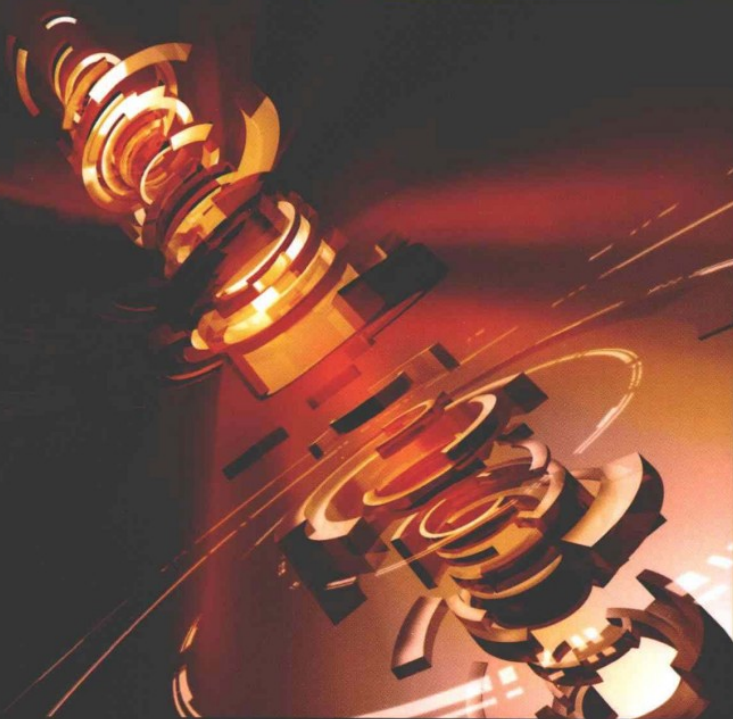


特种铸造工学基础

高等学校教材

◎ 万里 主编

TEZHONG ZHUZAO GONGXUE JICHU



化学工业出版社

高等学校教材

特种铸造工学基础

万里 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了目前最常用的一些特种铸造方法,如金属型铸造、压力铸造、低压与差压铸造、挤压铸造、熔模铸造、消失模铸造、离心铸造以及陶瓷型铸造、石膏型铸造、连续铸造、真空吸铸、半固态铸造等其他特种铸造成形。在注重基础理论论述的同时,着重阐述了它们各自的应用特点,另外还介绍了特种铸造成形技术的新发展。本书是针对当前高校专业改革和高校人才培养及铸造企业的人才需求趋势而编写的,旨在拓展有色金属和黑色金属的特种铸造成形方法及其应用方面的基础知识。

本书可作为“材料成型及控制工程”专业“铸造方向”或“铸造”专业的本科生教材,也可作为从事特种铸造技术开发与生产的技术人员的参考书或企业继续教育的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

特种铸造工学基础/万里编. —北京:化学工业出版社,
2009.5

高等学校教材

ISBN 978-7-122-05050-2

I. 特… II. 万… III. 铸造-高等学校-教材 IV. TG249

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第036826号

责任编辑:彭喜英 杨 菁
责任校对:凌亚男

文字编辑:余纪军
装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张12 字数294千字 2009年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:24.00元

版权所有 违者必究

前 言

自从高等院校进行“宽口径，厚基础”专业改革以来，原有的“铸造工艺与设备”专业被撤销，原铸、锻、焊三个专业被合并而设置了“材料成形及控制工程”新专业。但是由于新专业的内容多而广，再加上学时数限制，导致了学生在铸造专业知识方面的严重缺乏，相当多的铸造企业对这种模式的人才教育及培养机制反应强烈。因此，一些院校在专业设置不变的前提下，悄然恢复了“铸造方向”，以适应企业和社会对人才的需求。

长期以来针对有色金属或黑色金属特种铸造成形方面出版的教材比较少，因此为适应目前高校专业改革和高校人才培养及企业的人才需求趋势，结合特种铸造工艺方法的最新发展及应用情况，编写了新版《特种铸造工学基础》教材。本书具有以下特点。

(1) 在体系和内容选择上，在保持理论阐述的前提下，注重实用性，强调理论联系实际，强化了工艺应用，以满足培养工程型人才培养的需要。

(2) 内容新，涉及面广，反映了当前特种铸造技术的进步和发展，如增加了高真空压铸、半固态铸造、喷射成形、复合材料的成形等方面的内容。

(3) 内容丰富，包含特种铸造工艺、模具设计与制造、装备及生产自动化等方面的一些基础知识，以拓宽学生的知识面。

(4) 引入了一些汽车零部件的铸造方法实例，如车轮的金属型铸造、挤压铸造、低压铸造；缸体/缸盖的低压铸造、压力铸造、消失模铸造实例等，通过这些同一种零件不同成形方法的比较，可加深理解每种成形工艺的特点。

