

铸造手册

铸造工艺

第2版

中国机械工程学会铸造分会 编

5



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

铸 造 手 册

第 5 卷

铸 造 工 艺

(第 2 版)

中国机械工程学会铸造分会 编



机 械 工 业 出 版 社

《铸造手册》共分铸铁、铸钢、铸造非铁合金、造型材料、铸造工艺和特种铸造等6卷。本书为第5卷《铸造工艺》。

本书第2版在第1版基础上,进行了全面的修订,更新了许多技术标准 and 工艺规范,完善和补充了新的技术内容,反映了技术发展趋势。本卷共7章:第1章介绍了铸造工艺的发展简史、前景与展望;第2章介绍了液态金属的充型能力,凝固、结晶、收缩的控制和铸件中的气体、非金属夹杂物;第3章介绍了砂型造型、制芯工艺方案设计,工艺参数选择,浇注系统、冒口、冷铁和出气孔设计及砂型(芯)的烘干与装配,并给出了应用实例;第4章介绍了模样、模板、芯盒和砂箱的设计;第5章介绍了铸件的落砂除芯,浇冒口、飞翅和毛刺的去除,铸件的表面清理,矫形和挽救,内应力消除和防锈涂装;第6章介绍了铸件缺陷的产生原因、防止方法及铸件质量检验等;第7章介绍了计算机技术在铸造中的应用和快速成形、细晶铸造、电磁铸造等新技术。

本手册主要供从事铸造生产的技术人员使用,也可供从事材料研究的科研人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

铸造手册. 第5卷, 铸造工艺/中国机械工程学会铸造分会编.
—2版. —北京:机械工业出版社, 2003. 1
ISBN 7-111-04073-2

I. 铸… II. 中… III. ①铸造-技术手册②铸造-工艺-技术手册 IV. TG2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第090829号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华 责任校对:吴美英
张莉娟

封面设计:姚毅 责任印制:闫森

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年1月第2版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·29.75印张·3插页·1794千字

16 501--21 500册

定价:80.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

铸造手册第1版编委会

顾 问 **荣科**
主 任 陶令桓
副 主 任 缪良 周尧和 沈嘉猷
委 员 (以姓氏笔画为序)
丛勉 刘兆邦 陈金城
余茂祚 罗志健 姜希尚
钟雪友 徐人瑞 黄恢元
谢明师

铸造手册铸造工艺卷第1版编委会

主 任 姜希尚
副 主 任 **杨恩长** 安阁英
编 委 **周昭铭** 甘赞先 李弘英
朱文高 李承忠 刘书贤
主 审 谢明师
副 主 审 李维镛

第 1 版前言

随着科学技术和国民经济的发展,各行各业都对铸造生产提出了更新更高的要求,而铸造技术与物理、化学、冶金、机械等多种学科有关。影响铸件质量和成本的因素很多,所以,正确选择合理的铸造技术,生产出质量好、成本低的铸件并非易事。有鉴于此,为了促进铸造生产的发展和铸造技术水平的提高,并给铸造技术工作者提供工作上的方便,我会编译出版委员会与机械工业出版社组织有关专家编写了由铸钢、铸铁、铸造非铁合金(即有色合金)、造型材料、铸造工艺、特种铸造共六卷组成的《铸造手册》。

手册的内容,从生产需要出发,既总结了国内行之有效的技术成果和经验,也收集了国内有条件采用并应推广的国外先进技术。手册以图表和数据为主,辅以适当的文字说明。

手册的编写工作由我会编译出版委员会,会同机械工业出版社负责组织和协调。本卷的编写工作是在铸造专业学会铸造工艺及造型材料专业委员会的支持下,在《铸造手册》铸造工艺卷编委会的主持下,由全体编委及作者经过长时间的辛勤工作完成的。编写过程中,根据各编委的专长,组织有关专家分工起草,按章汇总,主编姜希尚对全卷编写工作负责。参加各章编写和汇总的编委和作者如下:

第一章 姜希尚(沈阳铸造研究所)、周静一(沈阳铸造研究所)。汇总:姜希尚。

第二章 安阁英(哈尔滨工业大学)、曾松岩(哈尔滨工业大学)、孟爽芬(哈尔滨工业大学)。汇总:安阁英。

第三章 李弘英(哈尔滨汽轮机厂)、甘赞先(第一汽车集团公司)、刘书贤(沈阳飞机制造公司)、黄河(第一汽车集团公司)、吉庆(沈阳飞机制造公司)、韩其良(第一汽车集团公司)、李东毅(第一汽车集团公司);参加本章编写工作的还有:孙宝瑀(沈阳铸造厂)、李端(第一汽车集团公司)、柳刚(第一汽车集团公司)、郑际蔚(第一汽车集团公司)、张晓英(东风汽车集团公司)。汇总:李弘英、甘赞先。

