



消失模铸造 方法与技术

主编 陶杰

江苏科学技术出版社

TG249.5
T-419

消失模铸造方法与技术

主 编 陶 杰
副主编 朱正吼 崔益华 唐锁云
刘立中 章 舟

江苏工业学院图书馆
藏书章

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

消失模铸造方法及技术 / 陶杰等编著. —南京: 江苏科学技术出版社, 2003. 6

ISBN 7-5345-3871-8

I. 消... II. 陶... III. 模具, 消失模-铸造-工艺 IV. TG241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 040001 号

消失模铸造方法与技术

主 编 陶 杰
责任编辑 孙广能

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

经 销 江苏省新华书店
照 排 南京展望文化发展有限公司
印 刷 新沂市印刷厂

开 本 850 mm×1168 mm 1/32
印 张 8.625
字 数 210 000
版 次 2003 年 6 月第 1 版
印 次 2003 年 6 月第 1 次印刷
印 数 1-1 500 册

标准书号 ISBN 7-5345-3871-8/TH·91
定 价 22.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

内 容 提 要

本书系统地介绍了消失模铸造工艺材料、成型理论、成型设备和成型工艺。全书从基本原理出发,紧密结合国内生产实际,介绍了适合于企业使用的消失模铸造工艺,同时又综述了国内外在这方面的发展动态以及编者的最新研究成果。内容包括消失模模料、制模与成型设备、消失模铸造用涂料、造型材料、实型与干砂实型铸造工艺、负压实型铸造工艺及典型工艺分析、负压实型铸造工艺装置与机械设备、消失模铸造缺陷分析与质量控制、消失模悬浮铸造和消失模型内处理法、消失模铸造与环境保护等。

本书可供从事机械、铸造、化工、轻工、材料等行业的工程技术人员、科技人员和大专院校的师生参考。

致 读 者

社会主义的根本任务是发展生产力，而社会生产力的发展必须依靠科学技术。当今世界已进入新科技革命的时代，科学技术的进步不仅是世界经济发展、社会进步和国家富强的决定因素，也是实现我国社会主义现代化的关键。

科技出版工作肩负着促进科技进步，推动科学技术转化为生产力的历史使命。为了更好地贯彻党中央提出的“把经济建设转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来”的战略决策，进一步落实中共江苏省委、江苏省人民政府作出的“科技兴省”的决定，江苏科学技术出版社于1988年倡议筹建江苏省科技著作出版基金。在江苏省人民政府、省委宣传部、省科委、省新闻出版局负责同志和有关单位的大力支持下，经省政府批准，由省科学技术委员会、省出版总社和江苏科学技术出版社共同筹集，于1990年正式建立了“江苏省金陵科技著作出版基金”，用作支持自然科学范围内的符合条件的优秀科技著作的出版补助。

我们希望江苏省金陵科技著作出版基金的建立，能

为优秀科技著作在江苏省及时出版创造条件,以通过出版工作这一“中介”,充分发挥科学技术作为第一生产力的作用,更好地为我国社会主义现代化建设和“科技兴省”服务;并能带动我省科技图书提高质量,促进科技出版事业的发展和繁荣。

建立出版基金是社会主义出版工作在改革中出现的新生事物,期待得到各方面给予热情扶持,在实践中不断总结经验,使它逐步壮大和完善。更希望通过多种途径扩大这一基金,以支持更多的优秀科技著作的出版。

这次获得江苏省金陵科技著作出版基金补助出版的科技著作的顺利问世,还得到参加评审工作的教授、专家的大力支持,特此表示衷心感谢!

