

铸工实用手册

杜西灵 杜 磊 编著

★ 提供实用铸造技术数据
★ 成就优秀铸造技术人才



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



精工实用手册

杜德茂 曹 刚 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PRESS



ISBN 7-113-03411-1



铸工实用手册

杜西灵 杜 磊 编著



机械工业出版社

本手册是一本铸造工人必备的实用技术工具书。其内容包括：铸造合金、铸造合金熔炼、砂型铸造工艺基础、造型材料、砂型（芯）的制造、铸型浇注、铸件的落砂与清理、铸件质量检验及评定、熔模铸造、陶瓷型铸造、负压（V法）造型、压力铸造、铸造相关计算。本手册以图表为主，内容系统全面，手册中所列数据和资料大部分来自生产实践和相关最新标准，实用性强。

本手册可供铸造工人、技术人员查阅和使用，也可供相关专业在校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

铸工实用手册/杜西灵，杜磊编著. —北京：机械工业出版社，2011.12
ISBN 978-7-111-36502-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 238518 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：陈保华 责任编辑：陈保华 白 刚

版式设计：霍永明 责任校对：陈秀丽 胡艳萍

封面设计：姚 毅 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·54 印张·2 插页·1211 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-36502-0

定价：118.00 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

编辑热线：(010) 88379734

社服务中心：(010)88361066

网络服务

销 售 一 部：(010)68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

铸造是制造业的重要组成部分，是汽车、石化、钢铁、电力、造船、纺织、装备制造等支柱产业的基础，对国民经济的发展及国防力量的增强起着重要的作用。至今，我国已自主研发出一批关乎装备制造业核心配件的大型、高端铸件，例如，世界最大的单体球墨铸铁件、世界最先进的燃气内燃机机架、风电和核电等大型关键铸件等。这些高端、大型核心铸件，意味着我国在连续十年保持铸件产量世界第一的同时，我国的铸造业已展开了对高端铸件自主制造的攻坚战略。技术是工业核心竞争力，技术创造优势，只有具备技术优势的铸造工人，才能生产出具有竞争力的铸件产品。为了促进我国铸造工人技术水平的提高，我们从铸造生产实际出发，根据铸造技术相关最新标准，结合《国家职业技能标准：铸造工（2009年修订）》，编写了这本《铸工实用手册》。

本手册共13章，内容包括：铸造合金、铸造合金熔炼、砂型铸造工艺基础、造型材料、砂型（芯）的制造、铸型浇注、铸件的落砂与清理、铸件质量检验及评定、熔模铸造、陶瓷型铸造、负压（V法）造型、压力铸造、铸造相关计算。本手册以图表为主，内容系统全面，手册中所列数据和资料大部分来自生产实践和相关最新标准，实用性强。本手册可为铸造工人、技术人员，以及相关专业的在校师生在查阅相关铸造技术资料、选择合理的铸造工艺方案和工艺参数、提高操作技能、保证铸件质量等方面提供帮助。我们衷心希望这本手册能为读者提供实用、先进的铸造技术支持，以促进我国铸造技术的发展。

本手册第1章、第10章、第13章由杜磊编写，其余由杜西灵编写，全书由杜西灵统稿。

在本手册编写过程中，参考了国内外同行的大量文献资料，谨向有关人员表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请广大读者指正。

