



航空制造工程手册

《航空制造工程手册》总编委会 主编

· 特种铸造 ·

航空工业出版社

航空制造工程手册

特种铸造

《航空制造工程手册》编辑委员会 主编

航空工业出版社

1994

(京)新登字 161 号

内 容 提 要

《特种铸造》是《航空制造工程手册》的一个分册。本分册总结了航空工业 40 年来特种铸造生产经验和科研成果,概括介绍了国外特种铸造新技术的发展。

全书共 15 章,内容包括铸件结构设计,各种特种铸造方法(熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、石膏型铸造、壳型铸造、低压铸造和其他特种铸造方法)以及钛合金铸造,铝、镁合金砂型铸造,熔炼浇注,铸件热处理,铸件的清理、修补、精整和质量检验等。在附录中,选录了中外铸造合金牌号和标准的对照、常用国际单位及其换算系数、常用铸造标准、铸造合金原材料标准、常用铸造工艺材料标准等。

本书可供航空、航天、兵器、舰船、机械制造、冶金、化工、石油等工业部门从事铸造专业的工程技术人员和设计人员使用,亦可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空制造工程手册:特种铸造/《航空制造工程手册》总编委会主编;陈德厚分主编. —北京:航空工业出版社,1994. 12
ISBN 7-80046-830-5

I. 特… I. 陈… III. ①航空工程-制造-工艺-手册②
航空器-铸造,特种 IV. V26-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 12043 号

责任编辑 焦明山

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

北京地质印刷厂印刷 全国各地新华书店经售
1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:69.5 字数:1815 千字
印数:1—2000 定价:118.00 元

序

我国航空工业已走过了四十余年的历程,从飞机的修理、仿制到自行研制,航空制造工程得到很大的发展。在航空高科技产业的大系统中,航空制造工程是重要的组成部分之一。航空工业,就其行业性来讲,属于制造业范畴。航空制造工程的技术状况,是衡量一个国家科学技术发展综合水平的重要标志。航空制造工程的发展水平,对飞机的可靠性和使用寿命的提高、综合技术性能的改善、研制和生产成本的降低、甚至总体设计思想能否得到具体实现等均起着决定性作用。

航空制造工程已成为市场竞争的重要基础,要发展航空工业、并有效地占领市场,不仅要不断地更新设计,开发新产品,更重要的是要具备一个现代化的航空制造工程系统。在发达国家中,均优先发展航空制造工程,很多新工艺、新材料、新设备、新技术都是在航空制造工程中领先使用的,因此必须从战略高度予以重视,并采取实际而有效的措施加速它的发展。编写《航空制造工程手册》,就是为实现航空制造工程现代化的战略目标,在制造工程领域进行的基础性工作。

四十年来,我国航空工业积累了大量经验,取得了丰硕的成果,特别是改革开放以来,开扩了视野并有可能汲取更多的新科技信息。但是如何将这些容量浩繁、层次复杂、学科众多的科学技术和经验汇集起来,使之成为我国航空工业、乃至国家的珍贵财富,是一项具有重大实用价值和长远意义的任务,为此航空航天部决定组织全行业的力量,统一计划、统一部署完成这项极其复杂的规模巨大的系统工程。大家本着继往开来的历史责任感和紧迫感,从1989年开始组织航空工业全行业制造工程方面造诣至深的专家、教授、学者,经过几年的努力陆续编写出版了这套基本覆盖航空制造工程各专业各学科的包括三十二个分册、几千万字的《航空制造

工程手册》。

编好这套手册是一项十分艰巨的工作。大家始终坚持求实、求新、求精、求是的原则,在确保鲜明航空特色的前提下,在总体内容上强调实用性、综合性、成套性;在表达形式上,以技术数据、图形表格、曲线公式为主;阐述扼要,结论严谨,力求使手册成为一部概念准确、数据可靠、文字简洁、编排合理、查阅方便,能为广大从事航空制造工程的科技人员提供有益指导和参考的工具书。

