

国家示范性高职院校建设项目成果

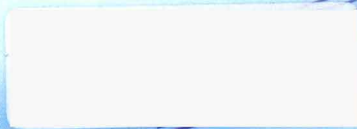


材料成型与控制技术专业领域

铜合金铸件铸造技术

TONGHEJIN ZHUJIAN ZHUZAO JISHU

■ 杨兵兵 李光照 李红莉 编著



本书是基于工作过程的理实一体化教材,以真实生产的铸件为载体,设计了七个学习情境(铜合金铸件铸造方法选择、铜合金铸件石膏型铸造、铜合金铸件立式离心铸造、铜合金铸件卧式离心铸造、铜合金铸件水玻璃型壳熔模铸造、铜合金铸件硅溶胶型壳熔模铸造、铜合金铸件复合型壳熔模铸造),通过学习六个典型铸件的生产过程,使学生掌握石膏型铸造、离心铸造、熔模铸造三种特种铸造工艺的操作技能、基本原理、工艺过程、铜合金熔炼以及铸件检验等专业知识。

本书为高职高专材料成型与控制技术(铸造)专业教学用书,也可供中等专业学校、成人教育学校的师生以及从事特种铸造的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铜合金铸件铸造技术/杨兵兵,李光照,李红莉编著.
—北京:机械工业出版社,2010.12
国家示范性高职院校建设项目成果.材料成型与控制技术专业领域
ISBN 978-7-111-32624-3

I. ①铜… II. ①杨…②李…③李… III. ①铜合金—铸件—铸造—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG291

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 236115 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:王海峰 于奇慧 责任编辑:王海峰 于奇慧 刘远星
版式设计:霍永明 责任校对:胡艳萍
责任印制:杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2011 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷
184mm×260mm · 15 印张 · 370 千字
0 001—3 000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-32624-3
定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据国家示范性专业——材料成型与控制技术（铸造）专业课程体系的教学要求，依托特种铸造实训车间编写的理实一体化教材，与《铝合金铸件铸造技术》、《铸钢件生产技术》、《灰铸铁铸件生产技术》、《球墨铸铁铸件生产技术》一起构成了铸造专业理实一体化的教材体系。

陕西工业职业技术学院材料成型与控制技术（铸造）专业自2008年被评为高职高专国家示范性专业以来，积极推动人才培养模式改革，通过校企合作、市场调研，分析归纳工作岗位和工作任务，总结人才培养目标，并与中国铸造协会合作，牵头制订《材料成型与控制技术专业职业岗位标准》，并以此标准为基础进行课程体系重构。在教材的编写过程中，以实际的铸件为载体，以“六步法”为框架，在铸件的实际生产过程中融合理论知识和操作技能的学习，使学习过程更符合生产实际。

本书着重论述不同于传统砂型铸造的石膏型铸造、离心铸造和熔模铸造三种铜合金铸造方法的基本原理和工艺过程。通过七个由易到难的情境设计，讲解石膏型铸造、离心铸造和熔模铸造三种特种铸造方法，并在其中穿插铜合金铸造工艺特点、铜合金熔炼工艺、常见缺陷检验等内容，构成一个完整的铜合金石膏型铸造、离心铸造和熔模铸造的学习情境。通过对本课程的学习和实践，可以了解和掌握石膏型铸造、离心铸造和熔模铸造三种特种铸造方法的基本理论知识和操作技能；能够根据具体铸件和生产条件来选用正确的铸造方法，并制订合理的铸造工艺，完成包括铸造方法选择、铸造工艺制订、铸件生产和常见缺陷检验等在内的整个铸造过程。