本书可作为高校“材料成形及控制工程”专业“铸造方向”或“铸造”专业本科生的教材，或企业继续教育的培训教材，或供企业从事铸造技术开发、生产、销售人员参考。

本书由华中科技大学万里编写第1~6章、第8章，武汉工程大学赵芸芸编写第7、9章，并由万里统稿，全书由哈尔滨工业大学吴士平教授、武汉理工大学刘生发教授审稿。

在本书的编写过程中，受到编者所在单位领导及同仁的支持与关心，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者或铸造界的同仁不吝指教。

编 者

2008年12月于喻家山

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 特种铸造工学的分类及特点	1
1.2 特种铸造工学的应用及发展	1
第 2 章 金属型铸造成形	4
2.1 概述	4
2.2 金属型铸造工艺	5
2.2.1 金属型铸造的工艺流程	5
2.2.2 金属型的准备	5
2.2.3 金属型的预热	6
2.2.4 金属型浇注工艺规范	7
2.2.5 金属型试模	9
2.3 金属型(模具)设计与制作	10
2.3.1 金属型的铸造工艺方案设计	10
2.3.2 金属型(模具)设计与制作	16
2.4 金属型铸件缺陷与对策	22
2.4.1 缩孔/缩松	22
2.4.2 冷隔或浇不足	23
2.4.3 裂纹	23
2.4.4 气孔	23
2.5 金属型铸造成形的自动化技术	24
2.6 摩托车铝合金车轮的金属型铸造工艺实例	25
2.6.1 车轮的浇注系统特点	25
2.6.2 车轮的模具结构特点	25
2.6.3 铸造工艺参数选择及控制要点	26
第 3 章 压力铸造成形	28
3.1 概述	28
3.2 压铸成形原理	29
3.2.1 压铸工艺原理	29
3.2.2 压铸过程的充型理论	30
3.2.3 压铸过程中金属流的能量转换	32
3.2.4 压铸充型过程的连续性	33
3.3 压铸机及压铸生产自动化	33
3.3.1 压铸机分类及结构	33
3.3.2 压铸机的液压及电气控制	35
3.3.3 压铸生产自动化	35

3.4 压铸工艺	37
3.4.1 压射压力的变化	37
3.4.2 压射压力和填充速度的确定	37
3.4.3 压铸温度规范	39
3.4.4 填充时间、持压及铸件在压铸型中停留的时间	39
3.4.5 压铸用涂料	40
3.5 压铸模设计与制作	41
3.5.1 模具分型面	41
3.5.2 压射室直径	43
3.5.3 浇注系统	44
3.5.4 溢流槽、排气槽设计	49
3.5.5 压铸模结构设计	53
3.5.6 压铸机的选择	60
3.6 压铸件缺陷与对策	61
3.7 特种压铸成形方法	61
3.7.1 真空压铸	62
3.7.2 超低速压铸	63
3.7.3 局部加压压铸法	63
3.8 轿车发动机铝合金缸体的压铸工艺实例	64
3.8.1 铝合金缸体的压铸工艺及模具结构设计	65
3.8.2 铝合金缸体的压铸工艺参数	66
第4章 低压与差压铸造成形	67
4.1 低压铸造成形原理	67
4.2 低压铸造机及生产自动化	68
4.2.1 低压铸造机	68
4.2.2 自动加压控制系统	69
4.2.3 低压铸造生产自动化	70
4.3 低压铸造模具设计	70
4.3.1 低压铸造工艺方案设计	70
4.3.2 低压铸造模具设计特点	71
4.4 低压铸造工艺	72
4.4.1 铸件形成过程各个阶段的压力和增压速度的确定	72
4.4.2 填充时间	74
4.4.3 浇注温度	74
4.4.4 铸型(模具)温度	74
4.4.5 涂料	74
4.5 低压铸造缺陷与对策	74
4.5.1 充型不良	74
4.5.2 浇口成形不足	74
4.5.3 掉砂	75

4.5.4	飞边	75
4.5.5	缩孔/缩松	76
4.6	发动机铝合金缸盖的低压铸造工艺实例	76
4.7	Cosworth 工艺原理及应用	78
4.8	差压铸造成形原理与应用	79
4.8.1	差压铸造成形原理	79
4.8.2	差压铸造成形工艺	80
4.8.3	差压铸造成形装备	84
第5章	挤压铸造成形	85
5.1	挤压铸造原理	85
5.2	挤压铸造的合金组织及力学性能	86
5.2.1	挤压铸造的合金组织	86
5.2.2	挤压铸造合金的力学性能	88
5.2.3	挤压压力与金属液中的气体溶解量	89
5.2.4	挤压铸造下金属液的凝固现象	89
5.3	挤压铸造工艺	90
5.4	挤压铸造模具设计与制作	91
5.5	挤压铸造机及自动化	92
5.6	挤压铸造缺陷与对策	93
5.6.1	缩孔/缩松	93
5.6.2	夹渣	94
5.6.3	冷隔	95
5.6.4	热处理起泡	95
5.7	摩托车车轮的挤压铸造工艺实例	96
第6章	熔模铸造成形	99
6.1	熔模铸造的原理及特点	99
6.2	熔模的制备	100
6.2.1	熔模材料及性能要求	100
6.2.2	熔模的成形	101
6.2.3	熔模的存放	103
6.2.4	熔模的组装	103
6.3	型壳的制备	104
6.3.1	浸涂料	104
6.3.2	撒砂	105
6.3.3	干燥硬化	106
6.3.4	脱模	107
6.3.5	型壳的焙烧	107
6.3.6	复合型壳	107
6.4	熔模铸造工艺	108
6.4.1	熔模铸造工艺设计	108

