

XIAOSHIMU ZHUZAO SHENGCHAN  
SHIYONG SHOUCHE

# 消失模铸造生产 实用手册

章舟 主编 王春景 邓宏运 副主编



化学工业出版社

# 消失模铸造生产 实用手册

章舟 主编 王春景 邓宏运 副主编



化学工业出版社

·北京·

### 图书在版编目 (CIP) 数据

消失模铸造生产实用手册/章舟主编. —北京:  
化学工业出版社, 2010. 11  
ISBN 978-7-122-09575-6

I. 消… II. 章… III. 精密铸造-技术手册  
IV. TG249.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 189803 号

---

责任编辑: 刘丽宏  
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 刘丽华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司  
装 订: 三河市万龙印装有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 23¼ 字数 574 千字 2011 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2010—27 号

# 编写人员名单

主 编 章 舟

副主编 王春景 邓宏运

编 者 (按姓氏拼音排列)

曹国钧 崔可恺 邓宏运 韩晓红 胡祖尧 李增民 李立新  
厉三余 孟昌辉 汤 娟 唐锁云 王春景 王树成 王新节  
解戈奇 谢一华 徐庆柏 薛强军 颜文非 阴世河 阴世悦  
应根鹏 张文和 章 舟

## 编写分工

|        |                 |     |     |     |     |
|--------|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| 第 1 章  | 概述              | 章 舟 | 阴世河 |     |     |
| 第 2 章  | 消失模模样的制作        | 唐锁云 | 韩晓红 | 厉三余 | 应根鹏 |
| 第 3 章  | 消失模铸造涂料         | 徐庆柏 | 邓宏运 |     |     |
| 第 4 章  | 消失模造型材料和造型工艺    | 王春景 | 邓宏运 |     |     |
| 第 5 章  | 消失模铸造工艺         | 王新节 | 王春景 | 章 舟 |     |
| 第 6 章  | 消失模铸造砂处理及铸件清理   | 曹国钧 |     |     |     |
| 第 7 章  | 消失模铸造生产线及车间设计   | 薛强军 | 阴世悦 | 谢一华 | 胡祖尧 |
|        |                 | 邓宏运 |     |     |     |
| 第 8 章  | 消失模铸造的三废处理与防止措施 | 李增民 | 李立新 |     |     |
| 第 9 章  | 消失模铸造合金熔炼及应用实例  | 王春景 | 张文和 | 邓宏运 | 颜文非 |
|        |                 | 汤 娟 | 孟昌辉 | 解戈奇 | 崔可凯 |
| 第 10 章 | 消失模铸造质量控制及缺陷防止  | 章 舟 | 王树成 |     |     |

# 前言

铸造是汽车、电力、钢铁、石化、造船、装备制造等支柱产业的基础制造技术，新一代铸造技术也是当代材料工程和先进制造技术的重要内容。中国已是世界铸件生产的第一大国，进入 21 世纪，中国铸造业迎来了持续发展的大好局面，同时也面临对铸件生产的技术水平、质量、能源消耗、环境污染等方面的严峻挑战。

消失模铸造又称实型铸造，是将与铸件尺寸形状相似的泡沫模样粘接组合成模样簇，涂刷耐火涂料并烘干后，埋在干石英砂或镁橄榄石砂、宝珠砂中振动造型，在负压下浇注，使模样气化，液体金属占据模样位置，凝固冷却后形成铸件的新型铸造方法。消失模铸造技术被铸造界的人士称为“21 世纪的铸造技术”，“铸造工业的绿色革命”。在制造业的迅猛发展以及对环保、绿色制造的要求日益严厉的形势下，消失模铸造技术以其无与伦比的优势，成为改造传统铸造产业应用较广的高新技术之一。

为适应我国消失模铸造生产的需要，结合我国铸造企业的技术现状，为众多企业从事消失模铸造的广大工程技术人员、管理人员以及现场的实际操作者，撰写一本以消失模铸造基础知识和生产应用为指导的工具书，是十分必要的。

鉴于此，《消失模铸造生产实用手册》（以下简称《手册》）于 2008 年初开始组织策划。《手册》内容注重实用，以消失模铸造生产工艺为线索，涉及消失模铸造生产的主要方面：工艺、设备、原辅材料、节能环保、质量控制等，全面总结了近年来消失模铸造生产方面的数据、图表和应用成果，汇集了国内外在消失模铸造技术方面的成熟经验和应用实例，希望对读者从事消失模铸造生产实践提供有益的指导。

为了使《手册》内容既贴近生产实际，又具有一定的深度和广度，参加编写的人员都是从事消失模铸造生产实践多年的学者、企业领导和一线专家。他们来自西安工业大学，西安理工大学，铸造工程师杂志社，沈阳中世机械电器设备有限公司，杭州凯斯特化工有限公司，富阳江南轻工包装机械厂，杭州奥宝化工有限公司，合肥工业大学，浙江大学城市学院，河北大地铸造机械有限公司，杭州卓越机电技术有限公司，江阴华澳机电设计研究所有限公司，杭州双金机械集团有限公司，河北科技大学，长安大学，南京金陵稀土材料厂，西安机电研究所，沈阳恒丰实业有限公司，上海仪器仪表信息网，浙江西子富沃德电机有限公司，杭州学林科技开发服务部铸造研究室等。