作 者

目 录

前言

第1章 铸造合金	1
1.1 铸钢	1
1.1.1 铸钢分类及牌号表示方法	1
1.1.2 铸造碳钢	3
1.1.3 铸造低合金钢	6
1.1.4 铸造耐磨钢	12
1.1.5 铸造耐热钢和合金	13
1.1.6 铸造不锈钢	16
1.2 铸铁	19
1.2.1 铸铁分类及牌号表示方法	19
1.2.2 灰铸铁	22
1.2.3 球墨铸铁	26
1.2.4 蠕墨铸铁	32
1.2.5 可锻铸铁	34
1.2.6 抗磨铸铁	37
1.2.7 冷硬铸铁	41
1.2.8 耐热铸铁	44
1.2.9 高硅耐蚀铸铁	46
1.3 铸造非铁合金	47
1.3.1 铸造铝合金	47
1.3.2 铸造镁合金	49
1.3.3 铸造铜合金	51
1.3.4 铸造锌合金	62
1.3.5 铸造轴承合金	63
第2章 铸造合金熔炼	68
2.1 碱性电弧炉氧化法炼钢	68
2.1.1 电弧炉的基本结构与型号	68
2.1.2 炼钢用原材料	71
2.1.3 配料与调整成分计算	75
2.1.4 氧化法炼钢过程及控制	77
2.1.5 氧化法炼钢的合理供电制度	85
2.1.6 碳钢、合金钢氧化法熔炼工艺	88
2.1.7 初炼钢液与炉外精炼	97
2.2 感应电炉炼钢	102

2.2.1 炼钢用感应电炉	102
2.2.2 制备坩埚	103
2.2.3 酸性感应电炉炼钢工艺	105
2.2.4 碱性感应电炉炼钢工艺	107
2.3 冲天炉熔炼铸铁	110
2.3.1 冲天炉的技术要求	110
2.3.2 冲天炉的基本结构、参数及专用风机	110
2.3.3 冲天炉熔炼的基本原理	118
2.3.4 冲天炉炉料	119
2.3.5 冲天炉的主要工艺参数及配料计算	121
2.3.6 冲天炉操作及炉况判断	125
2.3.7 冲天炉熔炼的检测技术	130
2.3.8 冲天炉熔炼常见故障及排除方法	134
2.3.9 孕育铸铁的熔炼工艺	137
2.3.10 球墨铸铁的熔炼工艺	140
2.3.11 铸铁的脱硫技术	147
2.4 感应电炉熔炼铸铁	149
2.4.1 无芯感应电炉熔炼铸铁	149
2.4.2 冲天炉-无芯感应电炉双联熔炼	155
2.4.3 有芯感应电炉熔炼铸铁	157
2.5 非铁合金的坩埚炉熔炼	158
2.5.1 坩埚熔炼炉	158
2.5.2 铸造铝合金的熔炼	158
2.5.3 铸造镁合金的熔炼	164
2.5.4 铸造铜合金的熔炼	167
2.5.5 铸造锌合金的熔炼	174
第3章 砂型铸造工艺基础	177
3.1 砂型铸造的技术解决方案及选择	177
3.1.1 手工造型(芯)的解决方案	177
3.1.2 湿型砂机器造型(芯)的解决方案	178
3.1.3 干型和表干型方案	181
3.1.4 水玻璃砂造型(芯)的解决方案	182
3.1.5 自硬树脂砂造型(芯)的解决方案	183
3.1.6 实型铸造与实型负压铸造方案	184
3.1.7 负压造型解决方案	186
3.2 铸造工艺方案的确定	187
3.2.1 零件结构的铸造工艺性分析	187
3.2.2 浇注位置的确定原则	188
3.2.3 分型面的选择原则	189
3.2.4 砂箱中铸件的数量和排列	190

3.3 铸造工艺参数	191
3.3.1 铸造线收缩率	191
3.3.2 起模斜度	193
3.3.3 工艺补正量	195
3.3.4 铸件尺寸公差	197
3.3.5 铸件重量公差	199
3.3.6 机械加工余量	200
3.3.7 分型负数	200
3.3.8 铸件最小壁厚	201
3.3.9 铸件最小铸孔和槽	202
3.4 浇注系统	202
3.4.1 浇注系统的组成和作用	203
3.4.2 浇注系统的结构形式	207
3.4.3 铸钢件的浇注系统尺寸	213
3.4.4 铸铁件的浇注系统尺寸	217
3.4.5 非铁合金铸件的浇注系统尺寸	232
3.4.6 内浇道位置的开设原则	242
3.5 冒口	243
3.5.1 冒口的作用、种类、形状和设置	243
3.5.2 铸件热节与冒口的补缩能力	246
3.5.3 铸钢件冒口	261
3.5.4 铸铁件冒口	275
3.5.5 非铁合金铸件冒口	280
3.6 冷铁	282
3.6.1 冷铁的作用、类型及应用	282
3.6.2 铸钢件的冷铁	283
3.6.3 铸铁件的冷铁	289
3.6.4 非铁合金铸件的冷铁	293
3.7 出气孔	294
3.7.1 出气孔的作用、设置原则	294
3.7.2 出气孔的形状和尺寸	295
3.8 工艺肋	296
3.8.1 防裂肋	296
3.8.2 防变形肋	297
3.9 芯头尺寸与间隙	298
3.9.1 垂直芯头的高度、斜度和间隙	298
3.9.2 水平芯头的长度、斜度和间隙	299
3.9.3 压环、防压环和集砂槽的尺寸	301
3.9.4 芯头尺寸的验算	301
3.10 铸造工艺文件	303