6.4.2	压型的设计与制造	111
6.4.3	熔模的浇注工艺	117
6.5	熔模铸造生产的机械化及自动化	120
6.5.1	熔模生产的机械化	120
6.5.2	型壳生产的机械化	121
6.6	熔模铸造缺陷及对策	123
6.7	复杂薄壁铝合金零件的熔模铸造应用实例	123
第7章	消失模铸造成形	125
7.1	消失模铸造成形原理及特点	125
7.2	消失模模具的设计与加工	126
7.2.1	消失模模样的发泡成形工艺设计	126
7.2.2	消失模模样的分片	128
7.2.3	消失模模具的设计与加工	128
7.3	消失模模样的成形	131
7.3.1	消失模的模样材料	131
7.3.2	消失模的发泡成形	131
7.3.3	消失模模样的机械加工成形	134
7.3.4	消失模模型的组装	134
7.4	消失模铸造用涂料	135
7.5	消失模铸造工艺	135
7.5.1	消失模铸造的工艺过程	135
7.5.2	消失模铸造的浇注系统特征及设计	137
7.6	消失模铸造装备及生产自动化	138
7.6.1	模样制作及其自动化	138
7.6.2	造型装备及生产线	138
7.7	消失模铸造的常见缺陷及对策	140
7.8	发动机缸体的消失模模样成形实例	141
7.9	V法成形(真空密封造型法)	143
第8章	离心铸造成形	146
8.1	概述	146
8.2	离心铸造原理	147
8.2.1	离心力场	147
8.2.2	离心力场中液体金属自由表面的形状	147
8.2.3	离心压力	149
8.2.4	液体金属中异相质点的径向运动	149
8.3	离心铸造工艺	150
8.3.1	铸型的转速	150
8.3.2	涂料和模温	151
8.3.3	浇注工艺	152
8.4	离心铸造机及生产自动化	153

8.4.1	水冷金属型离心铸管机的特点	153
8.4.2	水冷金属型离心铸管机结构	153
8.5	气缸套的离心铸造工艺实例	156
8.5.1	铸铁气缸套的特点及分类	156
8.5.2	铸铁气缸套离心铸造机	157
8.5.3	铸铁气缸套离心铸造工艺	157
第9章	其他特种铸造成形	159
9.1	陶瓷型铸造成形	159
9.1.1	陶瓷型铸造工艺原理	159
9.1.2	陶瓷型铸件成形技术	159
9.1.3	复合陶瓷型工艺	163
9.1.4	无醇陶瓷型工艺	164
9.1.5	RP-陶瓷型精密铸造工艺应用实例	164
9.2	石膏型铸造成形	164
9.2.1	石膏型铸造工艺原理	164
9.2.2	石膏型铸造工艺	165
9.2.3	RP-石膏型应用实例	167
9.3	连续铸造	168
9.3.1	连续铸造的主要特点	168
9.3.2	水平连续铸造	169
9.3.3	薄板坯连铸连轧技术	170
9.3.4	双辊薄带铸轧技术	171
9.3.5	有色合金的连铸	172
9.4	真空吸铸	174
9.4.1	真空吸铸的工作原理及特点	174
9.4.2	真空吸铸工艺	174
9.5	半固态成形	177
9.5.1	半固态成形原理及特点	177
9.5.2	半固态浆料的制备方法	178
9.5.3	新流变铸造成形工艺	178
9.5.4	其他半固态成形工艺	179
9.6	复合材料的铸造成形	180
9.6.1	复合材料的分类	180
9.6.2	金属基复合材料的铸造	180
9.7	喷射沉积铸件成形技术	182
9.7.1	喷射沉积技术原理及特点	182
9.7.2	喷射沉积技术应用实例	183
参考文献		184

第 1 章 绪 论

1.1 特种铸造工学的分类及特点

铸造是将液态金属浇入到预先制好的铸型中，使之冷却、凝固而获得毛坯或零件的一种成形方法。铸造成形的方法根据金属液填充铸型的作用力不同，可分为重力铸造（金属液依靠自身重力填充型腔）、低压铸造、挤压铸造、压力铸造（金属液在一定的压力作用下填充型腔）。根据铸型材料的不同又可分为砂型铸造、石膏型铸造、陶瓷型铸造、熔模铸造、消失模铸造（一次型）、金属型铸造（永久型）等。此外对于一些特殊的凝固成形件，还可采用连续铸造、离心铸造等。