《手册》由章舟主编，王春景、邓宏运副主编。感谢所有参与《手册》的编写人员和工作人员的辛勤劳动和努力，沈阳钢铁研究所崔春芳高级工程师对《手册》编写提供了帮助，铸造技术杂志社李晓霞编辑、中冶陕压重工设备有限公司靖林助理工程师对全书的文字及图表进行了计算机标准化处理，感谢西安中电电炉有限公司、西安泉特科技有限公司、西安澳秦特种铁合金有限责任公司、烟台四方铸造设备有限公司、河北任丘现代模具有限公司、洛阳刘氏模具有限公司、辽宁大石桥广益矿产集团有限公司等有关单位的大力支持和帮助。同

时，对给《手册》提供技术工艺、设备、仪表仪器、分析检测、原材料、消失模铸造有关资料介绍、信息的诸位友人致以衷心感谢。

由于时间仓促和编者水平所限，书中遗漏和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>第1章 概述</b> .....            | <b>1</b>  |
| 1.1 消失模铸造发展概况 .....            | 1         |
| 1.2 消失模铸造工艺流程 .....            | 2         |
| 1.3 消失模铸造工艺分类及特点 .....         | 2         |
| 1.4 消失模铸造原辅材料 .....            | 5         |
| 1.5 消失模铸造关键技术 .....            | 6         |
| 1.6 消失模铸造专用设备 .....            | 6         |
| 1.7 消失模铸造适用性与经济性 .....         | 7         |
| 1.7.1 消失模铸造适用性 .....           | 7         |
| 1.7.2 消失模铸造经济性 .....           | 9         |
| 参考文献 .....                     | 10        |
| <b>第2章 消失模模样的制作</b> .....      | <b>11</b> |
| 2.1 概述 .....                   | 11        |
| 2.2 模样原材料 .....                | 11        |
| 2.2.1 可发性聚苯乙烯树脂珠粒 .....        | 12        |
| 2.2.2 EPS 模样材料的主要技术指标 .....    | 12        |
| 2.2.3 可发性甲基丙烯酸甲酯与苯乙烯共聚树脂 ..... | 13        |
| 2.2.4 共聚树脂 StMMA 主要技术指标 .....  | 13        |
| 2.3 模样制造 .....                 | 13        |
| 2.3.1 预发泡 .....                | 14        |
| 2.3.2 预发泡珠粒的熟化 .....           | 15        |
| 2.3.3 模样的发泡成型 .....            | 15        |
| 2.3.4 发泡成型模具 .....             | 18        |
| 2.3.5 模样成型设备 .....             | 20        |
| 2.3.6 模样的干燥与稳定化 .....          | 22        |
| 2.3.7 模样的组装 .....              | 22        |
| 2.3.8 泡沫塑料模样的加工成型 .....        | 30        |
| 2.4 泡沫塑料模样的质量检验 .....          | 30        |
| 2.5 泡沫塑料模样的常见缺陷及对策 .....       | 32        |
| 参考文献 .....                     | 33        |
| <b>第3章 消失模铸造涂料</b> .....       | <b>34</b> |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>3.1 消失模涂料的性能要求和组成</b> ..... | 34 |
| 3.1.1 消失模涂料的性能要求 .....         | 34 |
| 3.1.2 涂料的组成 .....              | 34 |
| <b>3.2 主要原辅材料</b> .....        | 34 |
| 3.2.1 耐火粉料 .....               | 34 |
| 3.2.2 载液 .....                 | 42 |
| 3.2.3 悬浮剂 .....                | 42 |
| 3.2.4 黏结剂 .....                | 46 |
| 3.2.5 助剂 .....                 | 51 |
| <b>3.3 涂料的配制</b> .....         | 54 |
| 3.3.1 原材料的选择 .....             | 54 |
| 3.3.2 配方的制定 .....              | 54 |
| 3.3.3 制备工艺和设备 .....            | 54 |
| <b>3.4 涂料的涂覆工艺及干燥</b> .....    | 57 |
| 3.4.1 刷涂法 .....                | 57 |
| 3.4.2 浸涂法 .....                | 57 |
| 3.4.3 喷涂法 .....                | 58 |
| 3.4.4 流涂法 .....                | 58 |
| <b>3.5 涂料的质量控制及缺陷防止</b> .....  | 59 |
| 3.5.1 质量控制的几个部分 .....          | 59 |
| 3.5.2 一些性能的检测方法 .....          | 59 |
| <b>参考文献</b> .....              | 62 |