本书绪论、情境2、情境5、情境7由杨兵兵编著，情境1、情境6由李光照编著，情境3、情境4由李红莉编著。本书由杨兵兵、李光照负责统稿。

本书为高职高专材料成型与控制技术（铸造）专业国家级精品课程的教学用书，也可供从事铸造专业的科研与生产技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏、不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
思考题	8
情境1 铜合金铸件铸造方法选择	9
1.1 铜合金铸件工艺分析	9
1.1.1 任务提出	9
1.1.2 任务分析	10
1.2 必备理论知识	11
1.2.1 各种铸造方法的特点	11
1.2.2 铜合金铸造的工艺特点	13
1.3 铸造方法选择	14
1.3.1 叶轮铸件铸造方法选择	14
1.3.2 铜环铸件铸造方法选择	15
1.3.3 铜套铸件铸造方法选择	16
1.3.4 吊锤铸件铸造方法选择	18
1.3.5 管接头铸件铸造方法选择	18
1.3.6 卡环铸件铸造方法选择	20
1.4 评估与讨论	21
思考题	21
情境2 铜合金铸件石膏型铸造	22
2.1 铜合金叶轮铸造工艺分析	22
2.1.1 任务提出	22
2.1.2 铸造工艺分析	22
2.2 必备理论知识	24
2.2.1 常见石膏型造型材料	24
2.2.2 常见熔炼炉	27
2.2.3 锡青铜合金熔炼的特点	29
2.3 铜合金叶轮铸造工艺计划	31
2.3.1 石膏型造型材料选择	31
2.3.2 石膏型造型过程	31
2.3.3 铜合金熔炼及浇注	33
2.4 项目实施	39
2.5 叶轮铸件质量检验及评估	40
2.5.1 铸件质量检验	40
2.5.2 评估与讨论	42
思考题	42
情境3 铜合金铸件立式离心铸造	43
3.1 铜环离心铸造工艺分析	43
3.1.1 任务提出	43
3.1.2 铸造工艺分析	44
3.2 必备理论知识	47
3.2.1 离心铸造的原理	47
3.2.2 离心铸造合金液凝固的特点	51
3.3 铜环离心铸造工艺计划	52
3.3.1 铜合金的配料	52
3.3.2 铜合金熔炼	53
3.3.3 铸型转速的确定	54
3.3.4 铸型涂料工艺	57
3.3.5 铜合金铸件的浇注	60
3.3.6 铸件接取及后处理	62
3.4 项目实施	63
3.5 铜环铸件质量检验及评估	64
3.5.1 铸件质量检验	64
3.5.2 评估与讨论	73
思考题	74
情境4 铜合金铸件卧式离心铸造	75
4.1 铜套离心铸造工艺分析	75
4.1.1 任务提出	75
4.1.2 铸造工艺分析	75
4.2 必备理论知识	76
4.2.1 卧式离心铸造时液态合金自由表面的形状	76
4.2.2 金属液在水平铸型内的轴向运动	76
4.2.3 金属液凝固的特点	78
4.2.4 铸型衬砂工艺	80
4.2.5 卧式离心铸造机	80
4.3 铜套离心铸造工艺计划	84
4.3.1 铜套离心铸造用金属型的配料	88
4.3.2 ZCuSn6Zn6Pb3 铸造锡青铜	
4.3.3 铜套离心浇注	88
4.4 项目实施	90
4.5 铜套离心铸造质量检验及评估	93

4.5.1 铸件质量检验	93	6.3.1 铸件工艺分析	172
4.5.2 评估与讨论	93	6.3.2 压型设计分析	176
思考题	93	6.3.3 生产工艺计划	181
情境5 铜合金铸件水玻璃型壳		6.4 项目实施	185
熔模铸造	94	6.5 管接头铸件质量检验及评估	186
5.1 铜合金吊锤铸造工艺分析	94	6.5.1 铸件质量检验	186
5.1.1 任务提出	94	6.5.2 评估与讨论	186
5.1.2 熔模铸造工艺分析	95	思考题	187
5.2 必备理论知识	95	情境7 铜合金铸件复合型壳熔	
5.2.1 熔模铸造简介	95	模铸造	188
5.2.2 常见模料介绍	96	7.1 铜合金卡环铸造工艺分析	188
5.2.3 型壳造型材料介绍	104	7.1.1 任务提出	188
5.2.4 制造型壳用粘结剂	107	7.1.2 铸造工艺分析	189
5.2.5 黄铜的熔炼特点	111	7.2 必备理论知识	189
5.3 铜合金吊锤铸造工艺计划	112	7.2.1 硅酸乙酯制壳工艺	189
5.3.1 模料选择	112	7.2.2 硅酸乙酯-水玻璃复合型壳	
5.3.2 熔模制造与组装	113	制壳工艺	196
5.3.3 型壳造型材料选择	122	7.3 铜合金卡环铸造工艺计划	197
5.3.4 型壳制备	123	7.3.1 熔模铸件工艺设计	197
5.3.5 合金熔炼	128	7.3.2 铸件生产	198
5.3.6 铸件清理	130	7.4 项目实施	199
5.4 项目实施	133	7.5 卡环铸件质量检验及评估	199
5.5 吊锤铸件质量检验及评估	135	思考题	199
5.5.1 铸件质量检验	135	附录	200
5.5.2 评估与讨论	141	附录 A 材料成型与控制技术(铸造)	
思考题	142	专业职业岗位标准制订原则	
情境6 铜合金铸件硅溶胶型壳		及提纲	200
熔模铸造	143	A.1 材料成型与控制技术(铸造)	
6.1 铜合金管接头铸造工艺分析	143	专业职业岗位标准制订原则	200
6.1.1 任务提出	143	A.2 材料成型与控制技术(铸造)	
6.1.2 铸造工艺分析	143	专业职业岗位标准(提纲)	203
6.2 必备理论知识	144	附录 B 高职材料成型与控制技术(铸造)	
6.2.1 铸造工艺设计	144	专业职业岗位标准	204
6.2.2 压型设计	165	附录 C 铸造工国家职业标准	224
6.2.3 硅溶胶粘结剂及其涂料	169	参考文献	234
6.3 铜合金管接头铸造工艺计划	172		

绪 论

学习目标	能力目标	重点、难点
1. 熟悉特种铸造的概念,了解特种铸造方法的分类 2. 掌握特种铸造方法的基本特点 3. 了解本课程的性质及任务	能够根据特种铸造的概念、基本特点等理论知识,对各种铸造方法的特点进行比较	重点: 1. 铜合金的分类 2. 铜合金常用的铸造方法及特点 3. 砂型铸造与特种铸造工艺的比较 难点: 1. 砂型铸造与特种铸造工艺的比较 2. 本课程的性质及任务

