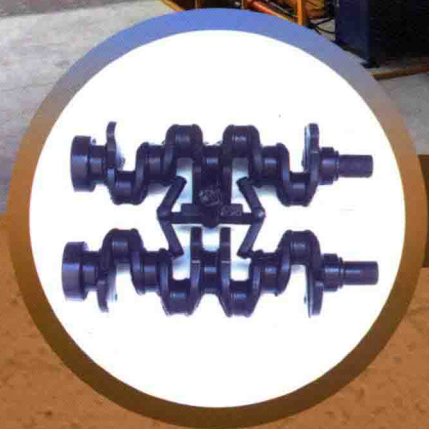




铁型覆砂铸造 及其应用

黄列群 潘东杰 沈永华◎编著

- ★ 近净成形先进铸造技术
- ★ 获国家科技进步奖项目
- ★ 40余年的技术成果积累
- ★ 铁型覆砂铸造实用指南

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

铁型覆砂铸造及其应用

黄列群 潘东杰 沈永华 编 著

机械工业出版社

本书全面系统地介绍了铁型覆砂铸造技术。主要包括：绪论、铁型覆砂铸造理论基础、覆砂工艺及覆砂材料、铁型覆砂铸造合金熔炼及质量控制、铁型覆砂铸造工艺设计、铁型覆砂铸造的工装设计与制造、铁型覆砂铸造的生产线设备及车间设计、铁型覆砂铸造中的环境治理和节能、铁型覆砂铸件质量控制。本书以作者长期从事铁型覆砂铸造技术的研究和应用成果为基础，反映了我国在铁型覆砂铸造领域的现状和发展水平，具有很强的实用性。

本书可供铸造工程技术人员、工人阅读使用，也可供相关专业的在校师生和科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

铁型覆砂铸造及其应用 / 黄列群, 潘东杰, 沈永华编著. — 北京: 机械工业出版社, 2019.12

ISBN 978-7-111-64230-5

I. ①铁… II. ①黄… ②潘… ③沈… III. ①特种铸造 IV. ①TG249

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 275713 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 李含杨

责任校对: 张 薇 封面设计: 马精明

责任印制: 孙 炜

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

2020 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 16.5 印张 · 328 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-64230-5

定价: 69.00 元

电话服务

网络服务

客服电话: 010-88361066 机 工 官 网: www.cmpbook.com

010-88379833 机 工 官 博: weibo.com/cmp1952

010-68326294 金 书 网: www.golden-book.com

策划编辑: 010-88379734 机工教育服务网: www.cmpedu.com

封底无防伪标均为盗版

序

铸造是现代制造业的重要基础工艺，在很多领域已成为关键产品和高端技术装备的重要技术支撑。《中国制造 2025》提出要加强“四基”创新能力建设，作为基础工艺的铸造行业要建立和健全基础工艺创新体系，提升铸造工艺技术和关键铸件自主制造能力。按照“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，先进铸造行业要走资源节约型、环境友好型发展之路，助推制造强国目标早日实现。

铸造是历史最悠久的基础工艺之一，而绿色、节能、高致密、高质量、近净成形已成为先进铸造技术的发展方向。铁型覆砂铸造作为一种先进铸造技术，其历史并不长，但发展潜力巨大。国外对铁型覆砂铸造技术的研究和应用从 20 世纪 50 年代后期开始，用于发动机球墨铸铁曲轴、凸轮轴等铸件的生产。从 20 世纪 70 年代开始，机械研究总院、浙江省机械科学研究所、浙江大学、华中工学院（现华中科技大学）等开始进行铁型覆砂铸造技术试验研究，20 世纪 70 年代末，在个别企业实现了 S195 曲轴铸件的小批量生产应用。

铁型覆砂铸造技术通过设计合理的铁型壁厚和覆砂层厚度来控制铸件的冷却顺序和冷却速度，使铸件的充型、凝固和冷却过程在一个理想和有利的条件下完成，可最大限度地消除产生铸造缺陷的因素，显著提高了铸件的质量和力学性能，成为一种生产高致密、高质量铸件的先进铸造技术。本书编著者从 20 世纪 80 年代开始进行铁型覆砂铸造技术研究，30 多年来他们继承和发扬了前人的研究成果，在铁型覆砂材料、工艺、设备等方面进行了系统的研究和开发，实现了铁型覆砂铸造技术在我国的成功应用和扩大推广。据悉，目前我国每年用铁型覆砂铸造工艺生产的高质量铸件达 100 万 t 以上，铁型覆砂铸造已成为一种重要的近净成形先进铸造技术。

本书作为铁型覆砂铸造领域唯一的专著，比较系统地介绍了该领域现有的研究成果、工艺设计要点及设备等相关配套技术，并提供了大量铁型覆砂铸造成功应用的实例。深信本书能给从事铸造技术及设计的工程技术人员提供技术借鉴和启发，并给铸造行业推荐一种环保、节能、近净成形的先进铸造技术。

中国工程院院士
清华大学教授



前 言

铁型覆砂铸造是指在与铸件轮廓近形的铁型内腔覆上一层型砂而形成铸型的一种铸造技术。该技术既具有壳型精密铸造的高精度和低表面粗糙度值等优点，又具有金属型铸造的组织致密和铸造缺陷少等优点，在生产中得到了日益广泛的应用。