## **第4章 消失模造型材料和造型工艺** ..... **64**

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>4.1 概述</b> .....        | 64 |
| 4.1.1 生产铸铁件所用的硅砂 .....     | 64 |
| 4.1.2 生产铸钢件所用的硅砂 .....     | 64 |
| 4.1.3 非硅质砂及人造砂的应用和发展 ..... | 65 |
| <b>4.2 干砂性能及要求</b> .....   | 69 |
| <b>4.3 填砂</b> .....        | 70 |
| <b>4.4 振动紧实</b> .....      | 71 |
| 4.4.1 振(震)实台 .....         | 73 |
| 4.4.2 砂箱 .....             | 75 |
| <b>4.5 真空抽气系统</b> .....    | 77 |
| <b>4.6 旧砂处理及回用系统</b> ..... | 78 |
| <b>参考文献</b> .....          | 80 |

## **第5章 消失模铸造工艺** ..... **81**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>5.1 消失模铸造工艺流程</b> .....    | 81 |
| <b>5.2 消失模铸造工艺方案的确定</b> ..... | 82 |



|             |                             |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 5.2.1       | 消失模铸造工艺方案制定原则               | 82         |
| 5.2.2       | 消失模铸造工艺设计主要内容               | 82         |
| 5.2.3       | 铸件结构的工艺性                    | 82         |
| 5.2.4       | EPC 工艺参数选择                  | 83         |
| 5.2.5       | 浇注工艺(浇注温度、浇注速度、浇注方式、真空度、停泵) | 85         |
| <b>5.3</b>  | <b>消失模铸造模具设计与制作</b>         | <b>86</b>  |
| 5.3.1       | 消失模机械成型的模具设计                | 86         |
| 5.3.2       | 模具设计应注意 10 个方面              | 86         |
| 5.3.3       | 消失模铸造模具加工                   | 88         |
| 5.3.4       | CAM 加工程序                    | 91         |
| <b>5.4</b>  | <b>消失模铸造泡沫模样的生产</b>         | <b>96</b>  |
| <b>5.5</b>  | <b>金属液流动前沿模样热解状况</b>        | <b>96</b>  |
| 5.5.1       | 泡沫模样热解产物及其传质过程              | 96         |
| 5.5.2       | 充型时金属液的流动形态                 | 98         |
| 5.5.3       | 充型速度                        | 99         |
| 5.5.4       | 充型金属液的流动性                   | 100        |
| <b>5.6</b>  | <b>金属液的充填和凝固特性</b>          | <b>100</b> |
| 5.6.1       | 负压实型铸造的充型过程                 | 100        |
| 5.6.2       | 负压作用下热解产物的传质速度              | 101        |
| 5.6.3       | 消失模铸造凝固特性                   | 102        |
| <b>5.7</b>  | <b>消失模铸造浇注系统</b>            | <b>102</b> |
| 5.7.1       | 浇注位置的确定                     | 102        |
| 5.7.2       | 浇注方式的确定                     | 102        |
| <b>5.8</b>  | <b>冒口及保温发热冒口</b>            | <b>106</b> |
| 5.8.1       | 消失模铸造冒口设置原则                 | 106        |
| 5.8.2       | 冒口的作用                       | 106        |
| 5.8.3       | 冒口的种类和形状                    | 107        |
| 5.8.4       | 冒口计算及放置                     | 107        |
| 5.8.5       | 冒口的安放位置                     | 107        |
| 5.8.6       | 保温发热冒口                      | 108        |
| <b>5.9</b>  | <b>影响消失模铸件的工艺要点控制</b>       | <b>109</b> |
| 5.9.1       | 消失模铸造白模(模样)及涂料              | 109        |
| 5.9.2       | 干砂和造型设备、砂处理、真空稳压            | 109        |
| <b>5.10</b> | <b>消失模铸造工艺实例</b>            | <b>113</b> |
| 5.10.1      | ZG400~500 海轮艉套              | 113        |
| 5.10.2      | 港口机械用低合金铸钢车轮                | 115        |
| 5.10.3      | 货运列车转向架承载鞍铸钢件               | 117        |
| 5.10.4      | 消失模铸造高锰钢筛板                  | 123        |
| 5.10.5      | 单缸小型柴油机汽缸盖                  | 126        |
| 5.10.6      | 4105ZLQ 柴油机汽缸体              | 133        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 5.10.7 发动机零部件消失模铸造工艺 ..... | 136 |
| 参考文献 .....                 | 143 |

## 第6章 消失模铸造砂处理及铸件清理 ..... 144

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>6.1 概述</b> .....         | 144 |
| 6.1.1 砂处理系统的作用 .....        | 144 |
| 6.1.2 砂处理系统的工艺流程 .....      | 144 |
| <b>6.2 砂处理系统的设计原则</b> ..... | 144 |
| <b>6.3 砂处理常用设备</b> .....    | 145 |
| 6.3.1 振动输送筛分机 .....         | 145 |
| 6.3.2 提升机 .....             | 146 |
| 6.3.3 气力输送系统装置 .....        | 147 |
| 6.3.4 风选、磁选机 .....          | 148 |
| 6.3.5 冷却设备 .....            | 148 |
| 6.3.6 中间砂库 .....            | 152 |
| 6.3.7 电气控制自动化 .....         | 152 |
| 6.3.8 除尘器 .....             | 153 |
| 6.3.9 落砂设备 .....            | 153 |
| 6.3.10 其他辅助设备 .....         | 153 |
| <b>6.4 典型砂处理线</b> .....     | 154 |
| <b>6.5 铸件的清理</b> .....      | 155 |
| 6.5.1 铸件的清理方法 .....         | 155 |
| 6.5.2 抛丸清理设备 .....          | 156 |
| <b>6.6 去除铸件的浇冒口</b> .....   | 161 |
| 6.6.1 铸铁件浇冒口去除 .....        | 161 |
| 6.6.2 铸钢件浇冒口的去除 .....       | 161 |
| <b>6.7 去除铸件的多余金属</b> .....  | 161 |
| 参考文献 .....                  | 162 |