1. 铜合金的分类及其应用

(1) 铜合金的分类 铜合金是以纯铜为基体加入一种或几种其他元素所构成的合金。一般铜合金的分类方法有以下三种:

1) 按合金系划分。铜合金按合金系划分,可分为非合金铜和合金铜。非合金铜包括高纯铜、韧铜、脱氧铜、无氧铜等。合金铜分为黄铜、青铜和白铜。

2) 按功能划分。铜合金按功能划分,有导电导热用铜合金、结构用铜合金、耐蚀铜合金、耐磨铜合金、易切削铜合金、弹性铜合金、阻尼铜合金、艺术铜合金等。

3) 按材料形成方法划分。铜合金按材料形成方法划分,可分为铸造铜合金和变形铜合金。事实上,许多铜合金既可以用于铸造,又可以用于变形加工。通常变形铜合金可以用于铸造,而许多铸造铜合金却不能进行锻造、挤压、深冲和拉拔等变形加工。铸造铜合金和变形铜合金又可以细分为铸造用纯铜、黄铜、青铜和白铜。

(2) 铜合金的应用 由于铜合金具有优良的导电性、耐蚀性、耐磨性、导热性、可加工性和美观的色彩,使其在电力输送、电子工业、交通工业、轻工业、建筑业和一些高科技领域获得了广泛应用,例如导电线路、集成电路、船舶螺旋桨、汽车制动摩擦片、空调热交换管以及建筑装修等领域中均有铜合金的应用。

2. 常见铸造方法

铸造是将金属熔炼成符合一定要求的液体并浇注进入铸型里,经冷却凝固、清整处理后得到有预定形状、尺寸和性能的铸件的工艺过程。铸造毛坯因已近乎成形,因此可免机械加工或只进行少量加工,降低了成本,并在一定程度上减少了制作时间。铸造是现代装置制造业的基础工艺之一。根据铸造工艺的特点及使用发展程度,一般可以将铸造方法分为砂型铸造和特种铸造两种。

(1) 砂型铸造 铸造生产中用得最普遍的方法是砂型铸造,它具有适应性广、生产准备比较简单等优点。但用此法生产的铸件,其尺寸精度和表面质量及内部质量远不能满足机械零件的要求,而且生产过程较复杂,实现机械化、自动化生产又投资巨大,在生产一些特

殊零件和特殊技术要求的铸件时, 技术经济指标较低, 因此, 砂型铸造在铸造生产中的应用受到了一定的限制。

(2) 特种铸造 除砂型铸造以外, 通过改变铸型材料、浇注方法、液态合金充填铸型的形式或铸件凝固条件等因素, 形成了多种有别于砂型铸造的其他铸造方法。铸造工作者把有别于砂型铸造工艺的其他铸造方法, 统称为特种铸造。机械制造行业中常见的特种铸造方法有:

1) 熔模铸造。它是采用可溶性模型和高性能型壳(铸型)来铸造较高尺寸精度和较低表面粗糙度值的无切削或少切削铸件的方法。

2) 金属型铸造。它是采用金属铸型提高铸件冷却速度、实现一型多铸、获得致密结晶组织的铸件的方法。

3) 压力铸造。它是通过改变液态合金的充型和结晶凝固条件, 使液态合金在高压、高速条件下充填铸型, 并在高压下成形和结晶, 从而获得精密铸件的方法。

4) 消失模铸造。它是将与铸件尺寸形状相似的发泡塑料模型粘结组合成模型族, 刷涂耐火涂层并烘干后, 埋在干石英砂中振动造型, 然后在一定条件下浇注液体金属, 使模型汽化并使金属液占据模型位置, 待金属液凝固冷却后形成所需铸件的方法。

5) 离心铸造。它是通过改变液态合金的充填铸型和凝固条件, 利用离心力的作用来铸造环、管、筒、套等特殊铸件的方法。

6) 陶瓷型铸造。它是通过改变铸型材料, 选用优质耐火材料和粘结剂, 用特殊的灌浆成形方法, 获得尺寸精确、表面光滑的型腔, 从而获得厚大精密铸件的铸造方法。

7) 低压铸造。它是介于重力铸造(指金属液在地球重力作用下注入铸型的工艺)与压力铸造之间的一种铸造方法。通过改变充型凝固条件, 将液态合金在低压低速条件下由下而上平稳地充填铸型, 在低压作用下由上而下顺序结晶凝固, 从而获得组织致密的优质铸件。

8) 真空吸铸。它是通过对结晶器(铸型)内造成负压而吸入液态合金, 并使液态合金在真空中结晶凝固而获得铸件的方法。此法改变了液态合金的充型和凝固条件, 减少了液态合金的吸气和氧化, 适于用来铸造棒、筒、套类等优质铸件。

9) 连续铸造。它是通过快冷的结晶器, 在连续浇注、凝固、冷却的条件下铸造管和铸锭的一种高效生产方法。

10) 挤压和液态冲压铸造。它是铸造与锻压加工的综合加工方法。

除以上几种主要的特种铸造方法外, 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。快速铸造可使铸件被快速生产出来, 满足科研或生产的需要。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。