3.10.1 铸造工艺符号	303
3.10.2 工艺文件的类型	310
3.10.3 铸造工艺图	312
3.10.4 铸造工艺卡	312
3.10.5 铸造工艺 CAD 的基本概念	315
3.11 铸造工艺技术解决方案案例	316
3.11.1 耐磨高锰钢铸件铸造工艺方案	316
3.11.2 耐磨低合金钢铸件铸造工艺案例	321
3.11.3 铸钢阀体的铸造工艺解决方案	322
3.11.4 铸钢大型齿轮的铸造工艺解决方案	325
3.11.5 箱体类、筒体类、轮盘类铸铁件的铸造工艺方案特点	328
第4章 造型材料	329
4.1 铸造用原砂	329
4.1.1 硅砂	329
4.1.2 特种砂	332
4.2 粘土砂	336
4.2.1 粘结剂——粘土	336
4.2.2 辅助材料	340
4.2.3 湿型砂	343
4.2.4 干型砂	350
4.2.5 表干型砂	353
4.2.6 粘土砂混制工艺要点	355
4.3 水玻璃砂	355
4.3.1 粘结剂——水玻璃	355
4.3.2 水玻璃 CO ₂ 硬化砂	359
4.3.3 真空置换硬化 (VRH) 法	362
4.3.4 有机酯水玻璃自硬砂	366
4.4 树脂砂	369
4.4.1 粘结剂——合成树脂粘结剂	369
4.4.2 覆膜砂	372
4.4.3 热芯盒砂	375
4.4.4 冷芯盒砂	378
4.4.5 树脂自硬砂	381
4.5 油砂	388
4.5.1 粘结剂——油类	388
4.5.2 植物油芯砂	389
4.5.3 合脂芯砂	390
4.5.4 改性渣油砂	391
4.6 特种砂型 (芯) 砂	392
4.6.1 石灰石型 (芯) 砂	392

4.6.2	锆砂型砂	394
4.6.3	铬铁矿砂型(芯)砂	395
4.6.4	镁砂型砂	395
4.6.5	橄榄石砂型砂	395
4.7	涂料	396
4.7.1	砂型铸造用涂料技术标准	396
4.7.2	铸钢件砂型用涂料	398
4.7.3	铸铁件砂型用涂料	401
4.7.4	非铁合金铸件用涂料	405
4.7.5	涂料的涂敷方法	406
4.7.6	涂料缺陷分析及解决方案	407
4.8	砂芯修补砂、修补膏与胶合剂	409
4.8.1	砂芯修补砂	409
4.8.2	砂芯修补膏	410
4.8.3	砂芯胶合剂	410
4.9	冒口套、冒口覆盖剂材料	411
4.9.1	冒口套用原材料	411
4.9.2	铸钢件用保温冒口套的配方及性能	414
4.9.3	有色金属铸造用保温冒口套的配方及性能	417
4.9.4	发热冒口套的配方	417
4.9.5	明冒口覆盖剂的配方	418
4.10	配砂守则及安全操作要点	419
4.10.1	配砂工艺守则	419
4.10.2	配砂工安全操作要点	419
第5章	砂型(芯)的制造	420
5.1	手工造型制芯	421
5.1.1	常用工具、量具及工装	421
5.1.2	砂箱造型	438
5.1.3	刮板造型	458
5.1.4	地坑造型	469
5.1.5	手工制芯	477
5.2	湿型机器造型制芯	491
5.2.1	机器造型的工艺基础	491
5.2.2	现代机器造型	497
5.2.3	造型生产线	503
5.2.4	机器制芯	505
5.2.5	设备维护保养及安全操作技术	519
5.3	砂型(芯)烘干	520
5.3.1	烘干原理	520
5.3.2	烘干过程	520