## 第7章 消失模铸造生产线及车间设计 ..... 163

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>7.1 消失模铸造车间设计概述</b> .....  | 163 |
| 7.1.1 消失模铸造车间设计的基本方法和内容 ..... | 163 |
| 7.1.2 生产纲领及年时基数 .....         | 164 |
| 7.1.3 主要设备的选择与参数的计算 .....     | 166 |
| <b>7.2 消失模铸造生产线</b> .....     | 167 |
| 7.2.1 消失模铸造生产线的基本类型 .....     | 167 |
| 7.2.2 消失模铸造生产线分类实例 .....      | 167 |
| 7.2.3 消失模铸造生产线配套砂处理系统 .....   | 172 |
| <b>7.3 消失模铸造生产线关键设备</b> ..... | 174 |
| 7.3.1 振实台 .....               | 174 |

|            |                        |            |
|------------|------------------------|------------|
| 7.3.2      | 真空砂箱                   | 177        |
| 7.3.3      | 加砂装置                   | 178        |
| 7.3.4      | 翻箱机构                   | 180        |
| 7.3.5      | 旧砂冷却设备                 | 182        |
| 7.3.6      | 输送设备                   | 187        |
| 7.3.7      | 其他设备                   | 194        |
| <b>7.4</b> | <b>消失模铸造车间实例</b>       | <b>198</b> |
| 7.4.1      | 年产10000t耐磨、耐热铸件消失模铸造车间 | 198        |
| 7.4.2      | 年产5000t箱体铸铁件消失模铸造车间    | 201        |
| 7.4.3      | 年产2000t铝合金铸件消失模铸造车间    | 203        |
| 7.4.4      | 年产20万件齿轮箱体铸件消失模铸造车间    | 204        |
|            | 参考文献                   | 207        |

## **第8章 消失模铸造的三废处理与防止措施** 208

|            |                    |            |
|------------|--------------------|------------|
| <b>8.1</b> | <b>干砂粉尘除尘处理</b>    | <b>209</b> |
| 8.1.1      | 旋风除尘器              | 209        |
| 8.1.2      | 袋式除尘器              | 211        |
| 8.1.3      | 颗粒层除尘器             | 213        |
| 8.1.4      | 湿式除尘器              | 214        |
| 8.1.5      | 静电除尘器              | 214        |
| <b>8.2</b> | <b>消失模铸造车间废气处理</b> | <b>216</b> |
| 8.2.1      | 消失模铸造尾气测定          | 216        |
| 8.2.2      | 尾气的净化方法的选择         | 217        |
| 8.2.3      | 催化燃烧的原理            | 218        |
| 8.2.4      | 催化剂的选择             | 218        |
| 8.2.5      | 废气净化流程及设备          | 219        |
|            | 参考文献               | 220        |