(3) 特种铸造与砂型铸造工艺比较

1) 基本特点。与普通砂型铸造相比, 特种铸造的基本特点可概括为以下几点:

①铸型的材料和造型工艺与砂型铸造有本质的不同。如金属型、压铸型、连续铸造用的结晶器、石膏型、石墨型的材料都不同于砂型的材料。而熔模型壳和陶瓷型的材料中虽有颗粒状的耐火材料, 但不是砂型所用的一般天然硅砂, 而是经人们特殊处理和加工后的颗粒耐

火材料, 并且其制型方法和制型原理与砂型也截然不同。

铸型条件的不同, 使铸件的成形条件也发生了质的变化, 因而特种铸造方法所制铸件派生出许多特有的特点。如熔模铸件、陶瓷型铸件、石膏型铸件、金属型铸件、压铸件, 表现出比砂型铸件更高的尺寸精度、表面轮廓和花纹清晰度, 以及更低的表面粗糙度。

②金属液充型和凝固冷却条件与砂型铸造有本质的不同。如熔模型壳的高温浇注、压力铸造时金属液在高压作用下的充型、离心铸造时金属在旋转铸型中的充填、挤压铸造时金属液在铸型合拢过程中的挤压充型等这些特殊的金属液充型情况都会对金属液随后的成形过程和铸件形状的特征产生显著的影响。如离心铸造特别适用于筒、套、管类铸件的成形; 压力铸造和挤压铸造特别适用于薄壁铸件的生产; 连续铸造的铸件一般都是断面不变、长度很大。

金属铸型中金属液凝固速度比砂型中更快的特点, 离心铸件在离心力的作用下的凝固特点, 压力铸造、低压铸造、差压铸造时金属在压力作用下的凝固特点等, 都可使铸件内部组织的致密度和相应的力学性能得到很大的提高, 而挤压铸件、离心铸管的力学性能甚至可以与锻件相媲美。

以上两方面为特种铸造的基本特点。对于每一种特种铸造方法, 它可能只具有某一方面的特点, 也可能同时具有两方面的特点。如压力铸造、采用金属型或熔模型壳的低压铸造、采用石膏型的差压铸造、离心铸造等均具有两方面的特点; 而陶瓷型精密铸造、消失模铸造等只是改变了铸型的制造工艺或材料, 金属液充填过程仍是在重力作用下完成的。

2) 特种铸造的优缺点。与砂型铸造相比, 特种铸造工艺的优点可归纳为以下几方面:

①铸件的尺寸精度较高, 表面粗糙度值较低。如压铸件的公差可达 CT3 ~ CT6 级, 表面粗糙度值一般为 $R_a 0.2 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。

②铸件的力学性能和内部质量普遍提高。如铝硅合金的金属型铸件, 抗拉强度可提高 20%, 断后伸长率可增大 25%, 冲击韧度可增加一倍。

③可生产一些技术要求高且难以加工制造的合金零件; 对生产一些结构特殊的铸件, 具有较好的技术经济效果。

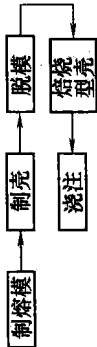
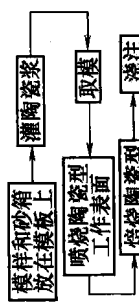
④使铸造生产达到不用砂或少用砂的目的, 降低了材料消耗, 改善了劳动条件, 使生产过程易实现机械化、自动化。

当然, 特种铸造也有本身的缺点, 如有些铸造方法的适用情况有一定的局限性, 像金属型铸造、压力铸造、挤压铸造、低压铸造、石膏型铸造较适于低熔点非铁合金铸件的生产。

多数特种铸造方法的实现需要有一定的专用设备, 如压铸机、离心铸造机、连续铸造机、低压铸造机等; 有的需用专门的工艺装备, 如金属型、压铸型、结晶器等。新铸件投产前的初期投入较大, 生产前准备周期长, 工艺调试麻烦, 所以特种铸造方法较多地用于大量和批量生产。