5.3.3 烘干规范	521
5.3.4 烘干设备	523
5.3.5 烘干质量检验及评定	524
5.3.6 操作规程	525
5.4 合型	527
5.4.1 合型前的准备	527
5.4.2 砂型摆放及质量检查	527
5.4.3 下芯及内冷铁	528
5.4.4 合型操作	533
5.4.5 砂型的紧固	534
5.4.6 合型操作规程	534
第6章 铸型浇注	539
6.1 铸钢件的浇注	539
6.1.1 盛钢桶的种类和型号	539
6.1.2 盛钢桶的清洁与烘烤	540
6.1.3 钢液的镇静	541
6.1.4 浇注温度	541
6.1.5 浇注速度	542
6.1.6 氩气保护浇注	544
6.1.7 铸钢件浇注操作要点	544
6.1.8 铸钢浇注安全技术	546
6.2 铸铁件的浇注	547
6.2.1 浇包种类和规格	547
6.2.2 修包与烤包	549
6.2.3 浇注温度	551
6.2.4 浇注速度	552
6.2.5 铸铁浇注技术要点	552
6.3 非铁合金的浇注	554
6.3.1 铸造铝合金浇注工艺	554
6.3.2 铸造铜合金浇注温度	554
6.3.3 铸造锌合金浇注温度	556
6.3.4 铸造镁合金的浇注工艺	556
6.3.5 铸造轴承合金的熔铸	559
第7章 铸件的落砂与清理	562
7.1 铸件的落砂	563
7.1.1 铸件在砂型内的冷却时间	563
7.1.2 落砂方法	566
7.2 铸件的清理	569
7.2.1 浇冒口的去除	569
7.2.2 铸件表面清理	573

7.2.3 铸件表面铲磨	578
7.3 铸件缺陷分类	583
7.3.1 多肉类缺陷	583
7.3.2 空洞类缺陷	584
7.3.3 裂纹、冷隔类缺陷	585
7.3.4 表面缺陷	586
7.3.5 残缺类缺陷	587
7.3.6 形状及重量差错类缺陷	587
7.3.7 夹杂类缺陷	588
7.3.8 性能、成分、组织不合格	589
7.4 铸件缺陷的修补	590
7.4.1 焊条电弧焊焊补	590
7.4.2 气焊焊补	605
7.4.3 铸铁件喷覆法焊补	610
7.4.4 环氧树脂粘补法	612
7.4.5 承压铸件的浸渗技术	613
7.5 铸件内应力的消除	615
7.5.1 铸钢件内应力的消除	615
7.5.2 铸铁件内应力的消除	617
7.5.3 非铁合金铸件内应力的消除	618
第8章 铸件质量检验及评定	620
8.1 铸件质量的检验	620
8.1.1 铸件质量的现代内涵	620
8.1.2 铸件质量检验方式	620
8.1.3 铸件质量检验结果分类	621
8.2 铸件缺陷检验方法	622
8.2.1 外观质量检验方法	622
8.2.2 铸件表面和近表面缺陷检验方法	623
8.2.3 铸件内部缺陷检验方法	624
8.2.4 理化性能检验	626
8.3 铸件质量评定方法	627
8.3.1 铸件实物质量评定	628
8.3.2 技术管理质量评定	629
8.3.3 售后服务的质量评定	631
8.3.4 铸件质量分等指数 C	631
8.4 铸件产品验收	632
第9章 熔模铸造	634
9.1 熔模铸件工艺设计	635
9.1.1 浇注系统	635
9.1.2 冒口设计	636