首次组织编纂大型手册,缺乏经验,还由于过去资料积累基础比较薄弱,新技术发展迅速和深度广度不断增加,使这项工作带有相当程度的探索性,因之错误与不足之处实为难免,恳切希望广大读者给予指正。对在这套手册编写过程中给予支持的单位和付出辛勤劳动,提供资料,参与编写,评审,出版的同志们表示衷心感谢。由于我国航空制造工程与世界水平尚存在较大差距,这套手册出版之后,还有不断求新、完善的必要,《航空制造工程手册》总编委会及其办公室是常设机构,将努力收集新的科技信息及这套工具书使用的情况和意见,为今后的修订提供依据,以求进一步完善和提高。

何文治

1992年8月28日

《航空制造工程手册》

各分册名称

- | | |
|-------------|---------------|
| 《通用基础》 | 《非金属结构件工艺》 |
| 《热处理》 | 《飞机结构工艺性指南》 |
| 《特种加工》 | 《发动机机械加工》 |
| 《表面处理》 | 《发动机装配与试车》 |
| 《焊接》 | 《发动机叶片工艺》 |
| 《特种铸造》 | 《燃油泵与调节器装配试验》 |
| 《金属材料切削加工》 | 《弹性元件工艺》 |
| 《齿轮工艺》 | 《电连接器工艺》 |
| 《工艺检测》 | 《机载设备精密加工》 |
| 《计算机辅助制造工程》 | 《光学元件工艺》 |
| 《飞机钣金工艺》 | 《框架壳体工艺》 |
| 《飞机机械加工》 | 《武器系统装配》 |
| 《飞机装配》 | 《电机电器工艺》 |
| 《飞机工艺装备》 | 《救生装备工艺》 |
| 《飞机模线样板》 | 《电子设备装配》 |
| 《金属结构件胶接》 | 《机载设备环境试验》 |

《航空制造工程手册》

总编委会、顾问及办公室组成名单

总编委员会主任 何文治

总编委会副主任(按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	王敬堂	方裕成	刘多朴
朱伯贤	任家耕	李成功	李哲浩	李章由
吴复兴	易志斌	郑作棣	杨彭基	张 彤
张士元	张钟林	周家骐	周砥中	周晓青
金德琨	姚克佩	顾元杰	徐秉铨	徐培麟
郭景山	程宝渠	屠德彰		

总编委会常务副主任 马业广

总编委会顾问(按姓氏笔划排列)

马世英	于 欣	于志耕	于剑辉	王英儒
冯 旭	杨 墉	杨光中	陆颂善	枉云汉
罗时大	荣 科	邴少安	董德馨	程华明
廖宗懋	颜鸣皋	戴世然		

总编委会委员(按姓氏笔划排列)

马业广	王广生	王云机	王国成	王喜力
王敬堂	方学龄	方裕成	刘多朴	刘树桓
刘盛东	刘瑞新	关 桥	朱伯贤	孙国壁
任家耕	严世能	何文治	何恽晋	李成功
李秋娥	李哲浩	李章由	李德澄	杜昌年
沈昌治	陈于乐	陈 进	陈积懋	陈德厚
余承业	杨彭基	吴志恩	吴复兴	张 彤
张 夏	张士元	张幼楨	张灵雨	张纯正
张钟林	张增模	周家骐	周砥中	周晓青

易志斌	郑作棣	林更元	林泽宽	林敦仪
金慧根	金德琨	国 岩	赵仲英	胡四新
胡建国	姜淑芳	姚永义	姚克佩	郝命麒
顾元杰	郭景山	晏海瑞	唐荣锡	唐瑞润
徐秉铨	徐培麟	常荣福	戚道纬	崔连信
屠德彰	程宝渠	熊敦礼	戴 鼎	

总编委会常委(按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	何恂晋	李成功	李哲浩
吴复兴	郑作棣	周家骐	戚道纬	崔连信
屠德彰	戴 鼎			

总编委会办公室主任

戚道纬

总编委会办公室副主任(按姓氏笔划排列)

刘树桓 姜淑芳 崔连信

总编委会办公室成员(按姓氏笔划排列)

丁立铭	王偌鹏	刘树桓	刘瑞麟	邵 箭
陈 刚	陈振荣	宋占意	张士霖	林 森
段文斌	贺开运	姜淑芳	莫龙生	徐晓风
戚道纬	崔正山	崔连信		

《特种铸造》分编委会组成名单

主 编 陈德厚

副主编(按姓氏笔划排列)

马世魁 王义虎 贺开运 唐志忠 曾纪德
蒋增荣

委员(按姓氏笔划排列)