本书编著者 30 多年来一直从事铁型覆砂铸造工艺和配套技术的研究及应用推广工作。编著者所在的浙江省机电设计研究院拥有一支由 5 名铸造专业正高级工程师领衔的铸造团队，主要从事铁型覆砂铸造工艺研究、全套工装和生产线设备提供，以及该技术应用领域的拓展和推广等工作，是国家科技部认定的铁型覆砂铸造技术依托单位；20 余年来，每年均为 100 家以上铸造企业提供铁型覆砂铸造技术支持并每年建成 10 条以上铁型覆砂铸造生产线，累计已为 400 多家铸造企业提供了 600 多条生产线，得到了铸造企业的信赖与支持。

本书是编著者所在团队 40 余年在铁型覆砂铸造领域所做工作的如实记载和总结，内容理论与实际相结合，侧重于生产应用，全书共 9 章。编写本书的目的是总结和反映铁型覆砂领域铸造技术、生产经验和研究成果等，以更好地服务于生产和科研。

本书专业性和实用性强，内容深入浅出，通俗易懂，可供铸造工程技术人员、工人阅读使用，也可供相关专业的在校师生和科研人员参考。

本书由黄列群、潘东杰和沈永华编著，楼白杨和夏小江参与了资料收集、整理和排版工作。参与早期工作的还有徐汉藩、吴武文、范广业、吴元福、薛存球等。

本书承清华大学柳百成院士撰写序言，谨致以最深切的谢意。

由于编著者水平有限，又兼时间仓促，书中有疏漏不妥之处，请广大读者给予指正。

编著者

目 录

序

前言

第1章 绪论..... 1

- 1.1 铁型覆砂铸造发展历史 1
 - 1.1.1 试验研究和少量应用阶段 2
 - 1.1.2 扩大应用和逐步完善阶段 3
 - 1.1.3 行业认可、规范提高阶段 3
 - 1.1.4 全面推广应用提高阶段 ... 4
- 1.2 铁型覆砂铸造工艺过程 6
 - 1.2.1 铁型覆砂铸造概念 6
 - 1.2.2 铁型覆砂铸造的生产实现 7
- 1.3 铁型覆砂铸造特点 8
- 1.4 本章小结 10

第2章 铁型覆砂铸造理论基础..... 11

- 2.1 铸件成形基础 11
- 2.2 传热机理 12
 - 2.2.1 传热方式 12
 - 2.2.2 铸型特性对传热的影响... 14
 - 2.2.3 铁型覆砂铸型的传热特点 15
- 2.3 充型理论 17
 - 2.3.1 液态金属充型能力及影响因素 18

- 2.3.2 提高液态金属充型能力的措施 23

2.4 冷却凝固理论 23

- 2.4.1 铁型覆砂铸造条件下铸件冷却的影响因素 23
- 2.4.2 金属的凝固过程 27
- 2.4.3 凝固方式及宏观结晶组织的控制 28
- 2.4.4 铁型覆砂铸造对球墨铸铁凝固的有利条件 30

2.5 铸造 CAD/CAE..... 32

- 2.5.1 铸造 CAD/CAE 的概念 32
- 2.5.2 铸造 CAE 软件组成 34
- 2.5.3 铁型覆砂铸造过程数值模拟 35

2.6 本章小结 42

第3章 覆砂工艺及覆砂材料... 43

- 3.1 覆砂造型 43
 - 3.1.1 覆砂造型原理 43
 - 3.1.2 覆砂造型工艺 44
 - 3.1.3 覆砂造型对覆砂材料的要求 45
- 3.2 覆砂造型材料(覆膜砂)..... 46
 - 3.2.1 覆膜砂的成分和性能要求 46
 - 3.2.2 覆膜砂的牌号、分类和选用 49
 - 3.2.3 覆膜砂的混制与回用 ... 52
- 3.3 铁型覆砂铸造辅助材料 53

3.3.1	脱模剂	53
3.3.2	修型用型砂、型芯胶合剂 和涂料等	54
3.3.3	典型铁型覆砂铸件用覆 膜砂	58
3.4	本章小结	61

第4章 铁型覆砂铸造合金熔炼 及质量控制..... 62

4.1	铸造合金	62
4.1.1	铁碳合金基础	62
4.1.2	灰铸铁	63
4.1.3	球墨铸铁	72
4.1.4	合金铸铁	81
4.1.5	铸钢	84
4.2	合金熔炼	87
4.2.1	常见合金熔炼方法及其 特点	87
4.2.2	中频感应炉合金熔化 原理	88
4.2.3	灰铸铁的熔炼	91
4.2.4	球墨铸铁的熔炼	95
4.2.5	高铬耐磨铸铁熔炼	97
4.2.6	铸钢的熔炼	97
4.3	铸造合金熔炼的质量控制	98
4.4	生产实例	100
4.5	本章小结	102

第5章 铁型覆砂铸造工艺 设计.....104

5.1	铁型覆砂铸造工艺设计的 特点、内容和步骤	104
5.1.1	铁型覆砂铸造工艺设计的 特点	104
5.1.2	铁型覆砂铸造工艺设计的 内容和步骤	106