江苏省金陵科技著作出版基金管理委员会

前 言

消失模铸造技术正不断为人们所认识,也为新产品的生产提供了全新的技术手段。许多国家和地区,如北美的企业、高校和行业已联合起来,组成了消失模铸造联盟,对该工艺进行了全面的开发研究,使得该工艺不断完善,工艺过程得到更好的控制,也逐渐被更多的铸造界人士所认同。1999年美国威斯康星大学的一项市场调查表明:1990年,有6%的铝合金铸件是使用消失模铸造工艺生产的;预计到2007年,将会有29%的铝合金铸件使用该工艺。从1997年起,灰口铸铁和球墨铸铁使用该工艺的比例也有较大增长,目前约有2%的灰铸铁件是由消失模工艺生产的,预计到2009年将达到15%。

我国自20世纪90年代开始引进消失模铸造技术,经过十几年的发展,我国的消失模铸造工业虽具有了一定规模,但总的来说,我国消失模铸造的生产应用水平与发达国家仍然有较大的差距。消失模铸造对于大多数企业来讲,毕竟是新生事物,从接触到理解再到应用需要一个过程,是无法一蹴而就的。靠企业自身的技术力量去探索生产技术、产品工艺等,周期较长。出版本书的目的之一就是期望能为这些企业提供帮助,使得他们能较全面地认识该技术的各个环节。

从21世纪铸造技术发展总体趋势看,铸件生产必须大力发展精确成型技术,提供加工余量最小的产品;同时铸件生产还必须符合环保要求,实现清洁生产。此外,铸件生产还须适应更加个性化的市场需求。消失模铸造技术符合这些发展趋势,具有广阔的发展前景。因此,消失模铸造技术已成为国家科技部重点推广的技

术之一,并成为改造传统铸造业应用的一项高新技术。

本书在编写过程中,我们参考了中、外相关的科技文献,并结合了作者们多年的研究和生产实践经验。同时,还采用了国内有关专家、学者公开出版物中的数据和资料(见本书参考文献),由于联络上的困难,未能征求原作者的意见。借本书出版之机,向本书引用的所有参考文献的原作者以及支持和帮助本书出版的专家和同仁们表示由衷的谢意,对无锡锡南铸造机械厂所提供的支持表示衷心的感谢。

本书的出版还得到了江苏省金陵科技著作出版基金的资助,在此谨致谢意。

本书第一、四、五章由陶杰编写,第二章由唐锁云编写,第三、十章由崔益华编写,第六、九章由朱正吼编写,第七章由刘立中编写,第八章由章舟编写,全书由陶杰、崔益华统稿。本书力求简明、实用,叙述由浅入深,技术实用可行。可供从事铸造研究和生产的技术人员、工人和有关教学人员参考。若本书能为我国的消失模铸造技术的进步和发展有一定帮助,作者们定会感到十分欣慰。鉴于水平所限,文中错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2003年5月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 消失模铸造工艺发展历史	1
1.2 消失模铸造种类与工艺特点	2
1.3 消失模铸造的适用性与经济性	5
1.4 消失模铸造技术与应用现状.....	11
第二章 消失模模料、制模与成型设备	17
2.1 消失模铸造工艺对泡沫塑料的要求.....	17
2.2 消失模模料种类与性能.....	17
2.3 消失模铸造泡沫塑料模样制造工艺.....	23
2.4 发泡成型模具与成型设备.....	47
2.5 泡沫塑料模样的质量检验.....	67
2.6 泡沫塑料模样常见缺陷及对策.....	72
第三章 消失模铸造用涂料	75
3.1 表面耐火涂料.....	75
3.2 涂料的涂挂方法及烘烤规范.....	92
3.3 泡沫塑料模表面光洁涂料.....	98
第四章 造型材料	100
4.1 实型铸造用型砂	100
4.2 干砂实型铸造和负压实型铸造用型砂	104
4.3 其他消失模铸造用型砂	109

4.4	塑料薄膜	111
第五章	实型与干砂实型铸造工艺	113
5.1	干砂实型铸造金属充型理论	113
5.2	实型铸造工艺	120
5.3	干砂实型铸造工艺	123
5.4	实型空腔铸造工艺	124
5.5	实型精密铸造工艺	126
第六章	负压实型铸造工艺及典型工艺分析	128
6.1	负压实型铸造金属充型理论	128
6.2	负压实型铸造纤维增强金属基复合材料充型理论	131
6.3	负压实型铸件结构工艺设计	137
6.4	负压实型铸造浇注位置设计	138
6.5	负压实型铸造浇注系统设计	139
6.6	冒口设计	142
6.7	造型技术	144
6.8	浇注技术	147
6.9	工艺实例	149
第七章	负压实型铸造工艺装备与机械设备	150
7.1	国内负压实型铸造设备发展概况	150
7.2	负压实型铸造的组成和分类	155
7.3	负压实型铸造工艺部分的装置与设备	157
7.4	砂处理系统的设备	180
7.5	砂箱循环线	196
7.6	负压实型铸造生产线设计	202
7.7	典型负压实型铸造自动生产线	207