马世魁 王义虎 冯东侯 朱之栗 曲卫涛
肖自强 陈德厚 周彦邦 贺开运 赵志远
唐志忠 崔正山 曾凡昌 曾纪德 蒋增荣
黎 典

《特种铸造》其他编写和统稿人员名单

编写人员(按姓氏笔划排列)

于家茂 邓永安 刘万屏 陈荣章 何继绥
张鑫华 罗甘澍 夏明仁 徐克礼 徐建中
屠晓林 程家宁

统稿人员

唐志忠 王义虎 曾纪德 蒋增荣 陈德厚

《特种铸造》提供资料人员名单
(按姓氏笔划排列)

王旭中	王连生	王益志	韦统班	乐书华
曲仕茹	朱正群	刘明俊	李吉孚	陈家芝
苏志军	吴孟怀	陆树荪	周立军	周伯义
林猛华	武斌杰	宗 涛	胡小宝	郝启民
顾有声	徐恩宏	曹 东	常全忠	龚磊清
虞湘初	薛学沛			

符 号 说 明

符 号	名 称	单 位
m	质量	kg
ρ	密度	kg/m ³ 或 g/cm ³
F	力	N
p	压力, 压强	Pa
μ, f	摩擦系数	
η, μ	[动力]粘度	Pa · s
ν	运动粘度	m ² /s
γ, σ	表面张力	N/m 或 J/m ²
W, A	功	J
E, W	能[量]	J
Q	热[量]	J
P	功率	W
T, Θ	热力学温度	K
t, θ	摄氏温度	°C
α_i	线[膨]胀系数	K ⁻¹ 或°C ⁻¹
C	热容	J/K
c	比热容	J/(kg · K)
λ, k	热导率(导热系数)	W/(m · K)
h, a	传热系数	W/(m ² · K)
HB	布氏硬度	
HRA, HRB, HRC	洛氏硬度	
HV	维氏硬度	
σ_b	拉伸强度(抗拉强度)	MPa
σ_{-b}	压缩强度(抗压强度)	MPa
σ_w	弯曲强度(抗弯强度)	MPa
$\sigma_{0.1}, \sigma_{0.2}$	条件屈服强度	MPa
$\delta, \delta_5, \delta_{10}$	延伸率(伸长率)	%
ψ	断面收缩率	%
a_k	冲击韧性	kJ/m ²
$\sigma_{e/t}^{\phi} (\sigma_{0.2/100}^{700} \dots)$	蠕变强度极限	MPa
$\sigma_i^{\phi} (\sigma_{100}^{700} \dots)$	持久强度极限	MPa
σ_{-1}	疲劳强度极限	MPa

目 录

符号说明

第 1 章 铸件结构设计

1.1 概述	1
1.2 铸件结构设计原则	1
1.3 铸件结构要素	2
1.3.1 铸件壁厚	2
1.3.1.1 砂型铸件壁厚	2
1.3.1.2 熔模铸件壁厚	4
1.3.1.3 金属型铸件壁厚	4
1.3.1.4 压铸件壁厚	4
1.3.1.5 壳型铸件壁厚	5
1.3.2 壁的连接	5
1.3.2.1 壁的过渡形式和尺寸	5
1.3.2.2 壁的连接形式和尺寸	7
1.3.3 铸造圆角	12
1.3.4 铸造斜度	13
1.3.4.1 铸造斜度的种类	13
1.3.4.2 铸造斜度的选择	13
1.3.4.3 铸造斜度计算表	14
1.3.5 铸造筋	17
1.3.5.1 铸造筋的作用	17
1.3.5.2 铸造筋的设计	17
1.3.5.3 铸造筋的分布与尺寸的关系	18
1.3.5.4 压铸件铸造筋的尺寸	20
1.3.6 铸孔和铸槽	20
1.3.6.1 砂型铸件的铸孔	20
1.3.6.2 熔模铸件的铸孔和铸槽	21
1.3.6.3 压铸件的铸孔和铸槽	21
1.3.6.4 金属型铸件的铸孔	22
1.3.6.5 壳型铸件的铸孔	22
1.3.7 压铸齿轮和压铸螺纹	22
1.3.8 铸造的凸台与凸边	23
1.3.8.1 砂型铸件的凸台与凸边	23
1.3.8.2 熔模铸件的凸台与凸边	23