5.2	铁型覆砂铸造工艺方案的 确定	107
5.2.1	铸件结构分析	107
5.2.2	浇注位置的确定	110
5.2.3	分型面的选择	111
5.2.4	铸造工艺设计参数 确定	113
5.2.5	型芯设计	117
5.3	浇冒口系统设计	120
5.3.1	浇注系统	120
5.3.2	覆砂层和铁型壁厚的 设计	131
5.3.3	冒口和冷铁设计	133
5.4	生产实例	136
5.5	本章小结	145

第6章 铁型覆砂铸造的工装 设计与制造.....146

6.1	铁型覆砂铸造工装设计的 特点	146
6.2	铁型覆砂铸造的工装设计	147
6.2.1	模板设计	147
6.2.2	铁型设计	152
6.2.3	芯盒设计	160
6.2.4	射砂板	162
6.2.5	顶杆板和落砂斗	163
6.3	铁型覆砂铸造模样的制造	164
6.3.1	数控加工	164
6.3.2	特种加工	165
6.3.3	磨削和抛光	166
6.4	生产案例	167
6.5	本章小结	176

第7章 铁型覆砂铸造的生产线 设备及车间设计.....177

7.1	铁型覆砂铸造生产工艺
-----	------------

流程	177
7.1.1 覆砂造型及对设备的要求	177
7.1.2 合箱及对设备的要求	178
7.1.3 浇注及对设备的要求	179
7.1.4 开箱及对设备的要求	179
7.1.5 铁型清理、调温及对设备的要求	179
7.1.6 铁型输送及对设备的要求	180
7.2 铁型覆砂铸造生产线及分类	180
7.2.1 铁型覆砂铸造生产线的特点及要求	180
7.2.2 铁型覆砂铸造生产线的分类	181
7.3 铁型覆砂铸造生产线发展前景	188
7.4 铁型覆砂铸造生产线的关键设备	189
7.4.1 覆砂造型机	189
7.4.2 铁型清理机	196
7.4.3 合箱机和开箱机	198
7.4.4 翻箱机	198
7.4.5 出铸件机	199
7.4.6 其他设备	200
7.5 铁型覆砂铸造生产线控制系统	201
7.6 铁型覆砂铸造车间设计	203
7.6.1 车间组成	203
7.6.2 工作制度、生产纲领及年时基数	203
7.6.3 主要设备选择和参数确定	204

7.7 铁型覆砂铸造生产线及车间设计实例	204
7.8 本章小结	207

第8章 铁型覆砂铸造中的环境治理和节能.....208

8.1 主要污染源和污染物	208
8.2 污染物治理措施	209
8.2.1 粉尘和废气的治理	209
8.2.2 噪声	218
8.2.3 废水和固体废弃物的处理	218
8.3 节能	219
8.4 本章小结	220

第9章 铁型覆砂铸件质量控制.....221

9.1 主要缺陷及防止措施	221
9.1.1 气缩孔	221
9.1.2 冲砂、砂眼	225
9.1.3 夹渣	227
9.1.4 缩松、缩孔	232
9.1.5 气孔	236
9.1.6 错箱	238
9.1.7 浇不足	240
9.1.8 飞边、毛刺	241
9.1.9 冷隔	242
9.1.10 粘砂	244
9.2 其他缺陷	246
9.3 铸件质量控制	249
9.4 本章小结	252

参考文献.....253

第1章 绪 论

铸造是关系国计民生的重要行业，是汽车、石化、钢铁、电力、造船、纺织、装备制造等产业的基础工业。近年来我国铸件产量已达 4000 多万吨，成为世界第一铸造大国，并正在向铸造强国努力。

在这 4000 多万吨铸件的生产中，砂型铸造由于适应性广和生产准备简便等特点，一直是铸造生产中应用最广的基本工艺。但是，砂型铸造生产的铸件常会存在尺寸精度、表面质量和内在质量不高等现象，在生产某些铸件时的技术经济指标也比较低。因此，除了砂型铸造以外，通过改变铸型的材料、浇注的方式、铁液充型的形式和铸件凝固的条件等因素，形成了多种有别于砂型铸造的特种铸造，如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造、真空吸铸、磁型铸造、挤压铸造等。

铁型覆砂铸造（sand-lined iron mold casting）是通过改变砂型铸造的铸型材料和铸件凝固条件等因素形成的一种特种铸造工艺。当用于生产特定的铸件时，通过正确地设计和控制铁型覆砂铸造工艺工装、专机设备、铁液成分、生产规程等参数和环节，可进行高质量铸件的大批量近净成形生产，具有非常好的技术经济效益。目前我国经济进入高质量和绿色发展时期，“优质铸件”和“节能减排”是当前铸造行业的主题，铁型覆砂铸造因此迎来了发展的大好时机。

本书涉及的铁型覆砂铸造是指用于大批量生产、通过射砂方式进行覆砂造型的铁型覆砂铸造工艺和设备等，对于人工覆砂生产大型机车曲轴和钢锭模等铸件的铁型覆砂铸造生产方式涉及很少。

