

# 呋喃树脂自硬砂 实用技术

主 编 谢明师  
副主编 蒋乃隆

机械工业出版社

ISBN 7-111-04652-8/TG·964

定 价： 25.00 元

# 呋喃树脂自硬砂 实用技术

主编 谢明师

副主编 蒋乃隆



机械工业出版社

本书系统总结十几年来开发和推广应用呋喃树脂自硬砂的最新成果,并强调开发应用呋喃树脂自硬砂是一项材料、工艺、设备与管理等技术有机结合的系统工程。

全书内容以实用技术为主,共有绪论,呋喃树脂自硬砂用原辅材料、工艺、专用设备与管理技术,部分工厂推广应用树脂自硬砂的经验,以及与呋喃树脂自硬砂的有关技术标准,还介绍了其他树脂自硬砂的应用情况。全书是由多年来直接从事树脂自硬砂开发和应用的有关铸造专家和工程技术人员编写的,内容丰富、新颖、实用,对铸造厂(车间)技术改造时,上树脂自硬砂以及保证树脂砂生产正常化具有实际指导意义。

本书可供有关铸造生产和科研、设计的工程技术人员以及大专院校师生使用、参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

呋喃树脂自硬砂实用技术/谢明师主编. —北京:机械工业出版社, 1995

ISBN 7-111-04652-8

I. 呋… I. 谢… II. 树脂砂-自硬砂-技术 IV. TG221

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第00869号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)  
责任编辑:余茂祚 版式设计:张世琴 责任校对:姚培新  
封面设计:肖 晴 责任印制:王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1995年10月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm<sup>1/32</sup>·16.5印张·362千字

0 001—3 000册

定价, 25.00元

## 前 言

当前铸件质量仍然是影响机器产品，特别是机床、重大装备产品的外观、使用性能以及出口创汇等的重要因素。铸造生产采用树脂自硬砂，是当今国内外提高铸件质量较好的一项工艺技术，但使其生产正常化则有相当的难度，因为该技术是集材料、工艺、设备与管理等技术于一体的系统工程，任何一个环节跟不上都将影响其正常化生产。近几年国内铸造厂（车间）树脂自硬砂生产线逐年增加，但根据1990年调查的40余条生产线（包括有些厂引进的生产线）基本未形成正常化生产。为此1991年国家将呖喃树脂自硬砂列为重点推广项目，旨在推进树脂自硬砂正常化生产。几年来，在机械部科技司领导下，科研院所与工厂技术改造相结合，推广工作取得了很大成绩，积累了较丰富的实践经验。据最近统计，国内树脂自硬砂生产线已增加到176条，其中引进线90条，已经有一批生产线实现正常化生产，用树脂自硬砂生产的铸件也由1990年的4万t增加到近30万t。“九·五”期间还有一批工厂计划上树脂自硬砂。

本书较系统地总结了几年来开发和应用呖喃树脂自硬砂的成果，以实用技术为主，着重阐述呖喃树脂自硬砂用原辅材料、工艺、专用设备和管理技术。由于铸造生产过去普遍忽视管理，而加强管理又是树脂自硬砂生产正常化的根本保证。为此，书中根据兰州石油化工机器总厂铸钢分厂的经验，用较多的篇幅阐述管理方面的技术内容。有的直接以该

厂的管理为例, 这些内容对所有的铸造厂(车间)均可借鉴。冀望本书对铸造厂(车间)技术改造上树脂自硬砂, 以及保证树脂自硬砂生产正常化能发挥其应有的作用。

本书的编写工作是在原国家经贸委科技司的支持下和机械工业部科技司组织领导下, 由树脂自硬砂推广组成员结合专长分工编写, 由主编谢明师、副主编蒋乃隆汇总并对全书编写工作负责。各章编写的人员和单位是:

第一章 谢明师、周静一(机械工业部沈阳铸造研究所)。

第二章 王忠惠(中国铸造材料总公司)、刘烨、宋会宗(机械工业部沈阳铸造研究所)。

第三章 陈立夏(浙江省机电设计研究院、杭州太阳铸造公司)、陈美德(杭州机床厂)、乔卢峥(兰州石油化工机器总厂铸钢厂)。

第四章 郭长萱(机械工业部济南铸造锻压机械研究所)。

第五章 钱德麟、李广会、马宇宁、赵克刚、张祝明(兰州石油化工机器总厂铸钢厂)。

第六章 陈立夏, 曹登云(兰州石油化工机器总厂铸钢厂), 杨业源、邵斌、周建祥(武汉重型机床厂), 北京第一机床厂, 孙长富、杜瑞祥(天津钢铁铸件厂), 北京人机股份有限公司铸造厂, 陈美德, 邓茂安(沈阳第一机床厂)。