人们所熟知的铸造方法中使用最多最普遍的是砂型在重力条件下的铸造工艺，称为砂型重力铸造，简称砂型铸造。而把砂型铸造方法以外的所有其他铸造成形方法统称为特种铸造方法。如上所述，常见的特种铸造方法有：金属型铸造、压力铸造、低压与差压铸造、挤压铸造、熔模铸造、消失模铸造、离心铸造、连续铸造、陶瓷型铸造、石膏型铸造、真空吸铸、半固态铸造等。

与砂型铸造相比，上述特种铸造方法具有如下的特点。

(1) 铸件的尺寸精度高，表面粗糙度低，更接近于零件的最终尺寸，从而易于实现少切削或无切削加工。

(2) 铸件的内部质量好，力学性能高。

(3) 使铸造生产不用砂或少用砂，改善了劳动条件。

(4) 简化了生产工序（熔模铸造除外），便于实现生产过程的机械化和自动化。

(5) 对于一些结构特殊的铸件，具有较好的技术经济效果。如圆管件的离心铸造、叶片的熔模铸造、铝合金缸体的压力铸造等。

正是由于上述优点，特种铸造方法得到了越来越广泛的应用，特别是一些具有近、净成形特征的铸造方法。但每一种特种铸造方法都有其局限性，如压力铸造比较适合于没有复杂内腔的有色金属铸件，且其铸件一般不能作为结构受力的保安件。

1.2 特种铸造工学的应用及发展

(1) 金属型铸造。金属型铸造是一种古老的特种铸造方法，古代主要用于农具、武器的制作。现代的金属型铸造广泛应用于汽车、航空航天、家电、仪器仪表等行业中零部件的生产。金属型铸造的发展趋势：一是寻求更加理想的金属型用新材料，以提高铸件质量和金属型使用寿命；二是进一步提高金属型铸造的自动化水平，提高生产效率，降低生产成本；三是扩大金属型铸造在黑色金属或铜合金方面的应用及提高技术水平。

(2) 压力铸造。压铸是一种重要的特种铸造方法，已有 100 多年的历史，在铝、锌、镁合金等零件的生产中占有相当大的比例。近十年来，无论是压铸工艺还是压铸设备（压铸机

及周边辅助设备)均得到了很大的发展,主要表现为以下几点。①压铸理论的研究更加深入,尤其是计算机模拟技术的发展,使金属液在填充型腔时的流动状态、金属液在型腔中的凝固过程、模具的温度场分布、模具的变形等方面均有较好的研究进展。②压铸机及其周边设备有了很大发展,大型压铸机、智能机械手、浇注机械手、取件装置、喷涂装置以及由上述装置组成的柔性压铸单元等得到了越来越多的应用。③在压铸产品的检测方面特别是在内部缺陷的无损检测方面,如X射线、超声波探测等也得到了快速发展。④压铸模具新材料及其表面处理技术延长了模具的使用寿命。⑤快速成形设计及制造技术在压铸生产中得到应用,缩短了产品的制造周期,提高了产品质量。⑥压铸合金得到了进一步的发展,如镁合金和金属基复合材料。

(3) 低压与差压铸造成形。低压铸造在20世纪20年代由英国人发明,而差压铸造则在20世纪60年代由保加利亚人在低压铸造的基础上开发而成。现在低压铸造在民用产品领域主要用于汽车铝合金轮毂、发动机缸盖、大型铝合金框架等零件的生产,在军用产品领域,则主要是用于导弹仪器舱、壳体等部件的制造。低压和差压铸造在大型、复杂、薄壁铝合金铸件的制造上具有很强的技术优势,能实现产品的精密、薄壁轻量化,有着良好的发展前途。

(4) 挤压铸造。挤压铸造从1937年在前苏联问世到现在已70余年,初期主要集中于铜合金的挤压铸造成形工艺研究。我国于1958年开始开展挤压铸造的研究工作,20世纪70年代以后进入了一个快速发展的时期。我国大批量生产的挤压铸件品种有各种汽车铝活塞、摩托车前叉及刹车系统零件等,正在开发的零件有空调压缩机涡旋盘、汽车转向节等。挤压铸造的发展趋势是理论在不断完善;挤压合金主要集中在铝、镁合金及其复合材料的成形,应用范围从航空、航天及兵器扩展到民用领域,实现零件制造的轻量化和精密化。

(5) 熔模铸造。熔模铸造的历史非常悠久,已有4000余年,发源于埃及、中国和印度,后传至非洲、欧洲和美洲。中国古代留下了非常多的熔模铸造精品,如战国时期的曾侯乙尊、盘、编钟等。进入近代及现代社会以来,熔模铸造得到了迅速发展,其工艺的各个环节都有长足的进步,如水溶性型芯、陶瓷型芯、金属材质改进、大型熔模铸造技术、钛合金熔模铸造技术、定向凝固和单晶铸造、过滤技术、热等静压、快速成形技术、计算机在熔模铸造中应用以及机械化自动化等。技术发展使熔模铸造不仅能生产小型铸件,而且能生产较大铸件,目前最大的熔模铸件轮廓尺寸已近2000mm,而最小的壁厚却不到2mm。熔模铸造现在仍然是一种先进的近净成形工艺,在精、薄、强、复杂部件的生产中具有不可比拟的技术优势。