1.1 铁型覆砂铸造发展历史

铁型覆砂铸造于 1956 年由 Jack Stooocks 发明，美国称铁型覆砂铸造为 X 法，日本以“型腔衬壳型铸造法”注册，实际生产中都有少量的应用。苏联在 20 世纪 70 年代初对铁型覆砂铸造的传热冷却规律、覆砂层材料成分和厚度、覆砂工艺、铁型结构、生产线及主要专机等进行了系统的研究，并于 1974 年在哈尔科夫“镰刀与锤子”发动机制造厂建成了第一条生产发动机曲轴的双工位铁型覆砂铸造生产线，其主要参数：铁型尺寸（长 × 宽 × 高）为 1300mm × 1000mm × 200mm，生

产线面积 $43 \times 8.5\text{m}^2$ ，年产 CMД-14 型曲轴 15 万件，每班 9 名工人操作。与该厂原来的砂型铸造相比，废品率减少了 80%，成本降低了 18%；投资回收期 1.9 年，取得了很好的技术经济效益。

我国铁型覆砂铸造的试验和应用工作是从 1975 年前后开始的，经历了试验研究、个别企业的少量应用、扩大应用和逐步完善、行业认可、规范提高、全面推广应用等阶段，但这些过程往往是交替进行的。例如，规范提高的阶段现在还没有完成，而是边规范提高边推广应用到向前发展的。

1.1.1 试验研究和少量应用阶段

从 1975 年开始，中国机械科学研究所、浙江省机械科学研究所（简称浙江机科所）、上海内燃机研究所、上海冶金研究所、永康拖拉机厂、常州柴油机厂以及浙江大学、华中工学院等单位，开始对铁型覆砂铸造进行比较全面的工艺研究，分别从铁型覆砂铸造工艺本身到实现方法、铁型覆砂铸造对铸件性能的影响、实际生产应用等方面进行了独立或联合研究。

1979 年 11 月 17 日—20 日，农机部在永康拖拉机厂组织召开“铁型覆砂铸造 S195 球墨铸铁曲轴”项目总结和技术鉴定会。当时项目的主要设备和工艺数据为：覆砂层材料是自行冷法混制的 2123 酚醛树脂砂，由改装的 Z8525 射芯机完成覆砂造型，每型布置 2 件曲轴。现场实际生产了 62 件曲轴。经检验和统计：铁型覆砂铸造曲轴简易生产线实用、稳定、投资少，具有 15000 件 S195 曲轴毛坯的年生产能力；QT700-2 曲轴的废品率为 12.9%。从此，我国第一条简易铁型覆砂铸造生产线在永康拖拉机厂铸造车间投产。图 1-1 所示为当时的上下铁型和模板。

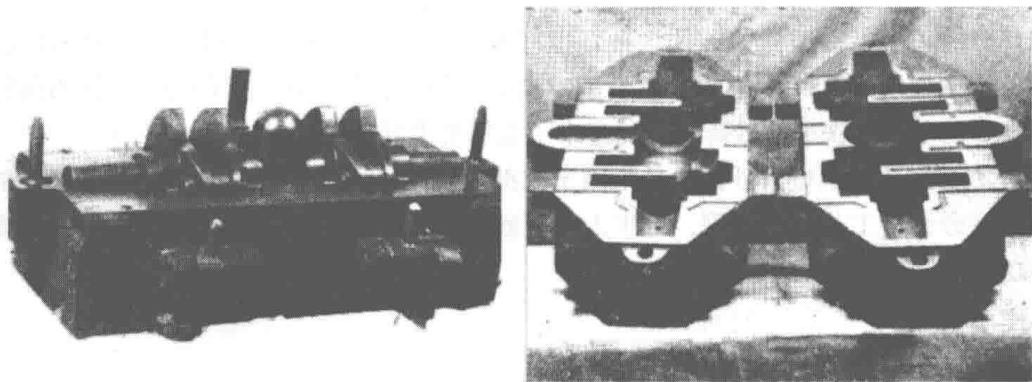


图 1-1 铁型和模板

到 1986 年，具有上述特征的铁型覆砂铸造单缸曲轴工艺和简易生产线在上虞动力机厂、望都曲轴连杆厂、皖北曲轴厂、侯马内配厂、永安内配厂、金华内配厂、新乡内配厂等企业试制，并在前 6 家企业成功投入生产应用，部分取代原来的砂型铸造生产单缸曲轴。期间进行了 S195 凸轮轴和 95 缸套的铁型覆砂铸造工艺设

计和试验,但未能应用于实际生产。1986年,常州柴油机厂S195曲轴铁型覆砂铸造项目通过机械工业部验收,投入生产。

1.1.2 扩大应用和逐步完善阶段

1987年,吉林大华机器厂从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产S195曲轴;1988年,长春133厂从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产升降机阀体铸件;1990年,武义球墨铸铁厂从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产S195曲轴;1990年,望都曲轴连杆厂和山西侯马内配厂分别从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产V8曲轴,并首次采用“铁芯覆砂”;1991年,江山铸锻件厂、杭州曲轴厂、望都曲轴连杆厂、洛阳富兴公司等分别从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产492Q等曲轴;1992年,赤峰汽车配件厂、安新机械厂、山东九羊集团、东沟志愿军拖拉机厂、山东振华机器厂等分别从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产六缸和四缸等曲轴;1993年,全椒柴油机厂、辛集曲轴厂、沈阳第一曲轴厂、百色矿山机械厂、德清双箭耐磨材料厂等分别从浙江机科所引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产铸件品种不断扩大。