第七章 金广明(机械工业部沈阳铸造研究所)。

附录由主编、副主编收集整理。

全书由主审依英奇(机械工业部科技司)、周静一和责任编辑余茂祚审订。

本书编写过程中得到机械工业部科技司、机械工业部沈

阳铸造研究所、机械工业部济南铸造锻压机械研究所、中国铸造材料总公司、兰州石油化工机器总厂铸钢厂、杭州机床厂、浙江省机电设计研究院、武汉重型机床厂、北京第一机床厂、北京人机股份有限公司、天津钢铁铸件厂、沈阳第一机床厂、保定铸造机械厂、济南圣泉集团股份有限公司、章丘助剂厂等单位的支持，在此一并表示感谢。

由于呋喃树脂自硬砂推广的面大，涉及的问题多，编写时间又比较仓促，我们所能搜集到的成果和经验还有限，难免有遗漏和不周之处，诚望读者给予批评指正。

编者

1994年8月

## 机械工业出版社部分铸造类图书

铸造手册, 第1卷, 铸铁

铸造手册, 第2卷, 铸钢

铸造手册, 第3卷, 铸造非铁合金

铸造手册, 第4卷, 造型材料

铸造手册, 第5卷, 铸造工艺

铸造手册, 第6卷, 特种铸造

铸造工艺装备设计手册

铸造用模手册

铸造设备选用手册

铸造车间和工厂设计手册

简明铸工手册

铸工手册〔英〕

机械制造工艺材料技术手册  
(上、中、下册)

机修手册, 第4卷, 铸锻设备与  
工业炉修理

工业炉设计手册

冲天炉手册

工业炉选用图册

铸造设备图册

木模结构图册

铸造词典

铸件结构设计

铸铁凝固及其质量控制

铸钢件凝固及其致密度控制

铸造工艺CAD及其应用

铸造检验技术

呋喃树脂自硬砂实用技术

铸造车间通风除尘技术

木模结构工艺

铸造工艺问答

冲天炉问答

铸件清理及热处理问答

# 目 录

## 前言

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....                   | 1  |
| 一、树脂自硬砂的发展概况 .....             | 1  |
| 二、几年来推广树脂自硬砂的主要成就 .....        | 6  |
| 参考文献 .....                     | 8  |
| 第二章 呋喃树脂自硬砂用原辅材料 .....         | 9  |
| 一、原砂 .....                     | 9  |
| 1. 概述 .....                    | 9  |
| 2. 原砂性能及其对自硬砂工艺性能的影响 .....     | 12 |
| 3. 呋喃树脂自硬砂用硅砂技术条件 .....        | 24 |
| 4. 国内主要硅砂的性能指标 .....           | 25 |
| 二、树脂 .....                     | 34 |
| 1. 概述 .....                    | 34 |
| 2. 呋喃树脂的种类 .....               | 34 |
| 3. 树脂性能及其对自硬砂工艺性能的影响 .....     | 38 |
| 4. 呋喃树脂应有的性能指标及适用范围 .....      | 44 |
| 5. 国内主要树脂产品性能指标 .....          | 45 |
| 三、固化剂 .....                    | 55 |
| 1. 概述 .....                    | 55 |
| 2. 固化剂的种类和特点 .....             | 55 |
| 3. 磺酸类固化剂性能及其对自硬砂工艺性能的影响 ..... | 59 |
| 4. 国内主要磺酸类固化剂的产品性能指标 .....     | 60 |
| 5. 选择和使用原则 .....               | 61 |
| 四、偶联剂 .....                    | 63 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1. 概述 .....               | 63 |
| 2. 作用机理 .....             | 65 |
| 3. 性能指标 .....             | 67 |
| 五、涂料 .....                | 68 |
| 1. 概述 .....               | 68 |
| 2. 涂料的基本组成和作用 .....       | 69 |
| 3. 涂料的种类和性能 .....         | 78 |
| 4. 常用涂料的配比和制备 .....       | 83 |
| 5. 涂料的涂敷方法 .....          | 85 |
| 六、再生砂 .....               | 86 |
| 1. 再生回用的技术经济意义 .....      | 86 |
| 2. 再生砂性能对自硬砂工艺性能的影响 ..... | 87 |
| 3. 再生砂的技术条件 .....         | 92 |
| 参考文献 .....                | 94 |