(6) 消失模铸造。消失模铸造于1956年在美国试验成功,1958年获得专利。1960年初德国开始用于工业化生产。中国是继美国、德国、英国和日本之后较早(1965年)研究消失模铸造技术的国家,迄今为止已有40多年的历史。1980年以前,消失模铸造主要用于单件小批量大中型铸件(如汽车覆盖件模具毛坯)生产,泡沫模样采用板材加工成形。型砂采用自硬树脂砂或铁丸(该方法也称为实型铸造)。1980年以后采用无黏结剂干砂,结合抽真空(负压)技术进行造型,泡沫塑料模样则采用发泡成形,主要用于大批量小件的生产。欧美如美国、德国的消失模铸造以有色合金为主,而日本、中国则以黑色金属为主。据美国对2007年消失模铸件产量预测,铸铝、铸铁、铸钢和铜合金铸件产量分别为52.6%、38.6%、7.0%和1.8%,同期中国的消失模铸件产量中,铝铜合金铸件仅占不到0.5%,相差巨大。消失模铸造的最大特点是能为铸件设计提供充分的自由度,容易实现清洁生产,因此很有发

展前途。

(7) 石膏型铸造。用石膏铸造艺术品的历史已久远，而应用于工业化生产则是在 20 世纪 40 年代初，即采用经过蒸汽压蒸处理的透气性较好的安提拉 (Antioch) 石膏型铸造轮胎模具。后来又发展出发泡石膏型、普通石膏型用于生产形状不太复杂的铝锌铅等中小型铸件。20 世纪 70 年代随着大型、薄壁、复杂铝合金铸件的发展，石膏型精密铸造新工艺在美、德、日等国发展很快，尤其是在航天航空等部门发展更快。现石膏型已可生产尺寸达 1000mm，壁厚 1.5mm，公差 0.125mm/25mm 的铸件。

(8) 陶瓷型铸造。20 世纪 50 年代初英国人诺尔肖氏兄弟研究成功陶瓷型铸造并获得专利，且在生产中很快得到应用。陶瓷型铸造广泛用于生产各种复杂精密铸件、模具和铸造工装。

(9) 离心铸造。1809 年英国 A. Erhardt 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、直径为 75mm 的离心铸铁管。1862 年英国 Whilley 和 Bouwer 制造出立式离心铸造机。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。20 世纪 30 年代后离心铸造法被用于生产气缸套、炮身、鼓轮等铸件。20 世纪 40 年代出现了离心铸造法生产双金属复合冶金轧辊的工艺。后来又发明了涂料金属型离心铸造法及树脂砂型离心铸造法。现离心铸造主要用于球墨铸铁管及轴套的生产。

综上所述，随着人们对铸件“轻、精、薄、强”的要求不断提高，特种铸造技术也需要不断发展和前进。可以预期，特种铸造方法的应用会愈来愈广泛，一些新的特种铸造方法也将会出现。

第2章 金属型铸造成形

2.1 概述

金属型铸造 (Gravity Die Casting) 是指液态金属在重力作用下填充金属铸型并在型中冷却凝固而获得铸件的一种成形方法, 如图 2-1 所示。由于金属铸型可以重复使用, 寿命 (指浇注次数) 可达数万次, 所以金属型铸造又称永久型铸造 (Permanent Mold)。

与砂型铸造相比, 金属型铸造具有如下优点。

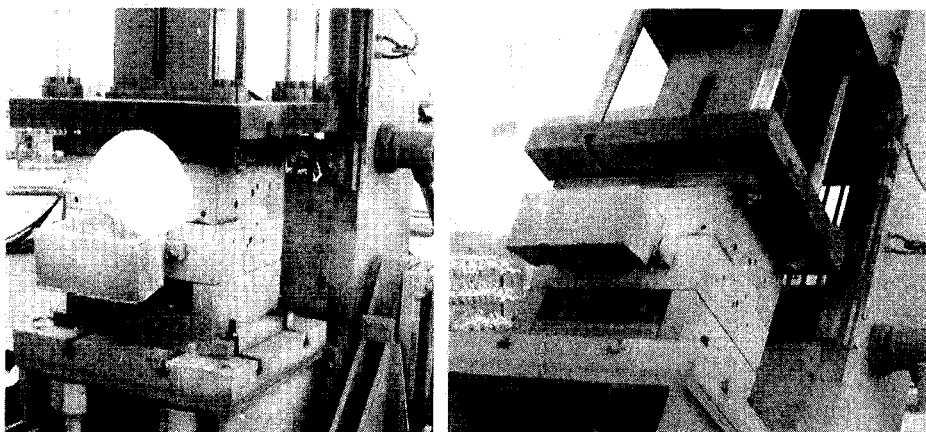
(1) 金属型的热导率和热容量大, 金属液的冷却速度快, 铸件组织致密, 力学性能比砂型铸件高。如铝合金铸件的抗拉强度可增加 10%~20%, 伸长率约提高 1 倍。