第四章 甘赞先、刘亚民(第一汽车集团公司)、王瑞昌(第一汽车集团公司);参加编写工作的还有顾培根(第一汽车集团公司)。汇总:甘赞先。

第五章 李承忠(第一汽车集团公司)、钟鼎禹(第一汽车集团公司)、刘书贤、李弘英。汇总:李承忠。

第六章 朱文高(沈阳铸造研究所)、李承忠(第一汽车集团公司)、刘书贤(沈阳飞机制造公司)、彭仁山(第一汽车集团公司);参加编写工作的还有孟宪明(沈阳飞机制造公司)、张浦(第一汽车集团公司)、朱涤新(哈尔滨汽轮机厂)。汇总:朱文高。

第七章 杨恩长(沈阳铸造研究所)、白彦华(沈阳工业大学)。汇总:杨恩长。

全卷汇总工作由副主编杨恩长负责并与编委朱文高共同完成。

参加本卷分章审稿的有全体编委、吉庆、胡茂丰(济南铸造锻压机械研究所)、宋新华(沈阳工业大学)、祖兴民(沈阳第一机床厂)、邓茂安(沈阳第一机床厂)、田英志(沈阳中捷友谊厂)、施与众(沈阳铸造厂)、徐顺庆(济南铸造锻压机械研究所)。

参加全卷会稿、审定的有全体编委、吉庆、责任编辑余茂祚(机械工业出版社)、主审谢明师(沈阳铸造研究所)、副主审李维镕(沈阳铸造研究所)。

编委周昭铭(第一汽车集团公司)在组织本卷篇幅较多的几个章节的编写过程中做了大量的工作,对保证全卷的完稿作出了重要贡献。

本卷编写过程中得到沈阳铸造研究所、中国造型材料公司、第一汽车集团公司、哈尔滨汽轮机厂、沈阳飞机制造公司、哈尔滨工业大学、东风汽车集团公司和沈阳铸造厂的大力支持。施与众、张闻博(青海省机械工业厅)、覃本德(沈阳铸造研究所)、褚成田(沈阳飞机制造公司)、丁能续(第一汽车集团公司)、吴涛(第一汽车集团公司)、傅耀民(第一汽车集团公司)等专家,为本卷的编写提供了宝贵的技术资料。对上述单位和专家的支持和帮助,在此一并表示感谢。编者在本卷编写过程中,力求全面、准确地反映当代国内外铸造工艺的发展水平及在生产中行之有效的成熟技术,但由于编写时间仓促、工作量浩大、加之编者水平所限,能否实现预期目的,有待于读者和专家们的评判,错漏不周之处,尚请批评指正,以便重印、修订和再版时予以订正。

中国机械工程学会铸造专业学会

铸造手册第2版编委会

顾问 陶令桓 周尧和 柳百成
主任委员 赵立信
副主任委员 房贵如
委员 (按姓氏笔画为序)
王君卿 刘兆邦 刘伯操
张伯明 余茂祚 (常务)
范英俊 钟雪友 姚正耀
黄天佑

铸造工艺卷第2版编委会

主编 王君卿
副主编 朱文高 魏兵 车学温
徐人瑞 黄河 袁森
周静一 卢宝胜
主审 李新亚
副主审 葛晨光
总策划 余茂祚

第 2 版前言

建国以来,我国铸造行业获得很大发展,年产量超过千万吨,位居世界第二;从业人员超过百万,是世界规模最大的铸造工作者队伍。为满足行业及广大铸造工作者的需要,机械工业出版社于 1991 年编辑出版了《铸造手册》共 6 卷 610 万字。第 1 版手册自出版发行以来,先后分别重印 3~6 次,深受广大铸造工作者欢迎。两院院士、中国工程院副院长昌绪教授,科学院院士、上海交通大学周尧和教授,科学院院士、机械科学研究院名誉院长雷天觉教授,工程院院士、中科院沈阳金属研究所胡壮麒教授,工程院院士、西北工业大学张立同教授等许多著名专家学者都对这套手册的出版给予了高度评价,认为手册内容丰富、数据可靠,具有科学性、先进性、实用性。这套手册的出版发行对跟踪世界先进技术、提高铸件质量、促进我国铸造技术进步起到了积极推进作用,在国内外产生较大影响,取得了显著的经济效益及社会效益。手册 1995 年获机械工业出版社科技进步(暨优秀图书)一等奖,1996 年获中国机械工程学会优秀工作成果奖,1998 年获机械工业部科技进步二等奖。