3) 特种铸造工艺比较。表 0-1 中列出了几种主要特种铸造方法的工艺过程特点及其适于生产的铸件范围等, 供参考。

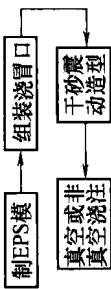
表 0-1 各种特种铸造工艺过程特点及其适用范围

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							收得率 (%)	毛坯利用率 (%)	生产准备
			铸件常用合金	质量范围	最小壁厚 /mm	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差	形状特征	批量			
熔模铸造	 1. 熔去模样, 得到型腔 2. 型腔表面由粉状耐火材料和耐高温粘结剂形成 3. 热型浇注	复杂	各种铸造合金	数克至数百千克	最小壁厚约 0.5, 最小孔径 0.5	0.63 ~ 12.5	CT4 ~ CT7	复杂铸件	小批, 中批, 大批	30 ~ 60	90	复杂
陶瓷型铸造	 铸型表面由粉状耐火材料和高温粘结剂形成	较复杂	模具钢、碳素钢、合金钢	数百克至数吨	2	3.2 ~ 12.5	CT5 ~ CT7	中等复杂铸件	单件, 小批	40 ~ 60	90	较复杂
金属型铸造	采用金属型, 重力浇注, 铸型的冷却作用大, 无退让性, 无透气性	简单	钢铁、铝、镁、铜合金	数十克至数百千克	铝、硅 2, 铝、镁 3, 铸铁 2.5	3.2 ~ 12.5	CT6 ~ CT9	中等复杂铸件	中批, 大批, 大量	40 ~ 60	70	较复杂
石膏型铸造	工艺过程同陶瓷型铸造, 不同的是型内灌石膏浆	较复杂	铝合金、镁合金、铜合金、金、银	数克至数十克	0.5	0.8 ~ 12.5	CT4 ~ CT7	复杂铸件	单件, 小批	30 ~ 60	90	复杂或较复杂

(续)

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							收得率 (%)	毛坯利用率 (%)	生产准备
			铸件常用合金	质量范围	最小壁厚 /mm	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差	形状特征	批量			
压力铸造	金属液在高压作用下,以高的线速度充填铸型,在压力下凝固	简单	锡合金、铝合金、镁合金、黄铜	数克至十 几千克	最小壁厚 0.3,最小孔 径 0.7,最 小螺 距 0.75	1.6~6.3	CT4~ CT8	复杂 铸件	大批	60~90	90	复杂
离心铸造	金属浇注在旋转铸型中,并在旋转情况下凝固成形	一般	铸钢、铸铁、铝合金、铜合金等	数克至数十 吨	根据铸型 变化最小孔 径 8	根据铸型 变化	根据 铸型变化	特别适用于管形铸件,也可铸中等复杂铸件	小批,大批,中批	套筒、管形铸件 75~95,成形铸件根据铸型变化	套筒、管形铸件 70~100,成形铸件根据铸型变化	复杂或中等复杂
低压铸造	金属液在较低压力作用下由下向上地充填铸型,并在压力作用下凝固成形	简单 一般	钢铁、铝、镁、铜合金	小、中、大件	根据铸型 变化	根据铸型 变化	根据 铸型变化	特别适用于管形铸件,也可铸中等复杂铸件	小批,大批,中批	60~80	70~80	中等复杂

(续)

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							毛坯利用率 (%)	生产准备
			铸件常用合金	质量范围	最小壁厚/mm	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差	形状特征	批量		
连续铸造	金属液连续地进入水冷金属型(结晶器)的一端,从铸型另一端连续地取出铸件	简单	钢铁、铝、镁、铜、镍合金	—	3~5	—	—	外形简单、截面相同的长铸件	大批,大量	94~97 90~100	复杂
消失模铸造		简单一般	铝合金、铜合金、铁、铜	数十克至数吨	铝合金 2~3, 铸铁 4~5, 铸钢 5~6	3.2~6.3	CT6~CT9	各种形状铸件	单批, 小批, 大批	40~75 70~80	较复杂
挤压铸造	把金属液倒入开启的铸型中,两半型合拢时使金属液挤压充填型腔,凝固成形	一般	钢铁、铝、铜、锌、镁合金	几十克至30多千克	2	6.3~12.5	CT5	外形简单的铸件	中批, 大批	80~90 70~80	复杂
真空吸铸	在型腔内建立真空,把金属液由下而上地吸入型内,并在真空或加压情况下凝固成形	简单一般	铜、铝、其他合金	—	成形零件根据铸件变化	成形零件根据铸件变化	成形零件根据铸件变化	圆管、圆形、圆柱形,直径小于120mm的铸件	小批, 大批, 大量	柱形铸件 70~80, 成形铸件根据铸件根据铸件变化	复杂或中等复杂

3. 铜合金铸件铸造方法

能够进行铜合金铸件生产的铸造方法有砂型铸造、熔模铸造、离心铸造、石膏型铸造、真空吸铸、连续铸造、压力铸造等,但由于砂型铸造作为一种最基础、最重要的铸造方法,已专门进行了系统的学习,因此本书只针对实际生产中应用较广泛的石膏型铸造、离心铸造、熔模铸造三种铸造方法进行重点学习。

(1) 石膏型铸造 石膏型铸造是采用石膏为材料来制造铸型,并使金属在此铸型内成形的铸造方法。石膏型的制造过程是,将石膏浆灌注入带有模板的型框内,待石膏浆固化后取出模样,将石膏型干燥、焙烧,从而制得铸型。

石膏型铸造从20世纪初期开始使用,最初用于金属假牙的铸造,20世纪20年代开始用于首饰的加工,1940年开始生产工业制品。目前该铸造方法较多地应用于塑料产品制模、首饰、汽车、电器、通信及制造业的零件生产,如叶轮、波导管等。

(2) 离心铸造 离心铸造是将液态金属浇注入旋转铸型中,使液态金属在离心力的作用下充填铸型并凝固成形的一种工艺方法。离心铸造第一个专利由英国人爱尔恰尔特于1809年获得,人们最初主要把离心铸造方法应用于生产无缝钢管、铁管。我国在20世纪30年代也开始用这种方法生产铁管。现在离心铸造已经广泛应用于套、管、筒类等铜合金铸件。