1.3.8.3 金属型铸件的凸台与凸边	24
1.3.8.4 压铸件的凸台	24
1.3.9 铸文字与铸图案	24
1.3.10 镶嵌件	24
1.4 铸件的尺寸精度与表面粗糙度	25
1.4.1 铸件的尺寸精度	25
1.4.1.1 影响铸件尺寸精度的因素	25
1.4.1.2 铸件尺寸精度的确定	26
1.4.2 铸件的表面粗糙度	26
1.5 国外航空铸件结构设计	26
1.5.1 结构要素	26
1.5.1.1 内圆角半径	28
1.5.1.2 壁和筋	28
1.5.2 铸造斜度和分型面	28
1.5.3 凸台和凸座	28
1.5.4 凸缘	28
1.5.5 型芯	29
1.5.6 精度	29
1.5.6.1 长度和宽度	29
1.5.6.2 腹板和壁的厚度	29
1.5.6.3 型面	30
1.5.6.4 错箱和飞边	30
1.5.6.5 平直度	30
1.5.7 表面粗糙度	30
1.5.8 工艺筋	30
1.5.9 装夹平面	30
1.5.10 铆接边距	31

第 2 章 熔模铸造

2.1 概述	32
2.1.1 熔模铸造的特点	32
2.1.2 熔模铸造的应用实例	32
2.2 熔模铸件铸造工艺设计	36
2.2.1 铸件在铸型中的位置设计	36
2.2.2 铸件工艺性设计	39

2.2.2.1 铸孔	39	2.3.6.2 校正模设计要点	110
2.2.2.2 加工余量	40	2.3.6.3 校正模实例	110
2.2.2.3 工艺筋	41	2.4 熔模制造	111
2.2.2.4 工艺孔	42	2.4.1 熔模材料	111
2.2.2.5 工艺凸台	43	2.4.1.1 熔模材料的要求	111
2.2.2.6 基准面的选择	44	2.4.1.2 熔模用原材料及模料种类	113
2.2.3 浇注系统的设计	45	2.4.2 模料成分及性能	114
2.2.3.1 浇注系统的分类	45	2.4.2.1 蜡基及松香基模料	114
2.2.3.2 浇注系统的工艺要求及应用实例	47	2.4.2.2 塑料模及填充模料	115
2.2.3.3 浇注系统各单元的尺寸设计	52	2.4.2.3 可溶性模料	115
2.2.4 补缩系统的设计	57	2.4.2.4 萘基模料	116
2.2.4.1 冒口	57	2.4.2.5 WM 系列模料	117
2.2.4.2 工艺补贴	58	2.4.3 模料的回收	117
2.2.4.3 冷铁	58	2.4.3.1 石蜡硬脂酸模料的回收处理	117
2.2.5 工艺图及铸件图的绘制	59	2.4.3.2 松香基模料的回收处理	118
2.3 压型设计与制造	61	2.4.4 制模	118
2.3.1 压型分类及组成	61	2.4.4.1 分型剂	118
2.3.1.1 压型分类	61	2.4.4.2 冷蜡块	119
2.3.1.2 压型组成	61	2.4.4.3 校正模	119
2.3.2 压型设计	62	2.4.4.4 制模工艺	120
2.3.2.1 压型结构类型	62	2.4.5 空心叶片熔模的制造	120
2.3.2.2 压型分型面选择	65	2.4.5.1 空心叶片熔模制造的工艺流程	120
2.3.2.3 型体设计	66	2.4.5.2 型芯准备	120
2.3.2.4 型芯设计及其安装定位形式	76	2.4.5.3 空心叶片熔模的透视检查和测厚	121
2.3.2.5 活块设计	82	2.4.5.4 型芯头自由端的制作	121
2.3.2.6 压型定位	83	2.4.5.5 金属芯撑	121
2.3.2.7 锁紧机构	85	2.4.5.6 空心叶片制模工艺参数	122
2.3.2.8 抽芯机构	89	2.4.6 熔模的缺陷及其防止方法	122
2.3.2.9 出模机构	90	2.4.7 制造熔模的常用设备	123
2.3.2.10 压型尺寸精度和表面粗糙度	93	2.4.8 模组组装用具	129
2.3.2.11 常用压型材料	96	2.4.9 模料性能的测试方法	130
2.3.2.12 总装技术要求	96	2.5 铸型的制造	130
2.3.3 压型制造	97	2.5.1 铸型分类及对型壳的要求	130
2.3.3.1 易熔合金压型	97	2.5.2 制壳用耐火材料	133
2.3.3.2 石膏压型	98	2.5.2.1 电熔刚玉	133
2.3.3.3 环氧树脂压型	99	2.5.2.2 锆英砂	134
2.3.4 压型实例	100	2.5.2.3 石英砂	134
2.3.5 浇注系统模具设计	104	2.5.2.4 石英玻璃	134
2.3.5.1 浇注系统模具设计要点	104	2.5.2.5 硅酸铝耐火材料	134
2.3.5.2 常用浇注系统的类型	105	2.5.2.6 耐火粘土	136
2.3.5.3 浇注系统模具的典型结构	106	2.5.3 表面活性剂	136
2.3.6 校正模设计	110	2.5.4 水玻璃型壳	137
2.3.6.1 校正模类型	110	2.5.4.1 水玻璃的性质	137