第 1 版手册出版后的近十年来,科学技术迅猛发展,先进制造技术不断涌现,标准及工艺参数不断更新,特别是高新技术的引入,使铸造行业的产品及技术结构发生很大变化,手册内容已不能完全适应当前生产实际及技术发展需要。应广大读者要求,我们对手册进行了修订。第 2 版修订工作由中国机械工程学会铸造分会和机械工业出版社负责组织和协调。

修订后的手册基本保留了第 1 版风格,仍由铸铁、铸钢、铸造非铁合金、造型材料、铸造工艺、特种铸造共 6 卷组成。为我国加入 WTO,与世界铸造技术接轨,并全面反映当代铸造技术水平,第 2 版除对第 1 版已显陈旧的内容进行删改外,着重增加了近十几年来国内外涌现出的新技术、新工艺、新材料、新设备的相关内容,并以最新的国内外技术标准替换已作废的旧标准,同时采用新的计量单位,修改内容累计达 40% 以上。第 2 版手册详细介绍了先进实用的铸造技术,数据翔实,图文并茂,基本反应了 20 世纪 90 年代末至 21 世纪初国内外铸造领域的技术现状及发展趋势。新版手册以崭新的面貌为铸造工作者提供一套完整、先进、实用的技术工具书,对指导生产、推进 21 世纪我国铸造技术进步将发挥积极作用。

第 2 版手册的编写班子实力雄厚,共有来自工厂、研究院所及高等院校 40 多个单位的 109 名专家教授参加编写。各卷主编是:

第 1 卷 铸铁 中国农业机械化研究院副院长张伯明研究员。

第 2 卷 铸钢 中国第二重型机械集团董事长姚正耀研究员级高工。

第 3 卷 铸造非铁合金 北京航空材料研究院院长刘伯操研究员。

第 4 卷 造型材料 清华大学黄天佑教授

第 5 卷 铸造工艺 沈阳铸造研究所总工程师王君卿研究员。

第 6 卷 特种铸造 中国新兴铸管集团公司董事长范英俊研究员级高工。

本书为《铸造手册》的第5卷《铸造工艺》，编写组织工作得到沈阳铸造研究所的大力支持，并在该卷编委会的主持下，经过许多同志辛勤劳动完成的。在主编王君卿研究员全面负责的基础上，由副主编朱文高研究员魏兵教授、车学温研究员级高工、主持编写工作，并与各编委共同进行各章的审定工作，各章编写分工如下：

- 第1章 沈阳铸造研究所：王君卿研究员
- 第2章 西安理工大学：袁森教授
- 第3章 一汽集团铸造公司：卢宝胜高级工程师、纪慧云高级工程师、范继林高级工程师、王玉臣高级工程师、黄河高级工程师、常国锋高级工程师
西安理工大学：张卫华副教授
沈阳工业大学：白彦华副教授
沈阳铸造研究所：周静一研究员、高尚书研究员、宋会宗研究员
- 第4章 一汽集团铸造公司：黄健明高级工程师、纪慧云高级工程师、黄河高级工程师、徐关庆工程师、魏伟工程师
- 第5章 一汽集团铸造公司：于占新高级工程师、纪慧云高级工程师、常国锋高级工程师
- 第6章 沈阳铸造研究所：朱文高研究员、黄明山研究员
- 第7章 沈阳铸造研究所：孙逊研究员、苏仕方研究员、喻德伟副研究员
大连理工大学：金俊泽教授
中国海洋大学：王树杰教授
北京航空材料研究院：袁文明高级工程师

本书统稿工作由王君卿研究员、朱文高研究员协助责任编辑余茂祚研究员级高工共同完成。主审为机械科学研究院院长李新亚研究员，副主审为沈阳铸造研究所葛晨光研究员。

本书在编写过程中得到沈阳铸造研究所、西安理工大学、一汽集团铸造公司、北京航空材料研究院、大连理工大学、沈阳工业大学、中国海洋大学、铸造杂志社和铸造技术杂志社等单位的大力支持，还得到沈阳铸造研究所魏飞莛研究员、郭桂林研究员、杨吉平高级工程师、姜华工程师和沈阳工业大学谢祖锡教授的支持和帮助，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，不周之处，在所难免，敬请读者指正。