第八章 消失模铸造缺陷分析与质量控制	215
8.1 消失模铸造对铸件性能、金相组织的影响.....	215
8.2 消失模铸造常见缺陷及分析	216
第九章 消失模悬浮铸造和消失模型内处理法	241
9.1 消失模悬浮铸造法	241
9.2 消失模型内处理法	242
9.3 应用实例	244
第十章 消失模铸造与环境保护	249
10.1 泡沫塑料模的热分解产物分析.....	249
10.2 泡沫塑料模热分解产物的毒性分析.....	256
10.3 废气处理装置与环境保护.....	257
参考文献	262

第一章 绪 论

1.1 消失模铸造工艺发展历史

随着塑料、化工和机械工业的发展,消失模铸造经历了实型铸造法、干砂实型铸造、磁型铸造以及负压实型铸造等发展阶段。

所谓实型铸造法就是用泡沫聚苯乙烯塑料模代替铸模进行造型,模样不取出呈实体铸型,浇入金属液,模样气化,而得到理想铸件的一种铸造方法。美国人 H·F·施洛耶于 1956 年最早发明了该方法,并于 1958 年获得了专利。

在成功地应用实型铸造的基础上,结合其他新材料、新技术的试验研究,进而发展形成了实型空腔法、实型精密铸造、实型陶瓷型铸造等方法。实型空腔法就是用泡沫塑料模进行造型呈实体铸型,此后用物理或化学的方法除去泡沫塑料模以形成空腔铸型,浇入金属液后得到实型铸件。实型精密铸造或实型陶瓷型铸造就是用泡沫塑料模代替熔模铸造中的蜡模或代替原陶瓷型铸造中的金属模(或塑料模或木模),然后在铸型焙烧和浇注前气化消失,最后浇入金属液的一种铸造方法。这些方法,从本质上都没有改变原实型铸造、原熔模铸造和原陶瓷型铸造的造型特点。

20 世纪 60 年代末期,德国的两位技术人员首先将真空技术引入实型铸造,并获得美国、英国专利。其原理是:先将压缩空气通入砂箱,使造型材料沸腾呈流态,然后放入泡沫聚苯乙烯模型;切断气源,型料沉积模型四周,抽真空后浇注。1972 年,日本人植田昭二等发明减压燃烧式铸造法,这是负压实型铸造的另一种工

艺形式；1974年，美国人R·A·奥尔生为负压实型铸造批量生产设计了专用装置。我国科学院光电所在国内首先提出了负压实型铸造的新设想，于1977年成功浇注了一批铸铝、铸铜、铸铁和铸钢件。并在1981年开展了负压实型铸造基础试验研究，包括液态合金充填铸型的能力、铸造成型机理的研究以及铸型强度性能和工艺方法对铸件机械性能的影响等。虽然我国提出负压实型铸造的思想比国外晚，但经过两代人艰苦努力，我国所开发的负压实型铸造工艺方法比国外要完善，采取一定的工艺措施可以保证砂箱内达到所需要的真空度。随着这项技术的深入推广，目前在国内已经有越来越多的企业开始使用，并取得良好的综合效益。上述的磁性铸造、干砂实型铸造以及负压实型铸造都是采用干燥的、没有黏结剂的造型材料，借助磁场力、重力或负压为黏结剂来紧实铸型，这种物理造型法通常称为第三代造型法。