1993年3月12日,机械工业部在上虞动力机厂主持召开四缸曲轴铁型覆砂铸造技术现场鉴定会;1994年,第一台铁型覆砂铸造覆砂造型专机——2ZF25双工位覆砂造型机通过浙江省成果鉴定,并正式用于铁型覆砂铸造生产。

铁型覆砂铸造在大量企业的应用,使铁型覆砂铸造工艺和设备有了不断完善和提出的需求和机会,这个阶段铁型覆砂铸造技术的主要进步是:①铁型覆砂铸造工艺积累了大量成功经验,表现在铁型覆砂铸造的应用,成功地实现了从单缸曲轴向多缸曲轴的突破,并被曲轴行业广泛认可,以及铁型覆砂铸造成功应用于阀体、磨盘等非曲轴类件的铸造生产,大大拓展了铁型覆砂铸造的应用领域。②研制成功铁型覆砂专用造型机,解决了原来改装射芯机存在的受力不合理、夹紧力不足和投影面积小等问题;规范了铁型覆砂铸造生产线,使原来比较简单的铁型覆砂铸造生产线得到了改进。③随着酚醛树脂性能的提高,尤其是覆膜砂应用的扩大,铁型覆砂铸造型砂使用了覆膜砂,不再由使用单位自行混制,也促进了铁型覆砂铸造的推广应用,提高了覆砂造型质量。

1.1.3 行业认可、规范提高阶段

1995—1999年,保定电影机械厂、宜兴机械总厂、德阳东工铸锻造厂、上海汽车铸造总厂球墨铸铁厂、路城曲轴厂、哈尔滨曲轴厂、新晃机械制造总厂、南通铸管厂、磁县汽车配件厂、江岸车辆厂、湖北内燃机配件总厂、山东时风集团、西安华兴实业公司、江铃汽车铸造厂、海安机械总厂等企业,分别从浙江省机电设计研究院(以下简称浙江机电院,其前身即浙江机科所)引进铁型覆砂铸造技术和设备,生产的铸件品种不断扩大。众多企业的应用,尤其是一些大型企业的应用,对铁型

覆砂铸造工艺和生产线提出了更高的要求。随着铁型覆砂铸造工艺计算机辅助设计的采用,铁型覆砂铸造企业实际生产问题的不断提出和解决,尤其是大量铁型覆砂铸造技术人员的锻炼成长,进一步促进了铁型覆砂铸造工艺和生产技术的发展。

1996年6月16日,机械工业部对“铁型覆砂铸造技术”进行了全面总结和鉴定,认为铁型覆砂铸造节能节材,经济效益和技术效益显著,并给予了高度的评价和认可。1997年5月,机械工业部成果处在上海球墨铸铁厂生产现场主持召开了全国铁型覆砂铸造推广会,100余位代表参会,浙江机电院和上海球墨铸铁厂分别做了全面的发言介绍。1997年,机械工业部成立“机械工业部铁型覆砂铸造推广中心”,中心挂靠在浙江机电院,铁型覆砂铸造的应用推广工作得到了机械工业部科技司的直接指导和支持。1999年,机械工业部科技司把铁型覆砂铸造技术列入“九五”国家科技成果重点推广计划(国科发计【1999】378号),指定了技术依托单位。1999年6月15日,浙江机电院承担的“铁型覆砂铸造球墨铸铁件计算机凝固模拟研究”项目通过鉴定,铁型覆砂铸造工艺设计全面采用计算机软件的辅助设计。2009年,全国铸造标准化技术委员会设立铁型覆砂铸造组,制定并发布了机械行业标准JB/T 12281—2015《铁型覆砂造型机》,这是铁型覆砂铸造领域的第一行业标准。2015年,中国铸造协会将铁型覆砂铸造列入铸造行业“十三五规划”重点推荐的新工艺和新技术。

1.1.4 全面推广应用提高阶段

这个阶段的主要标志是采用铁型覆砂铸造生产的铸件种类不断增加,铁型覆砂铸造生产线的机械化水平不断提高,主要表现在以下几个方面。

1. 铁型覆砂铸件种类不断增加

从2000年开始,武汉江岸车辆厂、北京二七车辆厂、沈阳机车厂等先后应用铁型覆砂铸造生产斜楔和旁承座等火车铸件,并在铁路行业推广。近年来,铁路机车制造行业还应用铁型覆砂铸造生产电机座等高铁铸件,均取得了较好的技术经济效益。

2004年,德兴铜矿在浙江机电院的帮助下,建成了磨球铁型覆砂铸造生产线;2008年,甘肃金昌集团紧接着建成了两条磨球铁型覆砂铸造生产线。在中国铸造协会耐磨分会的推动下,先后在宁国、唐山等地建成了多条磨球铁型覆砂铸造生产线。据估计,目前铁型覆砂铸球的年生产量为60万t以上。