中国机械工程学会铸造分会编译出版工作委员会

本书常用的量和单位符号

一、符号基本定义

全书统一符号			下标符号	
名称	符号	法定计量单位	名称	符号
直径	D, d, ϕ	mm, cm, dm, m	铸件	C
半径	R, r	mm, cm, dm, m	冒口	R
高度	H, h	mm, cm, dm, m	冒口颈	N
长度	L, l	mm, cm, dm, m	直浇道	直
宽度	B, b	mm, cm, dm, m	横浇道	横
厚度	δ	mm, cm, dm, m	内浇道	内
模数	M	mm, cm	体积	V
面积	A, S	mm ² , cm ² , dm ² , m ²	冷铁	ch
体积	V	mm ³ , cm ³ , dm ³ , m ³		
时间	t	s, min, h, d		
密度	ρ	kg/cm ³ , t/m ³	压力	p
压力	p	Pa, kPa, MPa		
摄氏温度	t, θ	°C	液体	L
热力学温度	T	K	固体	S

二、空间与时间的量和单位符号

名称	符号	法定计量单位	(续)	
名称	符号	法定计量单位	名称	法定计量单位
铸件壁厚、厚度	δ	mm	冒口有效体积	V_c cm ³
铸件的当量厚度	δ_E	mm	浇口杯容积	$V_{杯}$ cm ³
冒口直径	D_R	mm	铸件体积	V_C dm ³
冒口高度	H_R	mm	冒口的初始体积	V_R cm ³
模样在分型面的最大长度	L	mm	浇注时间、铸件凝固时间	t, t_1 s, min
模样长度	L_1	mm	充满下部型腔的时间	t_j s, min
模样在分型面的最大宽度	B	mm	金属液自内浇道流出速度	v cm/s
铸件的收缩模数、关键模数	M_S	cm, dm	型内液面上升速度	v_L cm/s
冷铁部位的铸件几何模数	M_0	cm, dm	凝固速度	v cm/min
冷铁相邻部位的铸件模数	M_r	cm, dm	重力加速度	g 9.81m/s ²
直浇道截面积	$A_{直}$	cm ²	砂箱内框长度	A mm
内浇道总截面积	$\Sigma A_{内}$	cm ²		
铸件模数、凝固模数	M_C	cm		

(续)

名称	符号	法定计量单位
砂箱内框宽度、模样宽度	B	mm
铸件浇注时的高度、铸件高度	h_c	mm、cm
冒口体高度	H_R	cm
砂芯直径	D_1	m
芯头直径	D_2	m
冒口模数	M_R	cm
冒口颈模数	M_N	cm
上芯头的横截面积	A_{\uparrow}	mm ²
阻流片截面积、阻流截面积	$A_{阻}$	cm ²
包孔截面积	$A_{包}$	cm ²
内浇道截面积	$A_{内}$	cm ²

(续)

名称	符号	法定计量单位
凝固结束后冒口的残余体积	V_{RE}	cm ³
设置冷铁部位的铸件体积	V_0	dm ³
冷铁部位相邻的铸件体积	V_r	dm ³
放冷铁以后的凝固时间	t_r	min
未放冷铁在干型凝固时间	t_0	min
浇注速度	v	kg/s
包孔的浇注速度	$v_{包}$	kg/s
浇注比速	k	kg/cm ² ·s

三、力学性能的量 and 单位符号

(续)

名称	符号	法定计量单位
金属液的静压力头高度	H	cm
金属液浇注系统中流动时各阻力的压头损失之和	$\Sigma h_{液损}$	cm
充满型腔的平均压头	H_p	cm
有效压头	h_p	cm
冒口平衡系数	f_1	
冒口压力系数	f_3	
流通效益系数	f_p	
冒口颈长度系数	f_4	
金属液的浇注重量	G_L	kg
充满内浇道以下型腔的金属液的重量	G_1	kg
充满上型腔金属液的重量	G_2	kg
砂芯重力、物料的质量	G	N、kg
砂芯所受浮力、芯撑受到的压力、铸件的矫形力	F	N
芯头的最大压力、金属液体内压力	p	Pa
铸件重量	G_c	kg
抗压强度	σ_{bc}	MPa
抗拉强度	σ_b	MPa

名称	符号	法定计量单位
浇注系统局部阻力系数	$\xi_{浇}$	
直浇道流速系数	ϕ_1	
内浇道流速系数	ϕ_2	
包括所有阻力损失的流量损耗系数、包孔流量损耗系数	μ	
直浇道流量系数	μ_1	
内浇道流量系数	μ_2	
金属液流动系数	S'	
第 i 个内浇道的局部阻力系数	$\xi_{j,i}$	
浇口杯容量	$G_{杯}$	kg
冒口中需贮存的补缩液重量	G_0	kg
冒口重量	G_R	kg
冷铁重量	G_{ch}	kg
芯砂重力	G_1	N
芯骨重力	G_2	N
金属液密度	ρ_L	kg/dm ³
砂芯密度、干态涂料的密度	ρ_S	kg/dm ³
铸件密度	ρ_C	kg/dm ³
内冷铁密度	ρ_{ch}	kg/dm ³
铸件相对密度	$\rho_{相}$	kg/dm ³
材料的弹性模量	E	MPa