2.5.4.2 水玻璃的处理	138	2.8.1 合金的浇注	180
2.5.4.3 水玻璃涂料制壳工艺	140	2.8.1.1 重力浇注	180
2.5.5 硅酸乙酯型壳	141	2.8.1.2 真空吸铸(CLA法)	180
2.5.5.1 硅酸乙酯的性质	142	2.8.1.3 离心浇注	182
2.5.5.2 硅酸乙酯水解液用材料	143	2.8.1.4 熔模铸型低压铸造	183
2.5.5.3 硅酸乙酯水解配料计算	144	2.8.2 陶瓷滤网净化技术	184
2.5.5.4 硅酸乙酯的水解	146	2.8.2.1 净化原理	184
2.5.5.5 硅酸乙酯涂料制壳工艺	147	2.8.2.2 陶瓷过滤网	184
2.5.6 硅溶胶型壳	149	2.8.2.3 过滤效率	185
2.5.6.1 硅溶胶的性质	149	2.8.2.4 应用	186
2.5.6.2 硅溶胶的技术要求	151	2.9 熔模铸件常见缺陷及其防止	
2.5.6.3 涂料配制	152	方法	188
2.5.6.4 硅溶胶涂料制壳工艺	154	2.10 熔模铸件控制凝固技术	193
2.5.7 复合型壳	154	2.10.1 定向凝固和单晶技术	193
2.5.8 晶粒细化用涂料	156	2.10.1.1 定向凝固技术	193
2.5.9 脱蜡、造型和焙烧	157	2.10.1.2 单晶技术	195
2.5.9.1 脱蜡	157	2.10.1.3 定向和单晶合金的化学成分	
2.5.9.2 造型	157	和持久强度	196
2.5.9.3 铸型焙烧和型壳的后处理	157	2.10.1.4 定向凝固设备及操作	197
2.5.10 型壳缺陷及其防止方法	160	2.10.1.5 应用	199
2.5.11 制壳用的主要设备及装置	161	2.10.2 细晶铸造技术	201
2.5.12 粘结剂、涂料和型壳性能的检测	165	2.10.2.1 工艺特点	201
2.6 陶瓷型芯	166	2.10.2.2 工艺方法	201
2.6.1 陶瓷型芯材料	167	2.10.2.3 应用	202
2.6.1.1 对陶瓷型芯的要求	167	第3章 金属型铸造	
2.6.1.2 型芯基体材料的处理	167	3.1 概述	204
2.6.1.3 石英玻璃	167	3.2 金属型铸件工艺设计	205
2.6.1.4 矿化剂	168	3.2.1 铸件在金属型中的位置	205
2.6.1.5 增塑剂及表面活性剂	169	3.2.2 分型面的选择	205
2.6.2 热压注陶瓷型芯	169	3.2.3 铸件工艺性设计	206
2.6.2.1 陶瓷浆料的配制	169	3.2.4 浇注系统设计	207
2.6.2.2 压制型芯	171	3.2.4.1 浇注系统设计原则	207
2.6.2.3 型芯焙烧	172	3.2.4.2 浇注系统的形式	208
2.6.2.4 型芯强化	173	3.2.4.3 各种形式浇道的充型过程及	
2.6.2.5 热压注型芯缺陷分析	174	热分布	209
2.6.3 传递模热固型芯	174	3.2.4.4 浇注系统组成部分	211
2.6.4 灌浆陶瓷型芯	175	3.2.4.5 浇注系统计算	218
2.6.4.1 陶瓷浆料的配比	175	3.2.5 冒口的设计	221
2.6.4.2 型芯制备	175	3.2.5.1 冒口的类型	221
2.6.5 型芯检测	176	3.2.5.2 冒口尺寸计算	222
2.6.5.1 尺寸检查	176	3.2.5.3 减小冒口的措施	223
2.6.5.2 外观检查	177	3.2.6 铸件工艺图实例	224
2.7 熔模铸件典型工艺	177	3.3 金属型铸造机	227
2.8 合金的浇注与陶瓷滤网净化	180		