9.1.3 工艺参数	637
9.2 压型	643
9.2.1 常用压型的类型	643
9.2.2 机械加工压型	644
9.2.3 其他材料压型	648
9.3 模料与制模工艺	653
9.3.1 模料配制	653
9.3.2 压制蜡模	659
9.3.3 焊接模组	661
9.3.4 熔模缺陷、原因分析及解决方案	663
9.3.5 石蜡-硬脂酸模料回收处理	665
9.4 型壳制造工艺	667
9.4.1 制壳用材料	667
9.4.2 硅酸乙酯涂料及制壳工艺	672
9.4.3 硅溶胶涂料及制壳工艺	676
9.4.4 水玻璃涂料及制壳工艺	679
9.4.5 硅溶胶-水玻璃复合制壳工艺	684
9.4.6 型壳缺陷、原因分析及解决方案	685
9.5 脱蜡及焙烧	688
9.5.1 脱蜡工艺	688
9.5.2 造型方法	690
9.5.3 型壳焙烧	690
9.5.4 摇壳与洗壳、裂纹检查与修补	693
9.6 型芯	694
9.6.1 陶瓷型芯	695
9.6.2 水溶性型芯	704
9.7 感应电炉熔炼	706
9.7.1 炉料准备及配料计算	706
9.7.2 坩埚制备	708
9.7.3 感应炉熔炼工艺	711
9.8 重力浇注	715
9.8.1 浇注形式	715
9.8.2 浇注时的型壳温度	716
9.8.3 浇注温度	716
9.8.4 浇注速度	717
9.8.5 浇注操作	718
9.9 铸件清理与热处理	718
9.9.1 铸件在型壳中的冷却方式与冷却时间	718
9.9.2 铸件组脱壳方法	719
9.9.3 切割浇冒口的的方法	719

9.9.4 铸件表面清理方法	720
9.9.5 熔模铸件的缺陷焊补	725
9.9.6 熔模铸件的防锈处理	728
9.10 熔模铸件的质量检验	729
9.10.1 熔模铸件质量技术标准	729
9.10.2 熔模铸件质量检验	730
9.10.3 熔模铸件缺陷、原因分析及解决方案	730
第10章 陶瓷型铸造	734
10.1 陶瓷铸型的成型过程	734
10.1.1 整体陶瓷铸型	734
10.1.2 复合陶瓷铸型	734
10.1.3 陶瓷型铸造的工艺流程	736
10.2 铸件工艺设计	736
10.2.1 浇注位置和分型面的选择	736
10.2.2 工艺参数	736
10.2.3 母模	737
10.2.4 浇注系统	739
10.2.5 冒口	740
10.3 造型材料	740
10.3.1 陶瓷型用原材料	740
10.3.2 陶瓷型浆料的配方	743
10.3.3 浆料制备工艺	744
10.4 造型工艺	745
10.4.1 各工序的操作方法	745
10.4.2 专用起模装置	746
10.5 浇注与清理	747
10.6 陶瓷型铸件缺陷及技术解决方案	747
第11章 负压（V法）造型	750
11.1 工艺过程	750
11.2 工艺设计	751
11.3 基本设备及工装	752
11.4 主要原材料	753
11.4.1 负压造型用塑料薄膜	753
11.4.2 负压造型用型砂	754
11.4.3 负压造型用涂料	754
11.5 水泵铸铁叶轮的负压造型	755
11.5.1 叶轮铸造工艺设计	755
11.5.2 叶轮铸件负压铸造生产的工序操作	756
第12章 压力铸造	758
12.1 压铸合金	759