四、热学性能的量 and 单位符号

			(续)		
名称	符号	法定计量单位	名称	符号	法定计量单位
凝固层厚度	δ_0	cm	冒口的周界商 $Q_R = V_R / M_R^3$	Q_R	
凝固系数	K	cm/min ^{1/2}	热节圆直径	d_0	dm
表面传热系数	h_c	W/(m ² ·K)	灰铸铁件收缩时间分数 (铸件收缩时间/铸件凝固时间)	P_c	
金属固相线温度	T_s	K	补缩率(%) (外部补缩量体积/铸件总体积)	F_c	
金属液相线温度	T_L	K	收缩模数系数 $f_2 = P_c^{1/2}; M_s = f_2 M_c$	f_2	
温度梯度	G	°C/cm	校核冒口平衡系数时 f_1 的近似取值	f_1^*	
贝克列数	P		冒口体散热表面积	A_R	cm ²
传导性	d	kg/s	直浇道、横浇道凝固模数中的最小值	M_g	cm
体积函数, $0 \leq F \leq 1$	F		金属液过热热量	ΔH	J/kg
复合辐射系数	ϵ		钢液过热度	Δt	°C
金属液热导率	λ	W/(m·K)	凝固结束时冷铁的均温升	t_{ch}	°C
吸热指数	n		冷铁的比热容	c	J/(kg·K)
传热表面积	A	cm ²	钢球在金属型中铸造时的模数	M_{ch}	dm
模数系数	K_m	min/cm ²	钢球在砂型中的凝固时间	t_{ss}	°C
凝固速率比: $f_r = M_R / M_c$	f_r		液态金属的比热容	c_L	J/(kg·K)
金属补缩调整系数	b		反应温度下摩尔焓变	ΔH_2	J/mol
铸件周界商(铸件的体积与铸件模数的立方之比) $Q_c = V_c / M_c^3$	Q_c		298.15K 时摩尔焓变	ΔH_1	J/mol
金属在 $t_0 \sim t_1$ 温度范围内体收缩系数和线收缩系数	α_v, α_l	1/°C	生成物与作用物的摩尔定压热容差	Δc_p	J/(mol·K)
铸件线收缩率	ϵ_L	%	浇注温度	θ_y	°C
凝固潜热	L	J/kg	钢液由浇温降至固相线温度 1450°C 所释放的热量	$H_{放}$	J
计算单元的冷却速度	R	°C/min	内冷铁与铸件熔合所需吸收的热量	$H_{吸}$	J
广义扩散系数	D_p		液体蒸发潜热或汽化热	Q	J/g
幂函数	$A(P)$				
等效比定压热容	c_E	J/(kg·K)			
固相率	f_s				
辐射传热系数	h_r	W/(m ² ·K)			
空气温度	T_a	K			
玻尔兹曼常量	k	W/(m ² ·K ⁴)			