(2) 能获得较高尺寸精度和表面质量好的铸件, 减少了加工余量。

(3) 由于可使用砂芯或其他的非金属型芯, 金属型铸造可生产具有复杂内腔结构的铸件, 如发动机缸体或缸盖等。

(4) 易于实现自动化和机械化, 生产效率高。

金属型铸造的主要缺点是金属型的激冷作用大, 本身无退让性和透气性, 因此铸件容易出现冷隔、浇不足、卷气、变形及裂纹等缺陷。近年来, 为了防止浇注时金属液流动过程中形成紊流, 减少氧化夹渣及卷气等缺陷, 采用倾转式浇注已成为金属型铸造的主流方式, 见图 2-1。



(a) 金属型合模状态

(b) 倾转浇注

图 2-1 金属型铸造示意图

由于金属型的制作成本比木模高, 故而不适合于单件或小批量铸件的成形。金属型铸造主要适用于铝、镁等轻有色金属中小型铸件的制造, 也可用于生产黑色金属铸件, 如磨球、铸锭等。金属型铸造成形在汽车、摩托车、航空航天、农业机械等领域获得了广泛的应用。

必须指出的是金属型铸造的成形特点取决于金属铸型对金属液在铸型中的流动和凝固过程的影响。如前所述主要表现在以下三个方面: 一是金属铸型的导热性和蓄热性比砂型大,

所以不论采取什么工艺措施,金属液在金属型中的凝固速度总是比在砂型中要快得多,这也导致了金属液在金属型中的充型能力比砂型中差;二是金属型为刚性材料,不具备砂型所拥有的退让性,因此金属液在凝固过程中出现收缩时便受到了阻碍,当阻碍产生的应力大于铸件本身的强度时,铸件中就会出现裂纹;三是金属型为密实块状材料,没有透气性,金属液在充型过程中,如果型腔中的气体排不出去,在型腔凹入的死角或金属液流的汇合处会形成“憋气”,阻碍金属液充型,或者被金属液卷入而进入金属液中形成气孔缺陷,如图2-2所示。

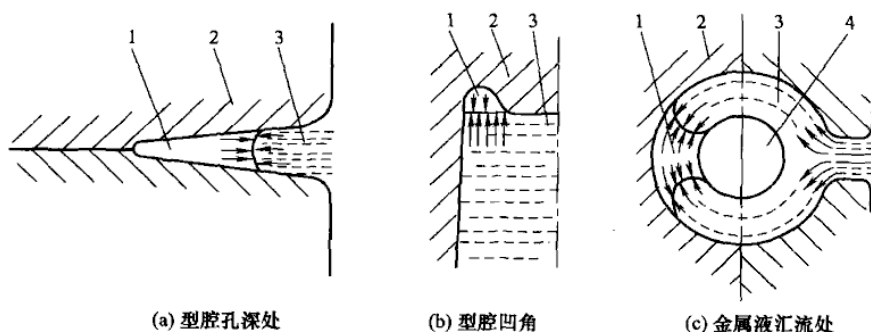


图 2-2 型腔内的“气阻”阻碍金属液充型
1—气阻; 2—金属型; 3—金属液; 4—金属型芯

因此在制定金属型铸造工艺规范、进行工艺及模具设计、提高铸件质量及消除缺陷对策等方面应充分考虑上述三个因素的影响。

2.2 金属型铸造工艺

2.2.1 金属型铸造的工艺流程

一个完整的金属型铸造的工艺流程如图2-3所示。

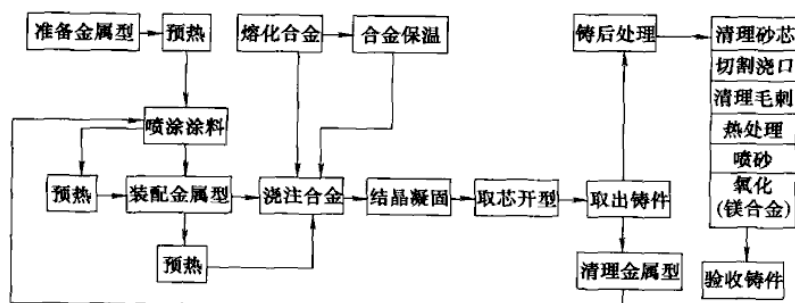


图 2-3 金属型铸造的工艺流程图

2.2.2 金属型的准备

新金属型或长期未用的金属型,应先起封,除油,并在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 下烘烤,除净油迹。对于经过了一个生产周期,需要清理的金属型而言,应着重清除型腔、型芯、活块、排气塞等工作表面上的锈迹、涂料、黏附的金属屑等杂物。注意清理时勿用铁等金属物体直接敲打型腔等表面,而应该用紫铜棒轻轻敲打。金属型的常见清理方法及要点见表2-1。