3.3.1 金属型铸造机分类	227	3.5.2.3 涂料成分在涂料中的作用	291
3.3.2 通用金属型铸造机结构形式	228	3.5.2.4 各种铸造合金用金属型涂料	292
3.3.2.1 可倾斜齿条传动铸造机	228	3.5.2.5 涂料的配制	294
3.3.2.2 可倾斜螺杆传动铸造机	229	3.5.3 金属型浇注工艺	294
3.3.2.3 可倾斜气压传动铸造机	230	3.5.3.1 金属型的工作温度	294
3.3.2.4 可倾斜液压铸造机	231	3.5.3.2 合金的浇注温度	295
3.3.2.5 固定式液压铸造机	231	3.5.3.3 金属型铸件的浇注速度	295
3.3.2.6 四开型液压铸造机	234	3.5.3.4 铸件在金属型中保持时间	295
3.3.3 铸造机的选定	236	3.5.4 金属型的试铸	296
3.3.3.1 金属型的外形尺寸	236	3.5.4.1 尺寸定型	296
3.3.3.2 金属型开型力和抽芯力计算	237	3.5.4.2 冶金定型	296
3.4 金属型设计	237	3.6 典型金属型铸件工艺	297
3.4.1 金属型分类及结构特点	237	3.7 金属型铸件常见缺陷及其防止 方法	298
3.4.2 金属型结构设计	239	第4章 压力铸造	
3.4.2.1 型体设计	239	4.1 概述	300
3.4.2.2 型芯设计	243	4.1.1 压力铸造的工艺流程	300
3.4.2.3 活块设计	249	4.1.2 压力铸造的工艺特点	300
3.4.2.4 型腔尺寸计算	250	4.1.3 压力铸造的优缺点及应用范围	300
3.4.2.5 金属型排气	252	4.2 压铸机	302
3.4.3 金属型操纵机构设计	254	4.2.1 压铸机种类及特点	302
3.4.3.1 开(合)型机构	254	4.2.1.1 热压室压铸机	302
3.4.3.2 锁紧机构	256	4.2.1.2 冷压室压铸机	303
3.4.3.3 抽芯机构	260	4.2.2 压铸机的选用	305
3.4.3.4 顶出机构	270	4.2.3 国产常用压铸机的型号和主要 参数	307
3.4.4 金属型加热与冷却装置	275	4.2.3.1 国产压铸机的基本参数	307
3.4.4.1 金属型加热装置	275	4.2.3.2 国产常用压铸机主要参数及 铸型安装尺寸	307
3.4.4.2 金属型冷却装置	280	4.2.4 国外压铸机的型号和主要参数	320
3.4.5 金属型用材料	282	4.3 压铸件铸造工艺设计	330
3.4.5.1 对金属型材料的要求	282	4.3.1 分型面设计	330
3.4.5.2 金属型零件常用材料	282	4.3.1.1 分型面的分类	330
3.4.5.3 金属型材料的物理性能	282	4.3.1.2 选择分型面的原则	331
3.4.6 金属型的尺寸精度与表面粗糙度	283	4.3.2 浇注系统设计	333
3.4.6.1 金属型的尺寸精度	283	4.3.2.1 浇注系统的结构	333
3.4.6.2 金属型表面粗糙度	284	4.3.2.2 浇注系统的设计原则	333
3.4.7 金属型结构实例	284	4.3.2.3 浇注系统的组成	335
3.5 金属型铸造工艺	288	4.3.2.4 浇注系统的种类及特点	349
3.5.1 金属型的准备	288	4.3.3 铸件工艺图实例	351
3.5.1.1 金属型的清理	288	4.4 压铸合金	354
3.5.1.2 金属型预热	289	4.4.1 压铸合金的基本要求	354
3.5.1.3 金属型涂料的涂敷工艺	289	4.4.2 常用压铸合金	355
3.5.2 金属型用涂料	290		
3.5.2.1 涂敷涂料的目的和对涂料的 要求	290		
3.5.2.2 涂料的组成	290		

