机技术、CAD、CAE、高能束技术、微滴技术和材料科学等多领域高科技技术的集成。快速铸造使铸件能够被快速生产出来,满足科研生产的需要。今后,新的特种铸造方法仍将随着技术的发展不断涌现出来。

二、特种铸造与砂型铸造比较

(一) 基本特点

与普通砂型铸造相比,特种铸造的基本特点可概为以下几点。

1. 改变铸型的制造工艺或材料

如熔模铸造和消失模铸造,前者是通过在蜡模组上上涂料、撒砂、干燥等工序制成一个薄壳铸型;后者则是不含粘结剂的干砂振动造型、生产铸型。由于熔模铸造和消失模铸造所用的模型分别为蜡模和泡沫塑料模,前者很容易熔失,后者浇注时能被金属液消失,故两种方法的铸型均可为一整体,不用分型面,不用开箱起模。因此,两种方法的铸型制造工艺都不同于砂型铸造。

又如金属型铸造或压力铸造是使用金属材料制的铸型,可一型多铸。

制型工艺或材料的改进,提高了铸件的尺寸精度和降低了铸件表面的粗糙度,可生产少切削加工甚至无切削加工的铸件。例如,汽轮机增压器的动、静叶片,原来是用ZG13圆钢铣制而成,改用熔模铸造生产后,每台可节约钢材100kg,节省加工工时1800h。

2. 改善液体金属充填铸型及随后的冷凝条件

在普通砂型铸造中,液体金属是在重力作用下完成充型和冷凝的。而在一些特种铸造方法中,金属液是在离心力(离心铸造)或压力(压力铸造、低压铸造、差压铸造、挤压

主要特种铸造工艺过程特点及其适用范围

表 0-1

铸造方法	工艺过程特点	工艺过程复杂程度	适用于生产的铸件							工艺出品率(%)	毛坯利用率(%)	生产准备
			合金	重量	最小壁厚(mm)	表面粗糙度(μm)	尺寸公差(级)	形状特征	批量			
熔模铸造	制熔模 制壳 浇注 焙烧型壳 脱模 1. 熔去模样形成型腔 2. 铸型工作表面由粉状耐火材料和高温粘结剂形成 3. 热型浇注	复杂	各种合金	数克至数百千克	约0.5, 最小孔径0.5	一般 $R_a = 1.6 \sim 6.3$, 精整后最高可达 $R_a = 0.8$	CT4~CT7	复杂铸件	小批、中批、大批	30~60	90	复杂
陶瓷型铸造	模型和砂箱放在模板上 喷烧陶瓷型工作表面 灌陶瓷浆 取模 浇注 铸型工作表面由粉状耐火材料和高温粘结剂形成	较复杂	主要是模具钢、碳素钢、合金钢	数百克到数吨	2	$R_a = 3.2 \sim 12.5$	CT6~CT8	中等复杂铸件	单件、小批	40~60	90	较复杂
石膏型铸造	制熔模 制石膏浆 石膏型焙烧 干燥 脱模 铸型由粉状耐火材料和石膏粉料形成	复杂	以铝合金、铸合金、铜合金、银为主	数克至数百千克	约0.5, 最小孔径0.5	$R_a = 0.8 \sim 6.3$	CT4~CT7	复杂铸件	小批、中批、大批	30~60	90	复杂、较复杂
							CT6~CT8					

续表

铸造方法	工艺过程复杂程度	工艺过程特点	适用于生产的铸件						工艺出品率 (%)	毛坯利用率 (%)	生产准备
			合金	重量	最小壁厚 (mm)	表面粗糙度 (μm)	尺寸公差 (级)	形状特征			
消失模铸造	简单、一般		铝合金、铜合金、铁、钢	数十克到数吨	铝合金 2~3、铸铁 4~5、铸钢 5~6	$R_a = 6.3 \sim 50$	CT6~CT9	各种形状铸件	40~75	70~80	较复杂
			钢、铁、铝合金、镁合金、铜合金	数十克到几百千克	铝硅 2、铝镁 3、铸铁 2.5、铸钢 5	一般为 $R_a = 6.3 \sim 12.5$, 最高 $R_a = 3.2$	CT6~CT9	中等复杂铸件	40~70	70	较复杂
压力铸造	简单	金属液在高压作用下, 以高的线速度填充金属型, 并在压力作用下凝固成形	锌合金、锡合金、铝合金、镁合金、铜合金	数克到数十千克	最小壁厚 0.3, 最小孔径 0.7, 最小螺距 0.75	$R_a = 1.6 \sim 6.3$	CT4~CT8	复杂铸件	60~90	90	复杂
低压铸造	简单、一般	金属液在较低压力作用下, 由下向上地填充各种铸型, 并在压力作用下凝固成形	钢、铁、铝合金、镁合金、铜合金	中、小件, 数十克到数百千克	铝硅 2、铝镁 3、铸铁 2.5、铸钢 5	决定于所用铸型种类	CT6~CT9	中等复杂铸件	80~90	70~80	中等复杂

续表

铸造方法	工艺过程特点	工艺过程复杂程度	适用于生产的铸件							工艺出品率 (%)	毛坯利用率 (%)	生产准备
			合金	重量	最小壁厚 (mm)	表面粗糙度 (μm)	尺寸公差 (级)	形状特征	批量			
挤压铸造	把金属液浇入开启的铸型中, 把两半型相合, 型内金属液受到转型的挤压, 填充于两半型形成的型腔之中, 凝固成形	一般	铝合金、镁合金、锌合金、铜合金为主, 其他变形合金和铸造合金	几十克到 160kg	1	$R_a = 3.2 \sim 6.3$	CT5	外形简单的铸件	中批、大批	80~95	70~90	复杂
离心铸造	金属液浇注到旋转的铸型中, 并在旋转情况下凝固成形	一般	铸钢、铸铁、铝合金、铜合金	数克到数十吨	3	—	—	特别适用于管形铸件, 也可铸中等复杂的铸件	小批、中批、大批	75~95	70~100	复杂、中等复杂
连续铸造	金属液进入水冷金属型 (结晶器) 的一端, 从铸型的另一端连续地取出铸件	简单	钢、铁、铝合金、铜合金		3~5	—	—	外形简单、截面相同的长铸件	大批	>90	>80	复杂
真空吸铸	在水冷金属型 (结晶器) 内建立真空, 把金属液由下向上地吸入型内, 并在真空下由外向中心凝固	简单	铜合金、铝合金、锌合金		5	—	—	圆管型、圆柱形, 直径小于 120mm	小批	>90	>80	复杂、中等复杂