12.1.1 压铸铝合金	759
12.1.2 压铸锌合金	761
12.1.3 压铸镁合金	762
12.1.4 压铸铜合金	764
12.2 铸件结构与技术要求	765
12.2.1 铸件结构要素	765
12.2.2 铸件技术要求	775
12.3 压铸机	781
12.3.1 冷室压铸机	781
12.3.2 热室压铸机	784
12.3.3 压铸机的安全操作规程	786
12.4 压铸模	786
12.4.1 压铸模的结构	786
12.4.2 压铸机的选择	787
12.4.3 分型面	788
12.4.4 浇注技术	788
12.4.5 压铸模成型零件	789
12.4.6 抽芯机构、顶出机构及冷却系统	793
12.4.7 压铸模的基本零件	794
12.4.8 压铸模的技术要求	795
12.5 压铸工艺	798
12.5.1 压射比压	798
12.5.2 速度	798
12.5.3 温度	799
12.5.4 时间	799
12.5.5 余料饼厚度	800
12.5.6 定量浇注	800
12.5.7 压室充满度	800
12.5.8 压铸用涂料	800
12.6 压铸生产	802
12.6.1 压铸模加热	802
12.6.2 金属液的供给	804
12.6.3 浇注	804
12.6.4 取件和喷涂	806
12.6.5 铸件清理	806
12.6.6 铸件后处理	808
12.7 铸件质量检验	809
12.7.1 铸件质量检查项目	809
12.7.2 铸件表面质量级别及其表面粗糙度	809
12.7.3 铸件力学性能测定	809

12.7.4 压铸件缺陷、原因分析及解决方案	811
第13章 铸造相关计算	820
13.1 体积与面积	820
13.1.1 常见几何体体积近似计算公式	820
13.1.2 常用几何图形面积计算公式	821
13.2 密度	823
13.2.1 常用铸造合金的密度	823
13.2.2 木模常用材料的密度	823
13.2.3 密度计算案例	823
13.3 重量计算	823
13.3.1 根据铸造工艺图计算铸件重量	823
13.3.2 根据实体模样重量计算铸件重量	825
13.3.3 浇满一个铸型所需的金属液重量	826
13.3.4 大型铸钢件的毛重及钢液总重量	826
13.4 计算铸铁的碳当量及共晶度	827
13.4.1 碳当量和共晶度的计算及判据	827
13.4.2 计算案例	827
13.5 铸铁件浇注系统计算	827
13.5.1 浇注时型腔内液面上升速度的计算	827
13.5.2 计算浇注系统各组元截面积	828
13.5.3 计算球墨铸铁件压边浇口截面积	828
13.5.4 顶注、中注、底注时的平均压力头 H_p 的计算	828
13.5.5 公式法计算灰铸铁件浇注系统各组元截面积	829
13.6 芯头承压面积核算	829
13.7 铸钢凝固收缩的相关计算	830
13.7.1 碳钢的体收缩率	830
13.7.2 合金钢的体收缩率	830
13.7.3 碳钢缩孔体积的计算	831
13.8 铸钢件模数计算	831
13.8.1 凝固模数表达式	831
13.8.2 简单几何体的模数计算	832
13.8.3 组合体模数的计算	833
13.8.4 杆的模数	834
13.9 模数法计算铸钢件冒口	835
13.9.1 由冒口模数和表面积计算冒口体积	835
13.9.2 计算不同形体铸件模数, 判断冷却快慢	835
13.9.3 计算同体积、不同表面积铸件的模数, 判断冷却快慢	836
13.9.4 模数法计算冒口	836
13.10 比例法计算铸钢件冒口尺寸	838
13.11 铸钢件致密性的判断计算	838

13.12 铸造工艺设计计算	838
13.12.1 球墨铸铁件工艺计算	838
13.12.2 铸钢件工艺计算	840
13.13 关于砂型紧实度的计算	841
13.14 刮板造型轮形件的分肋计算	841
13.14.1 简单作图法	841
13.14.2 公式计算法	842
13.14.3 经验数据法	842
13.14.4 计算案例	843
13.15 抬型力与紧固力的计算	843
13.15.1 金属液静压力产生的抬型力	843
13.15.2 型芯剩余浮力产生的抬型力	843
13.15.3 铸型紧固力	844
13.15.4 计算案例	844
13.16 重型铸钢件起吊力的计算	846
13.16.1 重型铸件的起吊力	846
13.16.2 砂箱箱把的承受力	846
参考文献	848