表 2-1 金属型的清理方法

清理方法	清 理 工 艺	特点与应用
手工清理	1. 用刮刀刮去工作表面上的残余涂料和脏物 2. 用钢丝刷或砂布擦拭金属型表面,使其光洁 3. 用煤油清洗活动部分的锈迹 4. 用扁铲除去型面黏附的金属屑并用油石打光 5. 取出排气塞清理气槽	1. 操作方便,不需要任何设备 2. 不易损坏金属型,不影响使用寿命 3. 手工操作,劳动强度大,生产效率低 4. 适用于薄片型面、细小的金属芯、型面上黏附的金属以及各活动配合部分的清理
喷砂	1. 将需要清理的金属型零件放入喷砂室内 2. 用薄板或旧布保护好不需要清理的配合表面 3. 对需要清理的表面进行低压吹砂直至除净涂料为止 4. 喷砂用的砂子应经过筛孔为 0.075mm 的筛子过筛	1. 效率高,清理质量好,劳动强度低 2. 金属型磨损大,特别是尖角处容易打成圆弧,影响使用寿命 3. 不适用于薄片和细长的金属芯 4. 广泛用于清理涂料及锈迹
化学清理	用纯碱或氯化钾溶液浸泡或涂刷需要清理的部位	用于清理金属型锈蚀严重的部位

2.2.3 金属型的预热

金属型在工作前应预热并涂敷涂料,未经预热和喷涂涂料的金属型不能进行浇注。这是因为金属型导热性好,金属液冷却快,流动充型能力差,容易使铸件出现冷隔、浇不足、夹杂、气孔等缺陷。同时未预热的金属型在浇注时,铸型将受到强烈的热冲击,应力倍增,极易损坏。

金属型工作之前涂敷涂料时的预热温度应根据涂料种类或成分及涂敷工艺确定。温度过低,涂料中的水分不易蒸发,涂料容易流淌。预热温度过高,涂料不易黏附,造成涂料层不均匀,影响铸件表面粗糙度。常用的预热温度见表 2-2。

表 2-2 涂敷涂料时金属型的预热温度

铸造合金	铝、镁合金	铜 合 金	铸 铁	铸 钢
预热温度/℃	150~200	80~120	80~120	120~250

在喷涂涂料之后,浇注之前,金属型还应继续预热,提高金属型的预热温度。适宜的预热温度或工作温度随合金种类、铸件结构和大小而定,一般可通过实验确定,表 2-3 可供参考。

表 2-3 金属型工作时的预热温度

铸造合金	铝合金	镁合金	铜 合 金	铸 铁	铸 钢
预热温度/℃	200~200	200~250	150~250	250~350	250~300

金属型的预热方法主要有以下几种。

- (1) 用煤气或天然气火焰预热。该方法简单、方便,但金属型上温度分布不均匀。
- (2) 采用电加热方法。在模具背面设置电加热管,浇注开始前将金属型预热到指定的温度。该方法同上述方法 (1) 一样,简单方便,但温度不是很均匀。
- (3) 将金属型放入加热炉中预热,可获得均匀一致的温度,但仅限于小金属型。

(4) 采用浇注金属液的方法预热。该方法一般不推荐,因为一是浪费金属液,二是缩短金属型使用寿命。

2.2.4 金属型浇注工艺规范

在金属型工艺方案确定之后,金属型的浇注工艺参数,即模具温度、浇注温度和涂料的选择是生产优质铸件和延长金属型使用寿命的关键。

2.2.4.1 金属型涂料

如前所述,金属型铸造时,须在型腔表面上喷涂涂料。喷涂涂料的目的如下。

(1) 保护金属型。浇注时可减轻液体金属对金属型的热冲击和对型腔表面的冲刷作用;在取出铸件时,减轻铸件对金属型和型芯的磨损,并使铸件易从铸型中取出。

(2) 采用不同冷却性能的涂料(如激冷涂料、保温涂料等)能调节铸件在金属型中各部位的冷却速度,控制凝固顺序。

(3) 改善铸件的表面质量。防止因金属型有较强的激冷作用而导致铸件表面产生冷隔或流痕以及铸件表面形成白口层。

(4) 改善型腔中气体的排除条件,增加合金的流动性。

(5) 获得复杂外形及薄壁铸件。

涂料一般由粉状耐火材料、黏结剂、载体和其他附加物组成。

在金属型预热至如表 2-2 所示的温度区间时,即可喷涂涂料。喷涂时,用压缩空气经喷雾器将混匀的涂料呈雾状喷涂在型腔工作表面上,使之形成致密、均匀的覆盖层。涂料层的厚度一般小于 0.5mm,但在浇冒口部位可超过 1mm 或者使用保温涂料。

2.2.4.2 金属型的工作温度及金属液浇注温度

由于金属型的导热性能比砂型高很多(热导率约高 150 倍,蓄热系数约高 20 倍,热扩散系数约高 65 倍),金属型能获得很大的温度梯度,使铸件的冷却速度增大。因此,金属型铸造时,对于逐层凝固的合金和具有体积凝固特性的合金,均能得到组织致密的铸件。同时,冷却速度快,可使铸件晶粒细化,还能减轻或消除非铁合金铸件的针孔。为了得到更快的冷却速度,要求采用较低金属型温度。