(3) 熔模铸造 熔模铸造通常是在可熔模样的表面覆盖多层耐火材料,待其干燥硬化后,加热将其中模样熔去,从而获得具有与模样形状相应空腔的型壳,再经过焙烧,然后在型壳温度很高的情况下进行浇注,从而获得铸件的一种方法。早在3000年前熔模铸造方法就已经获得了应用,我国已出土的铸件有2500年前的熔模铸造青铜器尊和盘。现代熔模铸造是在金属义齿铸造基础上,于20世纪40年代的第二次世界大战期间发展起来的。随着工业的发展,其应用范围在不断扩大。目前除了航空和兵器工业外,在机械制造、电子、石油、化工、核能、交通运输、纺织、医疗器械、泵、阀等制造业领域也得到了广泛应用。在艺术品制造领域,熔模铸造应用也非常广泛。

4. 本课程的性质和任务

本课程是材料成型与控制技术专业(铸造方向)综合学习领域五门专业核心课程之一,是在“工学结合”人才培养模式下,以培养学生综合职业能力为目标,并基于工作过程系统化的理论实践一体化课程,具有很强的专业性、综合性。该课程是在一般学习领域课程结束,学生具有一定行业通用能力,具备一定的机械制造、应用软件绘图、金属材料与热处理等基础知识之后,培养专业特定能力的课程,为学生的后续综合实践和上岗实习奠定良好的基础。

本课程针对铜合金铸造生产中应用较为广泛的石膏型铸造、离心铸造、熔模铸造作为重点内容进行叙述。它的任务是使学生以砂型铸造铸件成形的规律为基础,继续对石膏型铸造、离心铸造、熔模铸造等铸造方法的实质、工作原理、工艺特点、生产工艺及设备、合金熔炼及浇注等专业知识进行系统学习。

学完本课程后,通过六个典型铜合金铸件的生产实训,在初步掌握石膏型铸造、离心铸造、熔模铸造操作技能的基础上,应掌握每一种铸造方法的实质,了解每种铜合金铸造工艺的全过程和每一工序的作用,充分理解促使每种铸造方法起决定性作用的工艺因素,学会从铜合金铸造方法起决定性作用的工艺因素出发,分析和理解铸件的成形特点,正确地为各种

类型的铜合金铸件选择合理的铸造方法，制订出相应的工艺方案，并对铸件成形过程中出现的问题进行研究，提出合理的解决途径。同时培养学生具备从事铜合金铸件生产岗位（群）所必需的职业综合能力，并具有良好的职业道德、责任意识、竞争意识、创新意识、团队协作和敬业精神等职业素质。

思考题

1. 常用的特种铸造方法有哪些？
2. 特种铸造的基本特点是什么？对铸件生产有哪些影响？
3. 特种铸造能否取代普通砂型铸造？为什么？
4. 铜合金铸件常用的特种铸造方法有哪些？其特点是什么？

情境 1 铜合金铸件铸造方法选择

学习目标	能力目标	重点、难点
1. 石膏型铸造的特点及其应用范围 2. 离心铸造的特点及其应用范围 3. 熔模铸造的特点及其应用范围 4. 常见工件铸造工艺特点分析 5. 常见工件铸造工艺选择	能够对已知铸件进行分析,并根据分析结果选择铸造生产方法	重点: 1. 石膏型铸造的特点及其应用范围 2. 离心铸造的特点及其应用范围 3. 熔模铸造的特点及其应用范围 4. 常见工件铸造工艺的选择方法 难点: 常见工件铸造工艺的选择方法

1.1 铜合金铸件工艺分析

1.1.1 任务提出

如图 1-1 ~ 图 1-6 所示分别是铜合金叶轮、铜环、铜套、吊锤、管接头和卡环模型图,这六种铸件均为十分常见的具有代表性的铸件,其生产技术要求(材料、轮廓尺寸、表面精度和生产批量)见表 1-1。