1.2 消失模铸造种类与工艺特点

1.2.1 消失模铸造种类

消失模铸造是实型铸造法、干砂实型铸造法、负压实型铸造法以及随之发展的磁型铸造、实型精密铸造、负压实型陶瓷型铸造等方法的总称，该技术的特点是在造型和浇注过程中不必取模。尽管用于消失模的材料有发泡纸蜂窝、聚氨酯、石蜡等，但最实用的仍为泡沫聚苯乙烯塑料及其衍生材料，通常所说的消失模铸造主要指泡沫聚苯乙烯模铸造。实型铸造法、干砂实型铸造法、负压实型铸造法分别代表了消失模铸造发展的三个阶段，也是当前世界各地广泛使用的、已相互独立的三种消失模铸造方法。磁型铸造、实型精密铸造、负压陶瓷型铸造则是在实型铸造法基础上发展起来以生产一些有特定要求的铸件（如模具）的几种精密铸造

方法。

以上消失模铸造方法虽然造型方法或造型材料不同,但其本质特征是相同的,即采用泡沫塑料模取代了原来的空型腔呈实体的铸型,并且在浇注过程中泡沫模样是随金属液的推移而逐渐地被气化消失,模样和金属液同时存在,使铸型始终保持呈实体的状态,直至浇注完毕,模样完全被金属液所取代。因而这些消失模铸造方法在许多铸造工艺和技术要求上基本都是一致的,例如塑料模制造、涂料等。

另外,也有部分国内文献称以上铸造方法为气化模铸造、无型腔铸造等,实际上,泡沫塑料模在浇注过程中并非只经历气化过程。实际上,泡沫塑料的变化包括软化、熔融、气化和燃烧等一系列物理化学现象,在很多情况下,气化过程并不是主要的(如实型铸造)。同样,对很多复杂铸件(如柴油机缸体),也很难做到无型腔。因此,气化模铸造、无型腔铸造的称呼欠妥。

1.2.2 消失模铸造工艺特点

消失模铸造的基本工艺流程是:

泡沫塑料模→挂涂料→涂料干燥→造型→振动→浇注→清理

生产工序的减少,操作内容的简化,为消失模铸造提高生产率、减轻劳动强度创造了有利条件。负压实型铸造利用了真空密封造型法中用真空手段使松散流动的型料紧固成铸型的造型原理,但去除了该法中仍然用木模或金属模造型的拔模、下芯、合箱等操作;同时又吸收了实型铸造和磁型铸造工艺中用泡沫塑料气化模实体埋型,不起模就直接进行浇注的优点,而克服了实型铸造中型料需加黏结剂、需捣实、型料回收困难、打箱清理费劲的缺点,也克服了磁型铸造中铸件尺寸受磁极间距大小限制的缺点。

由于砂型铸造仍是我国普遍使用的铸造方法,以其为比较对

象,会发现消失模铸造有非常多的优越性。概括而言,几种消失模铸造法具有以下几个共同的工艺优点。

(1) 简化工序,缩短生产周期,提高生产效率。由于模样是整体的,基本上不用型芯,省去了型芯盒和芯骨的制备以及芯砂的配制工序;如果选用冷固性造型材料(如水泥自硬砂或水玻璃自硬砂等),不需要烘型和铸型的一些准备工作,操作上又省去了取模、修型和配箱等许多工序,因而缩短了生产周期,提高了生产效率。

(2) 减轻劳动强度,改善制模和造型工的操作条件。造型省去了拔模、修型和合箱等工序,大大减轻了劳动强度和改善操作条件。

(3) 提高了铸件的尺寸精度。因模样不必从铸型中取出,没有分型面,又省去了配箱、组芯等工序,避免了在普通砂型铸造中因起模和配箱所导致的尺寸偏差,因而提高了铸件的尺寸精度。

(4) 增大了零件的设计自由度。消失模铸造方法没有分型和必须取模的铸造工艺,减少了铸造工艺性要求,使铸件设计受到的限制减少。

(5) 铸件质量好,废品率低。造型后,铸型是一个整体,没有分型面、不需取模,也不必考虑拔模斜度,所以杜绝了铸件的错箱和表面的飞边、毛刺等疵病。同时,还避免了像普通砂型铸造因造型操作不慎遗漏在铸型内的残砂所导致的砂眼缺陷。

(6) 冒口设置方便,金属液利用率高。在砂型铸造中很难设置的球形暗冒口在消失模铸造中可以很方便地在任何位置安置;同时由于容易在砂箱中将塑料模串联起来实行串铸,因此,大大节约了浇注系统中的液态金属。