## **第9章 消失模铸造合金熔炼及应用实例** 221

|            |                    |            |
|------------|--------------------|------------|
| <b>9.1</b> | <b>铸铁及铸铁件的成型过程</b> | <b>221</b> |
| 9.1.1      | 铸铁的分类及铸铁牌号的表示方法    | 221        |
| 9.1.2      | 铁-碳相图              | 224        |
| 9.1.3      | 铸铁的凝固              | 225        |
| 9.1.4      | 球墨铸铁               | 238        |
| 9.1.5      | 蠕墨铸铁生产质量控制技术       | 245        |
| 9.1.6      | 高铬铸铁的种类、成分         | 247        |
| 9.1.7      | 耐热铸铁的化学成分、性能及使用特点  | 251        |
| <b>9.2</b> | <b>铸钢及其熔炼</b>      | <b>254</b> |
| 9.2.1      | 铸钢的种类、性质及应用        | 255        |
| 9.2.2      | 铸钢的熔化              | 261        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>9.3 铸造有色金属及其合金</b> .....       | 261 |
| 9.3.1 铝及铝合金 .....                 | 261 |
| 9.3.2 铜及铸造铜合金 .....               | 264 |
| <b>9.4 铸铁及铸钢熔化用中频感应电炉</b> .....   | 268 |
| 9.4.1 中频电磁感应熔炼炉的工作原理及组成 .....     | 268 |
| 9.4.2 感应电炉成型炉衬的应用 .....           | 276 |
| 9.4.3 中频感应电炉的试炉及熔炼操作注意的问题 .....   | 280 |
| 9.4.4 中频感应电炉的维护保养与安全操作及事故处理 ..... | 282 |
| 9.4.5 中频感应熔炼炉启动时 6 种故障分析及处理 ..... | 284 |
| 9.4.6 中频感应熔炼炉运行中 14 种故障处理 .....   | 286 |
| 9.4.7 中频炉熔炼操作规程 .....             | 289 |
| <b>9.5 铸铁及铸钢熔炼质量控制实例</b> .....    | 290 |
| 9.5.1 高强度灰铸铁件的生产工艺 .....          | 290 |
| 9.5.2 减少孕育铸铁的收缩倾向的工艺措施 .....      | 291 |
| 9.5.3 防止铸铁件白口的工艺措施 .....          | 293 |
| 9.5.4 电炉熔炼铸铁的质量控制 .....           | 296 |
| 9.5.5 高强度铸铁中频电炉熔炼的炉前控制 .....      | 297 |
| 9.5.6 球铁化学成分设计原则 .....            | 300 |
| 9.5.7 球化剂的选用原则与常用球化工艺 .....       | 302 |
| 9.5.8 孕育剂的选用及常用孕育工艺 .....         | 304 |
| 9.5.9 球化处理后球化率检测技术 .....          | 306 |
| 9.5.10 熔炼过程测温及取试样 .....           | 307 |
| 9.5.11 采用电炉合成铸铁技术, 提高铸造厂效益 .....  | 308 |
| 9.5.12 蠕墨铸铁的电炉生产与质量控制 .....       | 315 |
| 9.5.13 铸钢的感应炉熔炼技术 .....           | 319 |
| 9.5.14 铸钢的感应电炉冶炼工艺 .....          | 321 |
| 9.5.15 铸钢件生产浇注温度及浇注速度的控制 .....    | 326 |
| <b>参考文献</b> .....                 | 328 |

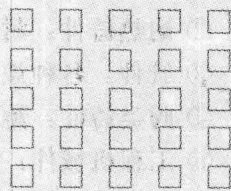
## **第 10 章 消失模铸造质量控制及缺陷防止** ..... **330**

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>10.1 消失模铸造质量控制</b> .....      | 330 |
| <b>10.2 消失模铸造对铸件性能的影响</b> .....  | 331 |
| <b>10.3 铸铁件表面皱皮(积碳)及防止</b> ..... | 332 |
| 10.3.1 产生原因 .....                | 332 |
| 10.3.2 影响因素 .....                | 332 |
| 10.3.3 防止措施 .....                | 333 |
| <b>10.4 铸钢件增碳及防止</b> .....       | 334 |
| 10.4.1 形成原因 .....                | 334 |
| 10.4.2 防止措施 .....                | 335 |
| <b>10.5 反喷及防止</b> .....          | 336 |

|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| 10.5.1       | 产生原因                         | 336        |
| 10.5.2       | 防止措施                         | 337        |
| <b>10.6</b>  | <b>气孔及防止</b>                 | <b>338</b> |
| <b>10.7</b>  | <b>铸件尺寸超差、变形及防止</b>          | <b>338</b> |
| 10.7.1       | 泡沫塑料模对铸件尺寸精度影响               | 338        |
| 10.7.2       | 造型对铸件尺寸精度影响                  | 339        |
| <b>10.8</b>  | <b>塌箱及防止</b>                 | <b>340</b> |
| 10.8.1       | 产生原因                         | 340        |
| 10.8.2       | 防止措施                         | 341        |
| <b>10.9</b>  | <b>粘砂及防止</b>                 | <b>341</b> |
| 10.9.1       | 产生原因                         | 341        |
| 10.9.2       | 防止粘砂的措施                      | 342        |
| <b>10.10</b> | <b>节瘤、针刺及防止</b>              | <b>342</b> |
| 10.10.1      | 产生原因                         | 342        |
| 10.10.2      | 防止措施                         | 342        |
| <b>10.11</b> | <b>冷隔重皮浇不到及防止</b>            | <b>343</b> |
| 10.11.1      | 形成原因                         | 343        |
| 10.11.2      | 防止措施                         | 343        |
| <b>10.12</b> | <b>表面孔眼、凹陷和网纹及防止</b>         | <b>343</b> |
| 10.12.1      | 产生原因                         | 343        |
| 10.12.2      | 防止措施                         | 344        |
| <b>10.13</b> | <b>内部非金属夹杂物、缩松、组织性能不均及防止</b> | <b>344</b> |
| <b>10.14</b> | <b>消失模铸造炭黑及防止措施</b>          | <b>345</b> |
| 10.14.1      | 产生原因                         | 346        |
| 10.14.2      | 防止措施                         | 346        |
| <b>10.15</b> | <b>消失模铸件白斑、白点、夹砂及防止</b>      | <b>347</b> |
| 10.15.1      | 产生原因                         | 347        |
| 10.15.2      | 防止措施                         | 348        |
| <b>10.16</b> | <b>消失模铸造缺陷的影响因素及防止措施</b>     | <b>348</b> |
| 10.16.1      | 白模(模样)涂料                     | 348        |
| 10.16.2      | 干砂和造型设备、砂处理、真空稳压             | 351        |
| 10.16.3      | 浇注系统、浇注工艺、真空度控制和停泵           | 353        |
| <b>10.17</b> | <b>消失模铸造球铁管件产生缺陷及防止措施</b>    | <b>354</b> |
| 10.17.1      | 铸件缺陷概况                       | 354        |
| 10.17.2      | 产生缺陷的原因                      | 355        |
| 10.17.3      | 缺陷的分析和预防措施                   | 355        |
| <b>10.18</b> | <b>采用耐火材料空心管克服白斑白点及夹砂缺陷</b>  | <b>357</b> |
| 10.18.1      | 采用耐火材料空心管的优势                 | 357        |
| 10.18.2      | 种类和粘接                        | 358        |
|              | <b>参考文献</b>                  | <b>358</b> |