2002年,荆州拉管厂应用铁型覆砂铸造生产方向器壳体铸件;2003年,重庆特钢铸造厂应用铁型覆砂铸造生产汽车转向节铸件;2007年,中集驻马店铸造厂应用铁型覆砂铸造生产铸铁轮毂,均取得成功。近年来,许多企业应用铁型覆砂铸造生产汽车前后悬架、行星架、制动鼓、轮边器壳体、桥壳等各类汽车底盘铸件,作为汽车轻量化的重要毛坯工艺受到重视,是目前铁型覆砂铸造应用推广的重要领域。

2008年以后,铁型覆砂铸造用于电梯曳引机、压缩机螺杆、飞轮、泵阀等铸件的生产,均取得了较大的成功。其中,电梯曳引机铸件目前已基本采用铁型覆砂铸造进行生产。

目前,超过千家企业在生产中应用了铁型覆砂铸造工艺,近千种铸件采用铁型覆砂铸造工艺进行大批生产,年生产铁型覆砂铸件150万t以上。部分典型铁型覆砂铸件如图1-2所示。



图 1-2 典型铁型覆砂铸件

2. 铁型覆砂铸造生产线机械化水平不断提高

2004年,德兴铜矿建成了当时机械化水平最高的铁型覆砂铸造生产线;2006年,玉柴配件公司建成了生产多缸曲轴的机械化铁型覆砂铸造生产线;2007年,中集华骏驻马店铸造厂建成了生产轮毂的机械化铁型覆砂铸造生产线;2010年,柳机动力公司建成了生产多缸曲轴的机械化铁型覆砂铸造生产线;2011年,河北奥迪爱建成了生产多缸曲轴的机械化铁型覆砂铸造生产线。机械化铁型覆砂铸造生产线如图1-3所示。目前,绝大多数铁型覆砂铸造生产线是机械化铁型覆砂铸造生产线(见图1-3)或简单机械化铁型覆砂铸造生产线(见图1-4)。



图 1-3 机械化铁型覆砂铸造生产线



图 1-4 简单机械化铁型覆砂铸造生产线

铁型覆砂铸造工艺向着近净成形铸造方向发展,铁型覆砂铸造生产线对机械化、自动化、智能化的要求不断提高,是铁型覆砂铸造不断发展提高的努力方向。

1.2 铁型覆砂铸造工艺过程

1.2.1 铁型覆砂铸造概念

铁型覆砂铸造又称为覆砂金属型铸造。金属型铸造的涂料厚度为 $0.2\sim 0.4\text{mm}$ 。当用于生产球墨铸铁类铸件时,由于铸件冷却速度太快等原因仍有一定的困难;若改为型砂,涂料厚度增加到 $4\sim 8\text{mm}$,就能适应球墨铸铁类铸件的生产。因此,有文献将铁型覆砂铸造归入金属型铸造,而且是涂料很厚的金属型。如果能把金属型铸造的涂料厚度增厚 20 倍左右,金属型铸造就变成了铁型覆砂铸造。

铁型覆砂铸造工艺流程如图 1-5 所示。铁型覆砂铸造是在近形的铁型内腔覆上一层薄砂形成型腔;通过经验设计、工艺试验、计算机模拟和生产验证等方法,确定合理的铁型壁厚和覆砂层厚度,使铸件的充型、凝固和冷却过程在一个比较理想的条件下完成,最大限度地消除了产生铸造缺陷的影响因素,从而大大提高了铸件的质量。铁型覆砂铸造的铸件、覆砂层和铁型的相对位置如图 1-6 所示。

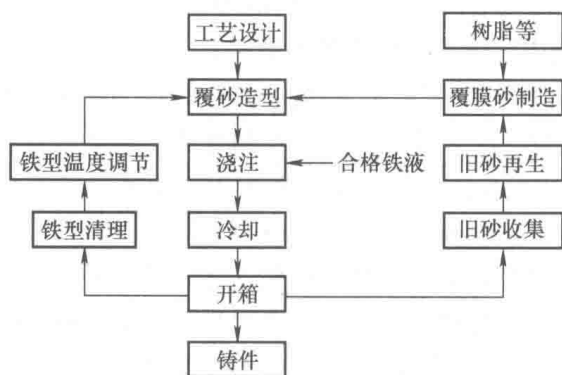


图 1-5 铁型覆砂铸造工艺流程

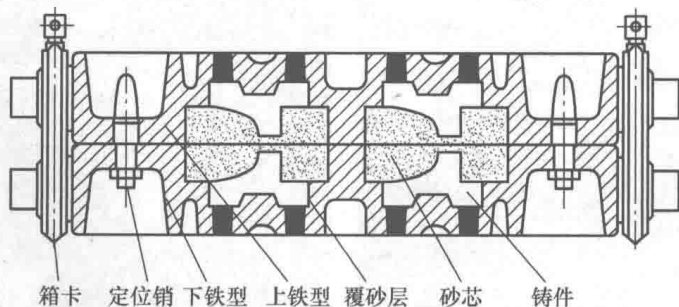


图 1-6 铁型覆砂铸造的铸件、覆砂层和铁型的相对位置

铁型覆砂铸造充分吸取了壳型铸造和金属型铸造两种特种铸造工艺的优点,当用于特定铸件生产时,具有显著的技术经济优势。此外,铁型覆砂铸造除了可以通过改变覆砂层厚度等参数比较容易调节不同铸件的冷却速度以外,还有比壳型铸造用砂量更少、铸型刚度更好,比金属型工装使用寿命更长等优点。