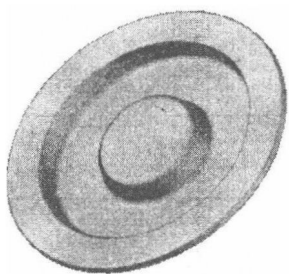


图 1-1 铜合金叶轮模型图

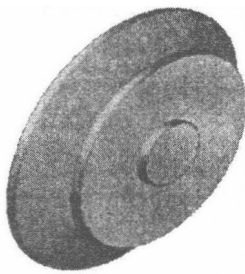


图 1-2 铜环模型图

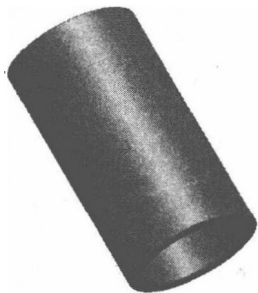


图 1-3 铜套模型图

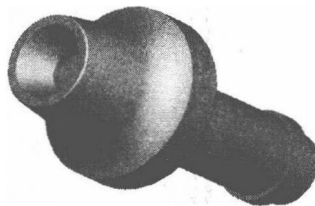


图 1-4 吊锤模型图

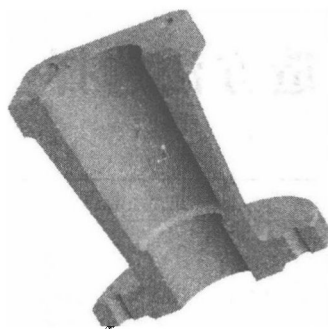


图 1-5 管接头模型对称

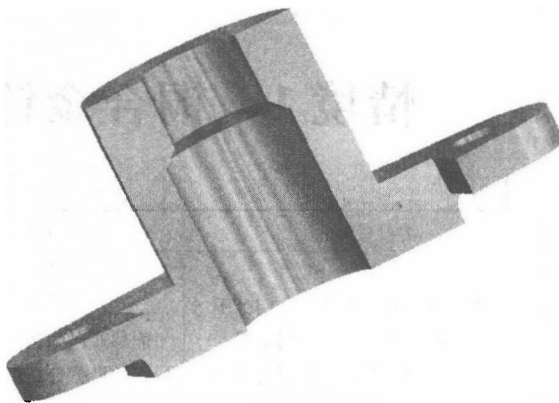


图 1-6 卡环模型图

表 1-1 铜合金铸件生产技术要求

	叶 轮	铜 环	铜 套	吊 锤	管接头	卡 环
材料	ZCuSn10Zn2	ZCuSn6Zn6Pb3	ZCuSn6Zn6Pb3	ZCuZn38	ZCuZn40Mn2	ZCuZn16Si4
轮廓 尺寸	$\phi 160\text{mm} \times 30\text{mm}$	外径 360mm 内孔 200mm 厚度 20mm	外径 400mm 内孔 320mm 长度 750mm	$160\text{mm} \times \phi 80\text{mm}$	$\phi 150\text{mm} \times 156\text{mm}$	$120\text{mm} \times 55\text{mm}$
表面 精度	表面粗糙度要求较高;尺寸精度要求一般	精度较高,要求产品少切削或无切削即可使用	外表面粗糙度值较高,内表面不高	主要工作面表面粗糙度值为 $R_a 3.2\mu\text{m}$	铸件全部尺寸均为标准公差 IT4 ~ IT6 级	全部尺寸均为标准公差,表面粗糙度值最高为 $R_a 0.8\mu\text{m}$,垂直度 0.01mm
生产 批量	单件/小批量	大批量	大批量	大批量	大批量	大批量

本情境要求对不同的铸件选择合适的生产工艺,因此,在进行项目实施前,必须首先了解不同铸造方法的特点、铜合金的熔炼特点以及铜合金铸件铸造方法的选择依据。

1.1.2 任务分析

根据石膏型铸造、离心铸造、熔模铸造的工艺特点进行总结分析,归纳出三种铸造方法选择的依据如下:

1) 对于石膏型铸造,可以生产结构复杂、尺寸较大、精度要求高的铸件。石膏型本身散热效果差,在铸造时冷却速度慢,因此可以用于生产薄壁复杂件。但石膏型铸造进行大批量生产时,效率低。

2) 对于离心铸造,由于其采用离心力来形成内腔,因此在铸件结构上所受影响较大,只能生产中空回转件。铸造时有离心力的作用,因此铸模型腔复制性好,组织致密。另外由于离心铸造初期投资大,所以不适于小批量生产;而在铸造过程中生产效率高,适于大批量

生产。它不需要浇注系统,因此合金液利用率高。大批量生产筒、套、复合金属套等回转类零件时适于优先采用离心铸造,可以提高生产效率,降低成本。

3) 对于熔模铸造,可以一次成型形状不是很大、结构复杂的铸件,同时适于高精度要求铸件的生产。但是由于在进行熔模铸造生产前需要购置完整的熔模铸造生产系统,因此,对于小批量铸件生产,其初期投资较高,经济效益差。同时由于其生产工序复杂,影响因素多,因此对于生产精度要求不高的铸件最好采用其他铸造方式,否则生产成本过高。由于铸件冷却速度慢,力学性能降低,因此不适于力学性能要求高的铸件生产。

1.2 必备理论知识

1.2.1 各种铸造方法的特点

1. 石膏型铸造

(1) 石膏型铸造的特点

1) 石膏浆料的流动性很好,又在真空下灌注成形,其充型性优良,复模性优异,模型精确、光洁。该工艺不像一般熔模精密铸造受到涂挂工艺的限制,可灌注大型复杂铸件用型。

2) 石膏型透气性极差,铸件易形成气孔、浇不到等缺陷,应注意合理设置浇注及排气系统。

3) 石膏型的热导率很低,充型时合金液流动保持时间长,适宜生产薄壁复杂件。但铸型激冷作用差,当铸件壁厚差异大时,厚大处容易出现缩孔、缩松等缺陷。

(2) 应用范围 石膏型精密铸造适于生产尺寸精确、表面光洁的精密铸件,特别适宜生产大型复杂薄壁铝合金铸件,也可用于锌、铜、金、银等合金铸件的生产。铸件最大尺寸达1000mm×2000mm,质量0.03~908kg,壁厚0.8~1.5mm(局部0.5mm)。石膏型精密铸造已被广泛应用于航空、航天、兵器、电子、船舶、仪器、计算机等行业的零件制造上。