# 第1章

## 概述



### 1.1 消失模铸造发展概况

消失模铸造技术是用泡沫塑料（EPS、StMMA 或 EPMMMA）制作成与铸件结构、尺寸完全一样的模样，经浸涂耐火黏结涂料（起强化、光洁作用）烘干后埋入特殊砂箱干砂造型，经三维或二维微振加负压紧实，不用泥芯、活块甚至无冒口的情况下浇入熔化的合金液，整个过程保持着一定的负压，使模样受热气化分解进而被合金液取代的一次性成型铸造新工艺。消失模铸造有多种不同的叫法，国内主要叫干砂实型铸造、负压实型铸造，简称 EPC 铸造。国外的叫法主要有 lost foam process（美国）、policast process（意大利）等。它与传统的铸造技术相比，具有很大的优势，被国内外的铸造界誉为“21 世纪的铸造技术”和“铸造工业的绿色革命”。

消失模铸造综合了“磁型铸造”和“V 法铸造”，1956 年美国人 H. F. Shoyer 开始了将聚苯乙烯泡沫塑料用于铸造的试验，并获得成功，引发了人们的极大兴趣。1958 年以专利的形式公布于众，当时称之为“无型腔铸造”。起初此法只是用来制造金属雕像和艺术铸件，经多年实践和探索，1962 年原联邦德国从美国引进专利，消失模铸造法才逐步被开发，并在工业上得到应用和推广。1999 年美国威斯康星大学的一项调查表明，在 1990 年有 6% 的铝合金铸件是使用该工艺。从 1997 年起灰铸铁和球铁方面也有较快增长，到 2009 年达到 15%。

中国研究和发展的消失模铸造的历史和国外基本相似，某些方面如 StMMA 泡沫塑料已接近或达到国外技术水平，并具有独到之处。20 世纪 80 年代后，有多家单位制造可发性聚苯乙烯预发泡机和发泡成型机，其中富阳联发消失模成型设备厂与 EPS、StMMA 粒料同步配套发展。中国的消失模铸造技术也被国家重点推广，消失模工业具有了一定的规模，成为铸造工业的重要组成部分，生产铸件在铸造行业中所占比重不断提高，消失模铸造已成为改造传统铸造厂家应用的最为广泛的高新技术之一。但总的来说，中国消失模铸造生产应用水平与发达国家仍有差距。

目前消失模铸造技术在国内主要应用在以下几个方面。

(1) 应用的铸件合金种类 铝合金，镁合金，铜合金，灰铸铁，球墨铸铁，特种铸铁（高铬铸铁、抗磨铸铁、耐磨铸铁、耐蚀铸铁），普通碳钢，中、高碳低合金抗磨钢，特种铸钢（高锰钢、镍铬耐热钢、耐蚀钢）及不锈钢等。

(2) 应用成功的典型铸件

① 抗磨铸件：铬系磨球、高锰钢衬板、高铬铸铁锤头、挖掘机铲齿（贝氏体钢、高铬铸

铁)等;

- ② 耐热铸件: 耐热铸铁铸钢炉算条、热处理底板、料柜、料架等;
- ③ 管件: 各种规格的灰铸铁、球铁管件以及轧钢管管内衬高铬铸铁或以上复合管件;
- ④ 阀类铸件: 铸钢 ZG25、ZG35 阀体、阀盖、球铁阀体阀盖;
- ⑤ 工程机械件: 斗齿、齿轮、齿条、叉车铸钢件球铁的 ADI 铸件;
- ⑥ 箱(壳)体铸件: 变速箱壳体、差速器壳体、转向器壳体、电机壳体、消防栓壳体、炮弹壳体等;
- ⑦ 汽车制动系统铸件: 刹车鼓、刹车盘;
- ⑧ 曲轴: 压缩机曲轴、汽车发动机曲轴;
- ⑨ 进排气管: 铝进气管、球铁 4 缸汽车排气管、灰铸铁 6 缸柴油机排气管等;
- ⑩ 后桥铸件: 铸钢、球铁后桥壳体;
- ⑪ 支架类铸件: 铁路 25 钢支板、汽车弹簧支架、高速公路栏杆、ZG35 支架等;
- ⑫ 缸体、缸盖铸件: 压缩机缸体、单缸机缸体、汽车 4 缸缸体缸盖;
- ⑬ 其他零件: 缝纫机机头、踏板、支架、农机曲柄支架、犁头、犁导板等。