1.2.2 铁型覆砂铸造的生产实现

铁型覆砂铸造要有效、经济、可靠地用于实际铸件生产,至少必须考虑并解决以下问题:

1) 掌握铁型覆砂铸件的结晶凝固和冷却规律,用于指导铁型和覆砂层参数的设计。影响铁型覆砂铸件在铸型中结晶凝固和冷却的因素有铸件壁厚(模数)、铸件材质、浇注温度、覆砂层材料、覆砂层厚度、铁型材质、铁型壁厚以及铸型在浇注前的温度等。在工艺条件基本确定后,对具体铸件结晶凝固和冷却影响最大的是铸件壁厚(模数)、覆砂层厚度和铁型壁厚三个因素。在铁型覆砂铸造应用的早期,就是通过改变三者的数据及不同的组合,找出规律性。图 1-7 所示为试验模型。

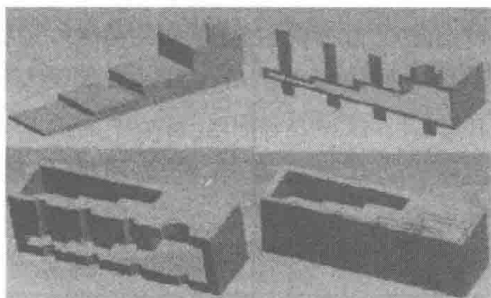


图 1-7 试验模型

2) 掌握铁型覆砂铸件的铁液充型规律,用于指导浇注系统的设计。通过试验研究,确定影响铁型覆砂铸件充型能力的铸件成分、潜热、杂质等铁液性能,造型材料的蓄热系数等铸型条件,以及浇注温度、充型压头、浇注条件等因素。针对铁型覆砂铸造覆砂造型的特点,科学设计铁型覆砂铸造浇注系统的形式及参数,消除夹渣、缩孔、缩松、气孔等由于浇注系统设计不合理造成的缺陷。

3) 覆砂材料选择和制备、覆砂工艺方法的确定。通过对黏土砂、自硬砂、流态砂、水玻璃砂等的试验研究,确定了酚醛树脂砂作为大批量铁型覆砂铸造生产的覆砂层用砂。酚醛树脂砂的制备从最初的由使用厂家自行混制,逐步发展到直接使用商业化供应的覆膜砂。覆砂工艺也随着覆砂层用砂的确定,由手工、振动、压成型等定型为射砂成型。

4) 铁型重量、壁厚及结构设计。综合考虑铸件冷却、铁型使用寿命、生产运行便利等因素,在满足使用要求的条件下,以最小壁厚和最小重量原则确定铁型重量、壁厚及结构。

5) 铁型覆砂铸造生产线和各种专机研制。铁型覆砂铸造和砂型铸造的生产过程差别很大,尤其是铁型通常在处于 200°C 左右的温度下完成多种操作,需要专门研制满足其工艺过程的各种专机,组成生产线进行生产。现在已有简易铁型覆砂铸造生

产线，也有机械化自动化铁型覆砂铸造生产线，可以根据实际情况进行选用。对于重量和尺寸较小的铁型覆砂铸件，也可在多工位转盘式铁型覆砂铸造单元上生产。

6) 铁型覆砂铸造生产工艺操作规程的制定。在覆砂造型、修型下芯、合箱浇注、铁液的成分调整和孕育、开箱出铸件等方面，需要制定铁型覆砂铸造生产工艺操作规程，以保证合格铸件的生产和生产线的顺利运行。

1.3 铁型覆砂铸造特点

铁型覆砂铸造与砂型铸造比较，在技术经济方面有以下优点：

1) 铁型壁厚和覆砂层有效地调节了铸件的冷却速度，提高了铸件的内在质量。实际运用中，针对不同铸件的冷却需求设计合理的铁型和覆砂层厚度，然后通过覆砂造型设备方便、快捷地实现覆砂造型。例如，在铸铁件生产中，一方面使铸件不因冷速过快出现白口，另一方面又使铸件的冷速大于砂型铸造。图 1-8 所示为铸件在砂型、铁型覆砂和金属型中的冷却曲线。铁型覆砂铸造可使铸件晶粒细化，组织改善，力学性能提高。铁型覆砂铸造用于生产球墨铸铁件，可使石墨细化 1~2 级，性能提高 1~2 个牌号。