液态金属浇入金属型型腔后,由于型壁的直接导热,金属液会很快冷却凝结成一层硬壳,以后散热则要通过硬壳与型壁间所形成的空气隙。在金属型中铸造厚大铸件时,浇入型中的金属液在充满型腔的一定时间之后才开始凝固,特别是在金属型预热温度高和有大的砂芯时,更是如此,这是由于上述空气隙的存在,减缓了铸件的散热速度。所以在浇注厚大铸件时,应采用较低金属型温度和浇注温度。

在铸造不大的薄壁铸件时,金属液凝固得很快,在许多情况下,几乎在浇注完毕时,铸件凝固也就完成了。所以,对大而壁薄的铸件,为了能完好地充满型腔,获得轮廓清晰的铸件,就要有较高的金属型温度,还能改善铸件的补缩条件,因为这样能使金属液容易进入已被型壁很快冷却的下层金属中。当内浇道由下面导入型腔时,要求金属液有很高的温度,以使其在相当热的状态下达到型腔的上部,特别是当铸件上部有冒口时,更希望如此。但是,金属液的温度也不能太高,温度太高,会增加铸件的收缩量,并降低力学性能。

在金属型铸造中,铸件产生裂纹的可能性比砂型铸造时大得多。这主要是因为金属型和金属型芯没有退让性,阻碍铸件收缩;其次铸件凝固冷却不均匀也是产生裂纹的重要原因。但是,假如能使铸件变形在比较高的温度下进行,这时合金的塑性又足够大,那么,裂纹将不会产生。所以,当确定金属型的浇注工艺规范时,应尽量使合金由塑性转变到弹性状态的

过程中，铸件各部分的温度差减到最小。并且尽量减小合金和金属型型壁之间的温度差，这时就要求铸型温度较高，而浇注温度较低。

从上面的一些分析可知，确定金属型浇注工艺规范时，应根据铸件材质、形状大小、复杂程度等考虑以下三点原则。

- (1) 保证铸件全部表面能得到清晰的外形，没有冷隔和浇不足的现象，也就是希望冷却慢些，要求有较高的浇注温度和金属型温度。
- (2) 保证铸件变形小，不发生扭曲和裂纹，要求金属型温度高而浇注温度低。
- (3) 保证铸件组织细密，力学性能好，希望快速冷却，要求较低金属型温度和浇注温度。

表 2-4 和表 2-5 列出了一般铸造合金的金属型工作温度和浇注温度。

表 2-4 金属型工作温度									℃
合金种类	铝 合 金		镁 合 金		铜合金	铅锡青铜	锡青铜	铸铁	铸钢
	一般铸件	薄壁复杂铸件、金属型芯	一般铸件	薄壁复杂铸件、金属型芯					
工作温度	200~350	400~500	200~380	350~450	120~200	50~125	150~350	250~350	150~350

表 2-5 金属型铸造合金的浇注温度								℃
合金种类	铝硅合金	铝铜合金	铝镁合金	镁合金	锡青铜	黄铜	铸铁	铸钢
浇注温度	690~750	700~750	680~730	680~780	1100~1200	950~1100	1300~1400	1500~1560

在每一次浇注循环中，金属型从金属液中吸收的热量应等于金属型向外界散失的热量，这样才能使金属型温度恒定，保证正常生产。但更多的情况是铸件传给金属型的热量大于金属型向外界传递的热量，因此此时金属型的工作温度必然升高，并最终达到平衡状态，若平衡时的温度过高，将会影响到铸件的质量稳定和正常生产。因此应将金属型的温度降低至正常的工作温度，即对金属型实施强制冷却。强制冷却的方法有风冷、水冷、设置激冷块等。

(1) 风冷。在金属型外围或背面采用吹风或吹压缩空气的方法，强化对流散热，使金属型温度降低。图 2-4 是采用风冷的两种方式原理示意图，其中吹压缩空气的强制冷却方法比较好。风冷方式简单，使用安全，不影响金属型的工作寿命，但冷却效果较水冷差。

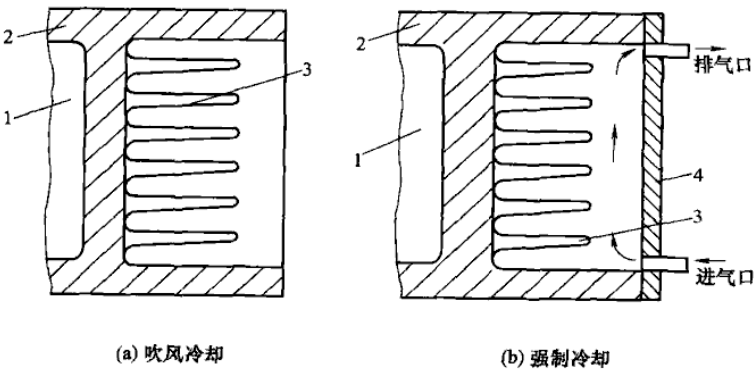


图 2-4 金属型风冷示意图

1—型腔；2—金属型；3—散热片；4—盖板