另外,干砂实型铸造法和负压实型铸造法不仅具有上述工艺优点,更具有以下突出之处。

(1) 生产效率更高。由于无需配砂混砂,简化了砂处理;造型工序简单,打箱清理也很简单,因此,生产率进一步提高,特别对单件、形状复杂的铸件,效果更显著。

(2) 工艺技术容易掌握,生产管理方便。消失模铸造简化了模型制作工艺,简化了造型操作和工艺装备,使工艺技术容易掌握和普及。同时,使用单一型料,不用对造型材料进行日常性能检查;也不存在模型的保管和大批砂箱的堆放问题,因而车间的生产管理工作大大简化。

(3) 投资少。由于生产工序少,各道工序操作简便,使工艺装备的品种和数量大为减少。消失模铸造不用庞大的砂处理设备,用振动工作台代替了各种类型的造型设备,造型材料可以完全回收使用,因此投资少。

(4) 劳动强度进一步减轻,改善了作业环境。真空实型铸造不用手工捣砂,没有修型作业,不用人工打箱,从而大大地减轻了劳动强度。而且该方法在浇注时产生的废气可通过密闭管道排放在车间外以进行净化处理,这样,大大改善了生产现场环境。

1.3 消失模铸造的适用性与经济性

1.3.1 消失模铸造的适用性

每种新的铸造方法出现都有它一定的使用范围,消失模铸造方法也不例外。

(1) 对铸型材质的适用性。理论上,凡是可以铸造的金属都可以采用消失模铸造法,在这一点上其适应性甚至超过砂型铸造。例如,普通砂型铸造不能用于钛合金铸造,但采用 SiC 砂的消失模铸造法可以用来浇注钛合金。从生产实践来看,目前用消失模铸造浇注过的铸件材质有普通铸钢、耐热合金钢、不锈钢、铁镍合金、普通铸铁、合金铸铁、球墨铸铁、铸铝合金和铸铜等。一般来说,铸造车间常用的金属材料都可用消失模铸造来浇注。

生产实践还表明,用该法浇注铸钢件、球墨铸铁件等熔点高的

铸件材质时,表面较少粘砂,无飞边毛刺,容易清理,铸件的表面质量明显地优于砂型铸件。

(2) 对铸件大小的适用性。砂箱大小直接决定消失模铸件的大小,因此,消失模铸造对铸件大小的适用性要广泛得多,可以在同一震动工作台上放置不同尺寸的砂箱,因而可以十分方便地生产出各种大小的铸件。不过,由于泡沫塑料模型的强度低,加上埋型操作时填料不可能绝对均匀,模型容易变形,这就给浇注轮廓大、壁薄的铸件带来了一定困难。因此,从方便操作和现有工艺水平考虑,消失模铸造以浇注 2 t 以下,尤其是 1 t 以下的铸件为宜。

(3) 对铸件生产批量的适用性。最佳的生产批量必须考虑生产塑料模所需的模具成本,对于那些不需要模具(塑料模由机械加工成型)或模具费用很低的铸件,可以不考虑生产批量问题。但对于必须采用价格高昂模具或模具数量必须很多的铸件,计算一个最佳批量是必要的,以确保铸件生产成本不会太高。

(4) 对铸件结构的适用性。消失模铸造从工艺特点出发,特别适合于具有复杂结构(尤其是具有复杂内腔)、模样分型困难、造型困难的铸件。因此,消失模铸造为多品种、单件小批量及大批量铸件生产几何形状复杂的中小型铸件提供了新的生产途径。

1.3.2 消失模铸造的经济性

对于消失模铸造工艺的合理经济评估是非常困难和复杂的,正如其他传统铸造工艺一样,有一些类型的铸件非常适合于消失模工艺的生产,从而充分体现了其高度的经济价值,而另一些类型的铸件则可能并不适合这一工艺的应用。

下面仅就运用不同铸造工艺从事于同种铸件大批量工业化生产前提下,对消失模铸造工艺作一个经济性评估和分析。

1.3.2.1 消失模铸造工艺与传统的铸造工艺之间的经济性比较

对于同一种铸件应用不同的铸造工艺生产时,其经济价值优