4.4.2.1 国内常用压铸合金	355	4.6.6.3 顶出机构的导向装置	431
4.4.2.2 国外常用压铸合金	359	4.6.6.4 顶出机构的复位	435
4.5 压铸工艺参数	366	4.6.7 加热与冷却系统设计	438
4.5.1 压铸压力	366	4.6.7.1 铸型预热方法	438
4.5.1.1 比压	366	4.6.7.2 铸型冷却方法	438
4.5.1.2 压力的变化及作用	367	4.6.8 压铸型材料选择和热处理	440
4.5.1.3 压力损失折算系数	367	4.6.8.1 成形部分零件材料的选择原则	440
4.5.2 充填速度	368	4.6.8.2 导滑、顶出元件等零件材料的 选择原则	440
4.5.3 浇注温度	368	4.6.8.3 压铸型主要零件材料选用及 热处理要求	440
4.5.4 铸型温度	368	4.6.9 压铸型的技术要求	441
4.5.4.1 铸型预热温度	368	4.6.9.1 压铸型零件的公差与配合	441
4.5.4.2 铸型工作温度	369	4.6.9.2 压铸型零件不同工作面的表面 粗糙度	443
4.5.5 压铸用涂料	369	4.6.9.3 对压铸型总装的要求	443
4.5.5.1 涂料的作用	369	4.6.9.4 对压铸型零件的要求	444
4.5.5.2 对涂料的要求	369	4.7 典型压铸件工艺	444
4.5.5.3 常用压铸涂料	370	4.8 铸件常见缺陷及其防止 方法	448
4.5.6 充填时间与持压时间	371	4.9 特殊压铸技术	449
4.5.6.1 充填时间	371	4.9.1 压铸机的改进	449
4.5.6.2 持压时间	371	4.9.2 浇注、喷涂料、取件自动化	450
4.6 压铸型设计	371	4.9.3 真空压铸	452
4.6.1 压铸型的组成	371	4.9.4 充氧压铸	454
4.6.2 压铸型外形尺寸及动型、静型主要 零件的设计	372	4.9.5 精密压铸	455
4.6.2.1 压铸型外形尺寸	372	4.9.6 半固态压铸	456
4.6.2.2 动型、静型镶块结构设计	377	4.9.7 热能去毛刺	457
4.6.2.3 型芯的结构设计	379	4.9.8 计算机在压铸生产中的应用	458
4.6.2.4 导柱和导套设计	381	4.9.8.1 压铸工艺计算机辅助设计 (CAD)	458
4.6.3 压铸型成形部分的尺寸计算	386	4.9.8.2 压铸型计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)	458
4.6.3.1 影响铸件尺寸精度的因素	386	4.9.8.3 生产过程计算机控制	458
4.6.3.2 压铸型成形零件的尺寸计算	387	第5章 石膏型铸造	
4.6.3.3 压铸螺纹成形零件的尺寸计算	388	5.1 概述	460
4.6.4 溢流槽和排气槽设计	389	5.1.1 石膏型铸造的分类和工艺过程	460
4.6.4.1 溢流槽的设计	389	5.1.2 石膏型铸造的工艺特点和应用 范围	460
4.6.4.2 排气槽的设计	393	5.2 石膏型铸件工艺设计	461
4.6.5 抽芯机构设计	395	5.2.1 铸件铸造位置和分型面选择	461
4.6.5.1 抽芯力的确定	395	5.2.2 铸件的收缩率	461
4.6.5.2 斜销抽芯机构	397	5.2.3 铸件的尺寸精度和表面粗糙度	462
4.6.5.3 弯销抽芯机构	407		
4.6.5.4 斜滑块抽芯机构	412		
4.6.5.5 齿轴齿条抽芯机构	414		
4.6.5.6 液压抽芯机构	416		
4.6.6 顶出机构设计	422		
4.6.6.1 顶出机构的组成	423		
4.6.6.2 常用顶出机构	423		