### 第三章 呋喃树脂自硬砂工艺 .....

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 一、呋喃树脂自硬砂的工艺性能 .....      | 96  |
| 1. 硬化机理和特性 .....          | 96  |
| 2. 影响自硬砂硬化特性的因素 .....     | 100 |
| 3. 工艺性能 .....             | 102 |
| 二、呋喃树脂自硬砂操作工艺 .....       | 105 |
| 1. 混制工艺 .....             | 105 |
| 2. 造型(芯)工艺 .....          | 107 |
| 3. 浇注、开箱及清理 .....         | 114 |
| 三、呋喃树脂自硬砂铸造工艺设计 .....     | 116 |
| 1. 自硬砂工艺设计参数 .....        | 116 |
| 2. 模样与工装 .....            | 121 |
| 3. 浇注系统设计要点 .....         | 128 |
| 四、呋喃树脂自硬砂铸件缺陷及其防止措施 ..... | 133 |
| 1. 气孔类缺陷 .....            | 133 |
| 2. 机械粘砂 .....             | 137 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 3. 脉纹 .....                  | 142        |
| 4. 裂纹 .....                  | 143        |
| 5. 夹渣 .....                  | 144        |
| 6. 硬度不足 .....                | 144        |
| 7. 渗碳、渗硫与球化不良 .....          | 145        |
| 8. 铸件尺寸精度超差 .....            | 145        |
| 五、呋喃树脂自硬砂的环境卫生 .....         | 146        |
| 1. 自硬砂对环境卫生的改善 .....         | 147        |
| 2. 新增污染源及其影响 .....           | 148        |
| 3. 公害对策与污染防治 .....           | 150        |
| 参考文献 .....                   | 152        |
| <b>第四章 呋喃树脂自硬砂专用设备 .....</b> | <b>153</b> |
| 一、概述 .....                   | 153        |
| 二、树脂砂混砂机 .....               | 154        |
| 1. 间歇式混砂机 .....              | 154        |
| 2. 连续式混砂机 .....              | 156        |
| 3. 混砂机的选用 .....              | 162        |
| 三、树脂砂造型线及设备 .....            | 164        |
| 1. 树脂砂造型线 .....              | 164        |
| 2. 振实台与翻转起模机 .....           | 167        |
| 四、树脂砂旧砂再生系统及设备 .....         | 168        |
| 1. 旧砂再生及工艺流程 .....           | 168        |
| 2. 常用树脂砂再生成套设备 .....         | 173        |
| 3. 旧砂再生预处理常用设备 .....         | 179        |
| 4. 旧砂再生设备 .....              | 183        |
| 5. 微粉分离及调温处理设备 .....         | 197        |
| 6. 旧砂再生系统的工艺设计及平面布置 .....    | 203        |
| 五、呋喃树脂自硬砂生产线的典型布置举例 .....    | 211        |
| 参考文献 .....                   | 218        |
| <b>第五章 呋喃树脂自硬砂管理技术 .....</b> | <b>219</b> |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 一、管理技术的重要意义 .....          | 219 |
| 二、上树脂砂前的准备工作 .....         | 221 |
| 1. 可行性分析 .....             | 221 |
| 2. 工艺试验 .....              | 221 |
| 3. 人员培训 .....              | 222 |
| 4. 工艺转化与工装设计 .....         | 222 |
| 三、树脂自硬砂生产管理 .....          | 223 |
| 1. 流水线生产的特点及对生产计划的要求 ..... | 223 |
| 2. 编制生产作业计划 .....          | 229 |
| 3. 各类生产记录格式 .....          | 240 |
| 4. 生产考核 .....              | 240 |
| 四、树脂自硬砂质量管理 .....          | 269 |
| 1. 质量管理的性质、意义 .....        | 269 |
| 2. 追踪性管理 .....             | 270 |
| 3. 工序管理点 .....             | 272 |
| 4. 工序控制 .....              | 278 |
| 5. 工艺纪律检查 .....            | 284 |
| 6. 质量信息管理与传递 .....         | 288 |
| 7. 不一致品管理 .....            | 290 |
| 8. 质量记录 .....              | 297 |
| 9. 质量鉴定 .....              | 298 |
| 10. 原辅材料的检查与控制 .....       | 300 |
| 11. 质量计划 .....             | 302 |