## 1.2 消失模铸造工艺流程

图 1-1 为大量生产的生产线的消失模铸造的全部工艺流程。该流程的主要工部有: 熔化工部、制模工部、模样组合及涂料涂层、烘干工部、造型、浇注工部和落砂清理工部。

我国各区域生产消失模铸造的厂家, 各自依据本单位的实际情况、当地资源和市场状况, 对铸造合金种类、铸件大小、形状、重量、生产吨位而采用相应规模的流程, 可以是生产线或局部柔性生产线或仅用白模、干砂微振实、真空泵吸气的单一铸件的消失模铸造生产(以抗磨铸件为多)。

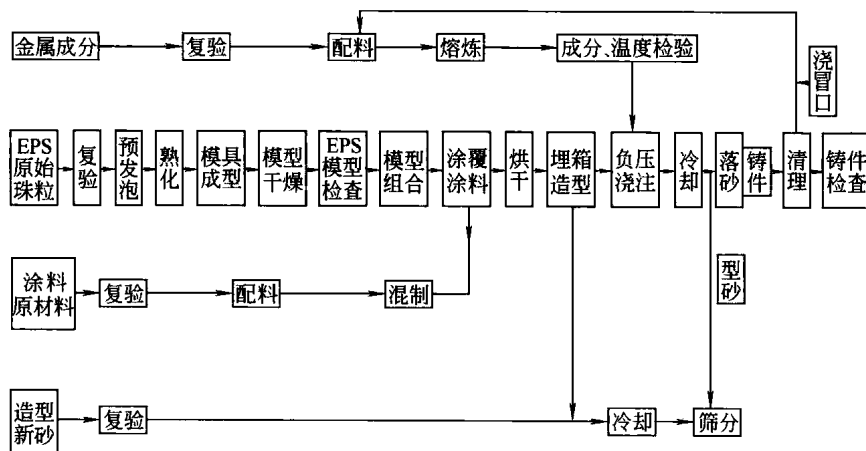


图 1-1 消失模铸造的工艺流程

## 1.3 消失模铸造工艺分类及特点

消失模铸造根据其铸型材料可分为自硬砂消失模铸造(及潮型有黏结剂)和干砂(干型

无黏结剂)消失模铸造;根据浇注条件可分为普通(大气压力下)消失模铸造和真空负压消失模铸造。与传统的砂型铸造相比,大量生产的消失模铸造有以下工艺特征。

① 模样与铸件形状完全一致,尺寸大小仅差金属收缩量的泡沫塑料模样保留在铸型内,形成“实型”铸型,而非传统砂型的“空腔”铸型(即空型)。

② 砂型为无黏结剂、无水分、无任何附加物的干石英砂,或依合金的种类而选用镁橄榄石砂、铬砂、镁砂、宝珠砂等。

③ 浇注时,泡沫塑料模样在高温液体合金作用下不断地分解、裂解、气化,发生合金液-模样置换过程,而不同于传统“空腔”(空型)铸造,是一个液体合金液的充填型腔过程。制作一个铸件就要“消失”掉一个泡沫塑料模样。

④ 泡沫塑料模样可以分块成型再进行粘接组合。模样形状(及铸件形状)基本上不受任何限制(手工切割、机器成型、组合粘接均可)。

表 1-1 为大量生产的传统型黏土砂铸造与消失模铸造工艺特点的比较。

表 1-1 大量生产的传统黏土砂型铸造与消失模铸造工艺特点的比较

| 项 目              |             | 传统砂型铸造             | 消失模铸造                    |
|------------------|-------------|--------------------|--------------------------|
| 模<br>型<br>工<br>艺 | 分型开边        | 必须分型开边,便于造型        | 无需(分型)开边                 |
|                  | 拔模斜度        | 必须有一定的拔模斜度         | 基本没有或很小的拔模斜度             |
|                  | 组成          | 有外型芯合组成            | 单一模型                     |
|                  | 应用次数        | 一个模型多次使用           | 一型一次                     |
|                  | 材质          | 金属或木材              | 泡沫塑料                     |
| 造<br>型<br>工<br>艺 | 型砂          | 有黏结剂、水、附加物经过混制的型芯砂 | 无黏结剂、任何附加物和水干砂           |
|                  | 填砂方式        | 机械力填砂              | 自重微振填砂                   |
|                  | 紧实方式        | 机械力紧实              | 物理(自重、微振、真空)作用紧实         |
|                  | 砂箱特点        | 根据每个零件特点制备专用砂箱     | 简单的通用砂箱                  |
|                  | 铸型          | 型腔由型芯装配组成          | 空腔实型                     |
| 涂料层              | 大部分无需涂层     | 必须有涂层              |                          |
| 浇<br>注<br>工<br>艺 | 充型特点        | 只是填充空腔金属与模型        | 发生物理化学作用                 |
|                  | 影响充型速度的主要因素 | 浇注系统与浇注温度          | 主要受型内气体压力状态,浇注系统,浇注温度的影响 |
| 落<br>砂<br>清<br>理 | 落砂          | 需强力振动打击翻箱或吊出铸件     | 铸件与砂自动分离                 |
|                  | 清理          | 需打磨飞边毛刺及内浇口        | 只需打磨内浇口,无飞边毛刺            |