5.2.4 铸造斜度和加工余量	462	6.1.2 壳型铸造的工艺特点及应用范围 ...	485
5.2.5 铸件浇注系统设计	462	6.2 壳型铸件铸造工艺设计	485
5.2.6 冒口设计和冷铁应用	463	6.2.1 铸件在铸型中的位置	485
5.3 石膏型铸造用材料和模具	463	6.2.2 铸件分型面的选择	485
5.3.1 原材料及其基本性能	463	6.2.3 壳芯设计	486
5.3.1.1 石膏	463	6.2.3.1 壳芯的结构设计	486
5.3.1.2 辅助材料	464	6.2.3.2 壳芯头设计	487
5.3.2 石膏铸型材料的组成、性能及其 测定方法	465	6.2.3.3 壳型芯头与壳型芯座的配合 间隙	491
5.3.2.1 石膏铸型材料的组成和性能 要求	465	6.2.4 浇注系统设计	492
5.3.2.2 各种因素对石膏铸型材料性能 的影响	465	6.2.4.1 浇注系统设计原则	492
5.3.2.3 石膏铸型材料性能的测定方法 ...	469	6.2.4.2 浇注系统形式	492
5.3.3 石膏型铸造用模具	471	6.2.5 补缩系统设计	494
5.3.3.1 模具的分类和材料	471	6.2.6 冷铁的应用	494
5.3.3.2 模具的结构设计	472	6.2.7 铸件工艺图实例	494
5.4 石膏型制造工艺和设备	472	6.3 壳型铸造铸型的设计	495
5.4.1 石膏浆料的配制和灌浆工艺	472	6.3.1 壳型铸造铸型的分类	495
5.4.1.1 浆料的配制	472	6.3.2 壳型铸造铸型的组成单元	496
5.4.1.2 铸型的灌浆	473	6.3.3 壳型型板设计	496
5.4.2 石膏型的蒸汽处理和脱蜡	474	6.3.3.1 型板的结构形式	496
5.4.2.1 铸型蒸汽处理	474	6.3.3.2 型板的结构设计	496
5.4.2.2 铸型脱蜡	474	6.3.4 壳芯盒及热芯盒设计	499
5.4.3 石膏型的干燥和焙烧	474	6.3.4.1 芯盒的结构形式	499
5.4.3.1 石膏型干燥焙烧的工艺特点	474	6.3.4.2 分型面的选择	500
5.4.3.2 石膏型干燥焙烧的典型工艺	476	6.3.4.3 盒体的设计	501
5.4.3.3 石膏型干燥程度的检测方法	476	6.3.4.4 型芯及活块的设计	504
5.4.3.4 石膏型的出炉和浇注前准备	477	6.3.4.5 型腔尺寸计算	506
5.4.3.5 石膏型的干燥焙烧设备	477	6.3.4.6 嵌件的定位	507
5.5 石膏型的浇注工艺及设备	477	6.3.4.7 型腔的排气	508
5.5.1 石膏型浇注工艺方法	477	6.3.4.8 吹嘴、射砂头、吹砂板、射砂板 及射砂口	512
5.5.2 石膏型浇注设备	478	6.3.4.9 芯盒的定位	516
5.5.3 石膏型铸件的组织和性能	479	6.3.4.10 取芯机构	517
5.6 典型石膏型铸件工艺	480	6.3.5 壳型型板、壳芯盒及热芯盒的加 热装置	524
5.6.1 叶轮	480	6.3.6 壳型型板、壳芯盒及热芯盒的技 术要求	526
5.6.2 波导管	481	6.3.6.1 壳型型板、壳芯盒及热芯盒常 用材料及热处理	526
5.6.3 复杂整体壳体铸件	481	6.3.6.2 壳型型板、壳芯盒及热芯盒零 件的尺寸精度和表面粗糙度	527
5.7 石膏型铸件的常见缺陷及防止 方法	482	6.3.6.3 总装技术要求	527
第6章 壳型铸造		6.4 壳型铸造铸型实例	528
6.1 概述	484	6.5 制壳型(芯)材料	533
6.1.1 壳型铸造的工艺过程	484		