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

本书常用的量和单位符号

第 1 章 绪论 1

参考文献 7

第 2 章 铸造工艺设计 基础 8

2.1 液态金属充型过程 的流体力学 8

2.1.1 液态金属的流体力学
特性 8

2.1.2 充型过程的流体力学
计算 8

2.1.3 浇注系统大孔出流理论 9

2.2 液态金属的充型能力 11

2.2.1 液态金属充型能力的
基本概念 11

2.2.2 影响充型能力的因素 12

2.2.3 提高充型能力的措施 16

2.3 液态金属与铸型的相互 作用 16

2.3.1 热作用 17

2.3.2 物理、化学作用 17

2.3.3 机械作用 18

2.4 铸件一次结晶的控制 18

2.4.1 固溶体型合金的结晶
控制 18

2.4.2 共晶型合金的结晶控制 19

2.5 铸件的凝固 20

2.5.1 铸件的凝固方式 20

2.5.2 几种典型合金的
凝固方式 22

2.5.3 合金的凝固方式与铸件
质量的关系 24

2.5.4 铸件的凝固时间和

凝固速度 25

2.6 铸件的收缩 26

2.6.1 铸钢的收缩 26

2.6.2 铸铁的收缩 27

2.6.3 铸件的收缩 29

2.6.4 缩孔和缩松 29

2.6.5 铸件的热裂 33

2.6.6 铸件的铸造应力、冷裂
及变形 35

2.7 铸件中的气体和非金属 夹杂物 37

2.7.1 铸件中的气体 37

2.7.2 铸件中的非金属夹杂物 41

参考文献 44

第 3 章 铸造工艺设计 45

3.1 零件结构的铸造 工艺性 45

3.1.1 铸件质量对零件结构
的要求 45

3.1.2 铸造工艺对零件结构
的要求 64

3.2 砂型铸造方法的分类 与选择 70

3.2.1 湿型砂机器造型方法 70

3.2.2 自硬树脂砂造型、制芯 73

3.2.3 水玻璃砂造型、制芯 73

3.2.4 干型和表干型 76

3.2.5 实型铸造 76

3.2.6 负压造型 85

3.2.7 手工造型 88

3.2.8 制芯方法的分类和选择 96

3.3 铸造工艺方案的确定 109

3.3.1 浇注位置的确定 109

3.3.2	分型面的确定	111	3.6.10	浇注系统各单元结构 和尺寸	293
3.3.3	砂箱中铸件数量及排列 的确定	114	3.7	冒口设计	302
3.4	工艺参数	116	3.7.1	概述	302
3.4.1	铸件尺寸公差	116	3.7.2	铸钢件冒口设计	303
3.4.2	铸件重量公差	119	3.7.3	铸铁件冒口设计	379
3.4.3	机械加工余量	120	3.7.4	非铁合金铸件冒口设计	401
3.4.4	铸件线收缩率与模样 放大率	123	3.8	冷铁和出气孔设计	411
3.4.5	起模斜度	125	3.8.1	外冷铁设计	411
3.4.6	非加工壁厚的负余量	127	3.8.2	内冷铁设计	429
3.4.7	最小铸出孔和槽	129	3.8.3	出气孔	440
3.4.8	工艺肋	130	3.9	砂型及砂芯的烘干	443
3.4.9	反变形量	132	3.9.1	油类粘结剂砂芯的烘干	443
3.4.10	工艺补正量	134	3.9.2	粘土砂型、砂芯的烘干	444
3.4.11	分型负数	136	3.9.3	水玻璃砂型、砂芯的 烘干	444
3.5	砂芯设计	136	3.9.4	地坑砂型的烘干	445
3.5.1	砂芯的分类	136	3.9.5	砂芯的微波加热烘干	446
3.5.2	砂芯设置的基本原则	137	3.10	铸型装配	447
3.5.3	砂芯的固定和定位	139	3.10.1	下芯	447
3.5.4	芯头的尺寸和间隙	146	3.10.2	合型及定位	450
3.5.5	砂芯负数	151	3.10.3	合型力及紧固	451
3.5.6	芯撑和芯骨	152	3.11	铸造工艺图及工艺 卡片	452
3.5.7	砂芯的排气、拼合及预 装配	181	3.11.1	铸造工艺符号及其表示 方法	452
3.6	浇注系统设计	184	3.11.2	工艺卡片	464
3.6.1	浇注系统的类型及特点	184	3.12	铸造工艺设计实例	474
3.6.2	浇注系统引入位置 的确定	191	3.12.1	铸造工艺设计典型分析	474
3.6.3	浇注系统结构尺寸 的设计	192	3.12.2	铸造工艺设计示例	485
3.6.4	灰铸铁件浇注系统尺寸 的确定	199		参考文献	499
3.6.5	可锻铸铁件浇注系统尺寸 的确定	208	第4章	铸造工艺装备	500
3.6.6	球墨铸铁件浇注系统尺寸 的确定	212	4.1	模样	500
3.6.7	铸钢件浇注系统尺寸 的确定	217	4.1.1	模样的分类及适用范围	500
3.6.8	非铁合金铸件浇注系统 各部分的尺寸	234	4.1.2	模样尺寸的计算与标注	500
3.6.9	特殊形式浇注系统尺寸 的确定	260	4.1.3	常用模样的材料	501
			4.2	模板	507
			4.2.1	模板的分类	507
			4.2.2	模底板的结构与尺寸	507
			4.2.3	模样与模底板的装配	525
			4.2.4	模板装配结构图举例	536