(1) 采用消失模铸造工艺应注意的问题 尽管消失模铸造有着无与伦比的优势,但任何一种铸造工艺仅适用于一定范围。故采用消失模铸造工艺必须认真考虑以下问题。

① 应考虑综合经济效益:对具体铸件、材质、大小、形状、结构、批量、价格等应作详细经济考核、成本核算、技术能力考核。例如,有厂采用消失模铸造来生产批量不大的不同种类的几种铸铁电动机机壳和油泵泵体,且仅仅作作为铸件毛坯而提供给下一道工厂,但对方认购价格每吨价位又不高。即使使用 EPS 制模样,其模样消耗成本 0.03~0.04 元/g,再加上工艺不稳定,废品率不少,投产一段时间后发现无利可图,甚至赔钱的不良经济效果。只好又返回到黏土砂铸造工艺来生产。如果作为本单位的铸件毛坯,即使微利保本,但总体为下一道机加工创造了条件也是可取的,因为铸件质量划一。



② 工艺技术要做充分准备：复制、仿造、或匆忙上消失模生产线都是不可取的。如某厂急速上球铁管件生产线，既没有技术工程人员，又没有管件产品推销人员，经过一段时间，更由于市场的变化管件滞销，因此匆匆停线，生产线搁置。

③ 要考虑材质铸件用途：照搬、复制、未结合本厂铸件的实际，上了消失模铸造生产线后也会问题百出。如某厂从别处引进 1000t/年小型消失模铸造铸钢厂，设备 20 万~30 万元，由于一套工艺是按高锰钢铸造工艺配套，镁橄榄石砂做干砂，其粉料做涂料骨料，铸件合格率很高，成品质量很好，有利可取。但到该小厂后铸件是 ZG25，输出方不懂 ZG25 生产工艺，输入引进方急盼对方解决，因此探索了好长一段时间才进入生产 ZG25 铸件门道，损失不少。

④ 要考虑生产发展因素：上了消失模生产线，没有考虑生产发展余地，如几家企业上了消失模生产线，引进管件、抗磨件生产，原考虑一班或二班，后该地区对铸件要求量急增，需二班或三班生产，生产量的大幅提高暴露了设备没有后劲，影响模样变形，冷却处理能力不足，欲上生产量设备力不从心，拆去可惜又无实力再上生产量大的生产线，欲进不能，欲退不能，勉强支撑了一段时间。

没有确定长远铸件业务而上马。某厂上了一条 3000t/年铸钢消失模生产线，完成了 1/3 任务后由于种种原因没有铸件生产任务，停机待任务。

⑤ 不宜用消失模铸造工艺的铸件：如低铬铸铁磨球，用消失模铸造低铬铸铁磨球，由于干砂冷速慢，要采用淬火、正火等热处理才能提高硬度和耐磨性，但性能不及金属型浇注磨球，金属型浇注一则可获得磨球表面碳化物大小形状分布均匀的铸造硬壳——相应磨球；二则成本低可采用铸态正火或雾淬，从而降低成本，泡沫模样 0.03~0.04 元/g 成本可免除。

⑥ 正确认识科学对待消失模铸造工艺：有一些人从事砂型铸造厂，参观了一些消失模铸造厂或附近用消失模生产车间，特别是采用简易消失模铸造厂家，以为简单方便，泡沫模样可以买 EPS 包装材料的废品或板材来切割加工拼粘，涂料自制，三维振实台自制，真空泵购买，投入消失模生产，折腾了大半年以后还是重新购买消失模铸造机械设备和白区发泡成型设备而生产抗磨件衬板和管件等。

某高锰钢铸造厂完全照搬同行的消失模铸造衬板、锤头等，砂箱仿制，箱壁电钻钻孔，模样采用废旧包装泡沫材料切割粘接，生产后从来没有稳定过，因为模样质量从不划一。

综上所述，凡认真、系统、全面分析，统筹策划，采用消失模铸造工艺的大中厂家，均获得可佳效果。一些中小铸造厂随意的上消失模生产工艺往往出现上述情况，事倍功半反而体现不出消失模铸造工艺的优势和特点。

## (2) 消失模铸造工艺的不足

① 复杂大铸件，模具制造比较复杂，成本较高，费工费时，一个模具一个铸件，一次性投资较多。

② 一个泡沫模样只能用一次。制作泡沫模样只能用一个模具，制作泡沫模样环节周期长，调试费工。

③ 泡沫粒料 EPS 价格是 StMMA(C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) 的 1/5~1/4，但适用有局限性，后者较贵，对降低铸件成本不利。

④ 对设浇注系统的工艺要求较高，才能避免铝合金的冷隔，灰铸铁、球墨铸铁铸件中碳缺陷。