(3) 生产条件

1) 原材料价格较低,只需要常见的 α 石膏及纯度较高、粒度较细的硅石粉料。

2) 生产条件要求较为简单,只需要必备砂箱、模样、台秤、搅拌工具、熔炼设备以及后处理设备。

3) 与离心铸造和熔模铸造相比,初期投资较少,设备要求较为简陋。

2. 离心铸造

(1) 离心铸造的特点 和其他铸造工艺方法相比,利用旋转产生离心力的离心铸造有其独特的优点,主要包括以下几部分:

1) 不用砂芯即可铸出中空筒形和环形铸件及不同直径和长度的铸管,生产效率高,生产成本低。

2) 有些铸件不需任何浇冒口,提高了金属液的利用率。以离心球墨铸铁管为例,1t铸管仅消耗1040kg铁液,即出品率超过了96%(包括废品的损失在内)。

3) 金属液在离心力作用下凝固,组织细密。较轻的渣、氧化物等夹杂在离心力作用下将浮出金属液本体,留在内表面,可用机械加工方法除掉,从而能确保发动机缸套等铸件的

高性能要求。

4) 调整金属型的冷却速度, 在确定的铸件壁厚范围内, 能获得从外壁到内壁定向凝固的组织。

5) 可浇注不同金属的双金属铸件, 例如轧辊、面粉磨辊等, 使零件外硬内韧, 具有更好的使用性能。图 1-7 所示为使用离心铸造方法在零件上再敷一层材料, 从而获得的双金属铸件。

除了上述优点外, 离心铸造也具有工艺本身无法克服的局限性, 主要包括以下几方面:

1) 真正的离心铸造工艺仅适用于中空的轴对称铸件, 而这类铸件的品种并不是很多。

2) 离心铸造要使用复杂的离心铸造机, 一般其价格比较昂贵, 故离心铸造车间的投资要比其他铸造方法大。

3) 由于离心力的作用, 容易使某些金属液在凝固过程中产生密度偏析。如球墨铸铁管离心铸造在浇注时, 若碳当量过高就会造成石墨向内偏析。

4) 靠离心力形成的内表面比较粗糙, 往往不能直接应用。

(2) 应用范围 从上述离心铸造的优点及局限性可以看出, 离心铸造适用于特定的、大批量生产的铸件。

目前在我国离心铸造已成为一种应用较广泛的铸造方法, 特别在生产一些管、筒类铸件如铸铁管、铜套、缸套、双金属钢背铜套等方面, 离心铸造是一种主要的方法。此外, 在耐热钢辊道、一些特殊的无缝钢管的毛坯、造纸机干燥滚筒的生产等方面, 离心铸造法很有成效。几乎一切铸造合金都可用离心铸造法生产铸件, 离心铸件的最小内径为 8mm, 最大外径可达 3m, 铸件最大长度达 8m, 铸件的重量范围可从零点几千克至十多吨。

(3) 生产条件 生产条件相对于石膏型来说相对复杂, 主要表现为离心铸造机结构复杂, 相对于石膏型造型设备成本高, 因此需要的初期投资比石膏型要高, 同时还需要相应的离心铸造金属型铸型。

3. 熔模铸造

(1) 熔模铸造的特点

1) 铸件尺寸精度高, 一般其公差等级可达 CT4 ~ CT7。表面粗糙度值最小可达 $R_a 0.63 \sim 1.25 \mu\text{m}$, 故可使铸件达到少切削甚至无余量的要求。这是由于采用了精确的熔模制得了无分型面整体型壳的结果。由于熔模铸造的这个优点, 铸件可以减少甚至不经机械加工即可作为产品, 这对提高金属利用率、减少加工工时具有经济意义。

2) 可以铸造各种合金铸件。熔模铸造可用来制造碳钢、合金钢、球墨铸铁、铜合金、铝合金、镁合金、钛合金、高温合金、贵重金属的铸件。一些难以锻造、焊接或切削加工的精密铸件采用熔模铸造法生产具有很高的经济效益。

3) 可以铸造形状复杂的铸件。铸件上铸出孔的最小直径可达 0.5mm, 铸件的最小壁厚为 0.3mm, 最小铸件重量可达 1g, 最重的熔模铸件有达 80kg 以上的记录。在生产中还可将一些原来由几个零件组合而成的部件设计成整体零件, 而直接由熔模铸造铸出, 既可缩小零

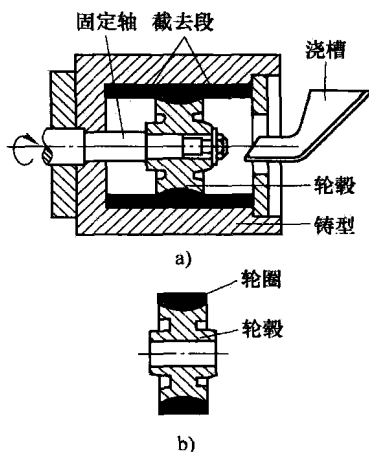


图 1-7 离心铸造双金属铸件

a) 铸型 b) 双金属铸件