4.3 芯盒	539	范围	725
4.3.1 芯盒的种类及特点	539	5.3.2 选用铸件表面清理设备	
4.3.2 芯盒设计的一般原则	542	的原则	725
4.3.3 热芯盒的设计	559	5.3.3 滚筒表面清理	729
4.3.4 壳芯盒的设计	588	5.3.4 喷丸表面清理	731
4.3.5 冷芯盒的设计	598	5.3.5 抛丸表面清理	734
4.3.6 手工芯盒的设计	605	5.3.6 多功能组合清理机	741
4.3.7 铸造模具的表面强化		5.3.7 铸件的表面铲磨	741
处理	618	5.4 铸件的矫形	743
4.4 砂箱	619	5.4.1 矫形方法	743
4.4.1 砂箱的分类及结构	619	5.4.2 矫形设备的分类和选择	746
4.4.2 砂箱的选择和设计	626	5.4.3 矫形模	747
4.4.3 砂箱各部分的结构和		5.5 铸件的挽救	749
尺寸	629	5.5.1 铸件挽救的定义和意义	749
4.4.4 特殊砂箱的结构和尺寸	661	5.5.2 铸件挽救技术的分类	749
4.5 其他工艺装备	679	5.5.3 电弧焊修补技术	750
4.5.1 压砂板	679	5.5.4 气焊修补技术	754
4.5.2 填砂框	681	5.5.5 钎焊修补技术	757
4.5.3 砂箱托板	682	5.5.6 液膜溶解扩散焊修补	
4.5.4 套箱	682	技术	760
4.5.5 浇注系统模具	683	5.5.7 喷覆法焊补修补技术	761
4.5.6 烘芯板	687	5.5.8 粘补技术	765
4.5.7 砂芯修磨用具	694	5.5.9 浸渗技术	767
4.5.8 砂芯检验用具	696	5.6 消除铸件的内应力	770
参考文献	698	5.6.1 铸铁件内应力的消除	770
第5章 铸件的落砂、清理及		5.6.2 铸钢件内应力的消除	774
 后处理	699	5.6.3 非铁合金铸件内应力	
5.1 铸件的落砂除芯	700	的消除	774
5.1.1 铸件的冷却	700	5.6.4 铸钢件的振动消除	
5.1.2 机械落砂除芯	703	内应力	775
5.1.3 水力清砂除芯	713	5.7 铸件的防锈涂装	776
5.1.4 电液清砂	716	5.7.1 铸钢件和铸铁件的防锈	
5.1.5 电化学清砂	717	涂装	776
5.2 铸件浇冒口、飞翅和		5.7.2 非铁合金铸件的防锈	
毛刺的去除	720	处理	788
5.2.1 锯割、砂轮切割和冲切	720	参考文献	793
5.2.2 电弧气刨	722	第6章 铸件缺陷分析及铸件	
5.2.3 氧弧熔断棒切割	723	 质量检验	794
5.2.4 氧焰气割	723	6.1 铸件缺陷分析	794
5.3 铸件的表面清理	725	6.1.1 多肉类缺陷	794
5.3.1 铸件表面清理方法及通用		6.1.2 孔洞类缺陷	794

6.1.3 裂纹、冷隔类缺陷	794	7.2.9 常见铸造缺陷预测方法	884
6.1.4 表面缺陷	794	7.2.10 算例	885
6.1.5 残缺类缺陷	794	7.2.11 常用材料物性参数和铸件 铸型传热边界条件	888
6.1.6 形状及重量差错类缺陷	794	7.3 快速成形技术在铸造生产 中的应用	892
6.1.7 夹杂类缺陷	794	7.3.1 快速成形技术	892
6.1.8 性能、成分、组织不合格	794	7.3.2 快速成形技术原理	892
6.2 铸件质量检验	826	7.3.3 典型的快速成形技术	893
6.2.1 铸件外观质量检验	829	7.3.4 快速成形技术的应用	895
6.2.2 铸件内在质量检验	839	7.3.5 各种快速成形技术在铸造上 应用的比较	900
6.2.3 铸件质量的无损检验	847	7.3.6 应用举例	901
参考文献	866	7.4 铸造生产管理信息系统	907
第7章 计算机在铸造中的应用 及其他铸造方法	867	7.4.1 管理信息系统的职能、特点 和功能	907
7.1 铸造工艺计算机辅助设计	867	7.4.2 管理信息系统开发方法	909
7.1.1 铸件的模数和重量计算	868	7.4.3 数据库技术	910
7.1.2 铸件补缩系统设计计算	872	7.4.4 铸造生产管理信息系统	911
7.1.3 铸件浇注系统设计计算	873	7.5 铸造生产计算机辅助工程	914
7.1.4 其他功能模块内容简介	875	7.6 细晶铸造	922
7.2 铸件充型和凝固过程计算机 数值模拟	876	7.6.1 细晶铸造的特点和工艺 方法	922
7.2.1 数学模型	876	7.6.2 细晶铸造举例	925
7.2.2 实体造型和网格剖分	877	7.7 电磁铸造	930
7.2.3 速度场求解	879	7.7.1 电磁铸造原理	930
7.2.4 充型过程液态金属速度场 计算域确定	880	7.7.2 铸造工艺	931
7.2.5 温度场求解	881	7.7.3 铸件组织和性能	932
7.2.6 边界条件和数值稳定性 条件	882	7.7.4 生产应用实例	933
7.2.7 凝固潜热处理	883	参考文献	934
7.2.8 数值计算步骤	884		