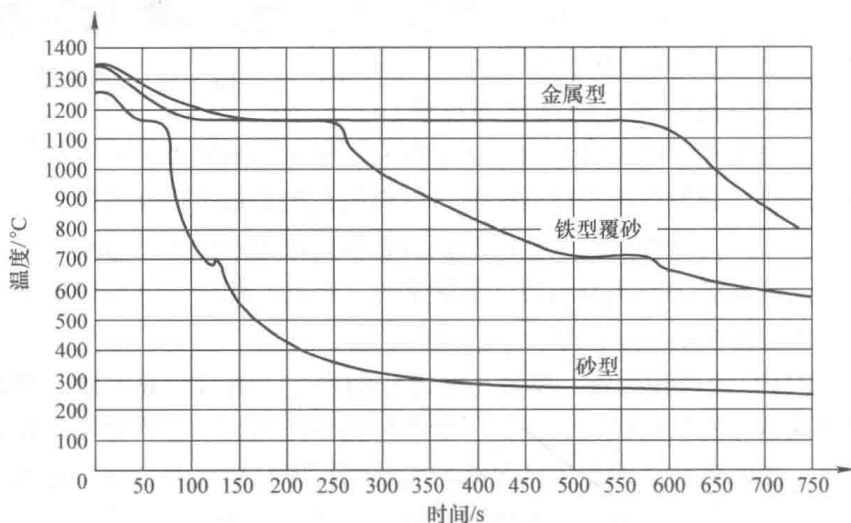


图 1-8 不同铸型铸件的冷却曲线

2) 铁型的刚性和覆砂层质量保证了铸件的尺寸精度和表面质量。由机器完成的覆砂造型很好地保证了铸型的一致性，并且使刚性很好的铁型和较薄覆砂层组成的铁型覆砂铸型不易变形（见图 1-9），其结果是使铸件的尺寸精度大为提高，可达 CT7 级；在球墨铸铁生产中，有效地限制了石墨化膨胀引起的型壁位移，可实现无冒口铸造。此外，由于覆砂层薄，用砂量少，往往使用的是性能很高的覆膜砂，因此显著改善了铸件的表面质量，表面粗糙度值可达 $Ra12.5\mu\text{m}$ 。

3) 铁型覆砂铸造生产节能环保。铁型覆砂铸造生产流程简单,砂处理量是砂型铸造的 5%,粉尘少,易于实现环保达标;生产的有些铸件可取消热处理,铸件出品率高;可利用铸件冷却余热实现铁型覆砂层造型固化,工艺过程节能。

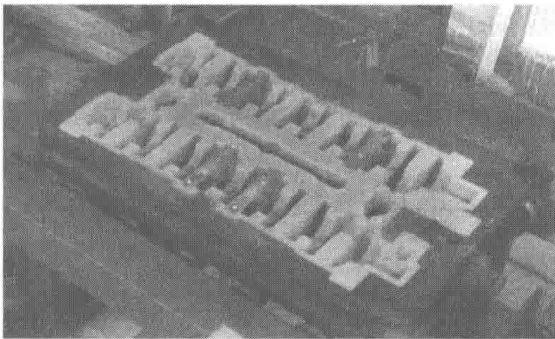


图 1-9 铁型覆砂铸型

4) 节约生产成本,经济效益显著。以球墨铸铁曲轴铸造生产为例,由于铁型覆砂铸件实现了无冒口铸造,提高了铸件出品率;通过合理设计开箱时间,取消了正火处理;提高了尺寸精度,减轻了铸件重量和减少了加工余量;提高了表面质量,减轻了铸件打磨和清理工作量;减少了机加工工时等,大大节约了生产成本,具有显著的经济效益。表 1-1 是某企业 1993 年 485Q 曲轴铁型覆砂铸造项目鉴定时,提供的铁型覆砂铸造与砂型铸造生产成本对比。此外,铁型覆砂铸造设备占地小,投资少,回报快。

表 1-1 铁型覆砂铸造与砂型铸造生产成本对比

名称	单价 / (元 / t)	铁型覆砂铸造		砂型铸造		备注
		配料 (%)	元 / t	配料 (%)	元 / t	
本溪生铁	3600	55	1980	55	1980	平均价
旧铁	3000	40	1200	40	1200	内部结算价
废铁	3500	5	175	5	175	购入价
硅铁	9000	0.6	54	0.6	54	购入价
锰铁	8500	0.4	34	0.4	34	购入价
中间合金	10000	1.2	120	1.3	130	购入价
电解铜	54000	0.35	189	—	—	购入价
铈	68000	0.056	38.06	—	—	购入价
电耗	0.55 元 / (kW · h)	830kW · h/t	456.5	750kW · h/t	412.5	工频炉熔炼
铁液费用			4246.56		3985.5	
铸件成本		铸件出品率 97%	4377.9	铸件出品率 65.2%	6112.73	

注：此表未考虑筑炉材料、材料损耗、设备折旧、辅助材料和管理等费用。

但是铁型覆砂铸造也存在以下的局限性：

- 1) 铁型覆砂铸造的工装、模样制造成本高,制造周期也比砂型铸造长得多。
- 2) 铁型覆砂铸造生产时,覆砂质量、铁液成分、浇注温度、浇注速度、开箱时间等对铸件质量有较大的影响,需要严格控制。
- 3) 对铸件重量和形状方面有一定的要求。

因此,在决定采用铁型覆砂铸造时,必须综合考虑铸件形状和重量大小,要有