第1章 绪 论

铸造是零件毛坯最常用的生产工艺之一。铸造由于可选用多种多样成分、性能的铸造合金,加之基本建设投资小,工艺灵活性大和生产周期短等优点,因而广泛地应用在机械制造、矿山冶金、交通运输、石化通用设备、农业机械、能源动力、轻工纺织、家用电器、土建工程、电力电子、航天航空、国防军工等国民经济各部门,是现代大机械工业的基础。

铸造具有很多特点,与其他成形工艺相比,它不受零件毛坯的重量、尺寸和形状的限制,重量从几克到几百吨,壁厚由0.3mm到1m,形状十分复杂,用机械加工十分困难,耗费大量机床工时,甚至难以制得的零件,都可用铸造方法获得。

铸造工艺(造型、制芯、浇注、落砂、清理及其后处理等)是铸造生产的核心,是能否生产优质铸件的关键,古今中外都把提高和发展工艺水平,视为推动行业技术进步,满足经济和社会发展需要的一个重要组成部分。

据出土文物考证和文献记载,我国的铸造技术已有6000年的悠久历史,是世界上最早掌握铸造工艺的文明古国之一。铸造技术的成就推动了农业生产、兵器制造、人民生活及天文、医药、音乐、艺术等方面的进步。

毫不夸张地说,铸造在我国古老的历史上占有极其重要的地位。远在青铜器时代和封建社会的前期,大部分青铜器件和铁器件都由铸造成形,这一点和欧洲主要使用锻造成形有所不同。聪明的古代铸造匠师们以其精湛的技艺创造了一系列优秀技术,从而谱写了留芳于后世的铸造史。

在我国夏代,就开始采用陶范(泥型)铸造青铜手工具 and 农具,它对商周社会的发展起了重大作用,从而,造就了举世闻名的以葬器铸造为特征的灿烂的商周青铜文化。铸接工艺到商代晚期已臻成熟,并具有各种形式。最著名的司母戊大方鼎,高1.33m、长1.16m、宽0.79m,重达875kg,经X射线探伤检测,认定其鼎耳就是用铸接工艺同鼎体连接的。

春秋战国时期,陶范铸造技术有了新的发展,

突出表现在编钟和剑的铸造上。湖北随县曾侯乙大型编钟群共65枚,总重达2.5t,每钟可发出两种乐音。它的出土,引起了国内外普遍重视,被誉为“世界第八大奇迹”。形状极其复杂的甬钟,铸型分为两段四个层次,由百余块范芯组成。湖北江陵出土的越王勾践剑,至今光亮无锈,锋利如新,剑首同心圆薄壁构造,厚仅0.4mm,系铸造成形。

铸铁,是生铁冶铸技术在这个世界上最先发现并得以广泛使用的一项发明,是世界冶金史上具有重大意义的事件,并由此而形成了东西方古代钢铁技术的不同发展途径——东方的铸铁文化和西方的锻铁文化。我国最早的铸铁实物出现于春秋中期(公元前6、7世纪)。就对中国社会历史发展的影响来说,铸铁起的作用继古代四大发明之后,称之为中国第五大发明是当之无愧的。

为了制造更复杂的器形和纹饰,到西周东周之交,在陶范铸造的基础上,我国又发明了熔模(失蜡)铸造工艺。1978年湖北随县出土的战国初期的青铜尊和盘,就是我国先秦熔模铸造产品的例证。铜尊中形状与范纹最复杂的部位是颈部的透空附饰,它是由三个层次的铜撑、铜梗和纹饰组成,经考古反复论证,它属于熔模铸造的铸件。再如西汉的“鎏金长信宫灯”、浑仪、乾隆朝钟均是用熔模铸造的享有盛誉的精密铸件。

西汉时期云南滇池生产的贮贝器、铜兵器,有的由数百个动物、人物镶铸成形,有的盘绕着牛、虎、蛇等动物形象,具有熔模铸造艺术铸件的典型特征。该文物的出土是这一工艺在边远少数民族地区得以应用的重要例证。

到清代,宫廷手工业就是采用熔模铸造法作为创作艺术铸件的主要方法。

从早期的青铜尊、盘透空附饰,到现今的无余量叶片,显然有其内在的历史联系与渊源。

随着生铁冶铸技术的发展和铸铁性能的提高,采用铁范(铸铁金属型)成批铸造生铁器件,是我国冶铁术的重大创造,曾引起了国内外的广泛重视。汉代至南北朝,我国铁范的应用范围逐步扩大,斧、锄、镰等农具,都采用铁范来生产。唐宋时