| 12. 质量考核 .....             | 303 |
| 五、树脂自硬砂设备管理 .....          | 309 |
| 1. 设备在生产中的作用 .....         | 309 |
| 2. 设备管理的概念 .....           | 309 |
| 3. 设备规划 .....              | 310 |
| 4. 设备选型 .....              | 311 |
| 5. 设备的安装和验收 .....          | 314 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 6. 设备的维护保养 .....                     | 314        |
| 7. 点检、周检 .....                       | 316        |
| 8. 大、中修计划 .....                      | 317        |
| 9. 设备检查 .....                        | 320        |
| 10. 备品、备件管理 .....                    | 322        |
| 11. 人员培训 .....                       | 323        |
| 六、树脂自硬砂成本管理 .....                    | 324        |
| 1. 成本管理的意义和降低成本的途径 .....             | 324        |
| 2. 主要材料消耗指标的确定 .....                 | 325        |
| 3. 造型成本的确定 .....                     | 327        |
| 4. 奖惩政策 .....                        | 328        |
| 5. 树脂砂质量成本 .....                     | 329        |
| 6. 目标成本管理 .....                      | 336        |
| 7. 成本分析 .....                        | 343        |
| <b>第六章 部分工厂推广树脂自硬砂的经验 .....</b>      | <b>348</b> |
| 一、用系统的观点指导树脂砂技术改造                    |            |
| ——回顾杭州机床厂树脂砂技术改造 .....               | 348        |
| 二、铸钢树脂砂生产全面经验浅谈 .....                | 354        |
| 三、采用自硬树脂砂生产大型铸铁件 .....               | 369        |
| 四、大型机床中、小铸铁件采用呋喃树脂自硬砂生产的<br>经验 ..... | 390        |
| 五、树脂砂铸件的精整与流涂工艺的应用 .....             | 397        |
| 六、减少造型材料消耗降低树脂砂铸造成本 .....            | 407        |
| 七、改进工艺方案解决树脂砂铸件缺陷实例 .....            | 417        |
| 八、树脂砂工艺的浇注系统对解决铸件产生气孔的作用 .....       | 430        |
| <b>第七章 其他树脂自硬砂 .....</b>             | <b>441</b> |
| 一、概述 .....                           | 441        |
| 二、脲烷系树脂自硬砂 .....                     | 442        |
| 1. 特点和种类 .....                       | 442        |
| 2. 酚醛脲烷树脂自硬砂使用工艺 .....               | 445        |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 3. 酚醛脲烷树脂自硬砂应用情况 .....                                | 447 |
| 三、酸固化酚醛树脂自硬砂 .....                                    | 447 |
| 1. 特点 .....                                           | 447 |
| 2. 使用工艺 .....                                         | 448 |
| 3. 应用情况 .....                                         | 450 |
| 四、酯固化碱性酚醛树脂自硬砂 .....                                  | 450 |
| 1. 特点 .....                                           | 450 |
| 2. 使用工艺 .....                                         | 452 |
| 3. 应用情况 .....                                         | 458 |
| 参考文献 .....                                            | 460 |
| 附录 .....                                              | 462 |
| 附录A 呋喃树脂自硬砂用硅砂技术条件 (机械工业部<br>树脂自硬砂推广组推荐) .....        | 462 |
| 附录B 呋喃树脂自硬砂用再生砂技术条件 (机械工业<br>部树脂自硬砂推广组推荐) .....       | 465 |
| 附录C 铸造用自硬呋喃树脂 (JB/T7526—94) .....                     | 468 |
| 附录D 铸造用自硬呋喃树脂性能测定方法 (JB/T-<br>7527—94) .....          | 472 |
| 附录E 铸造树脂用磺酸固化剂 (HG/T2345—92) .....                    | 479 |
| 附录F 砂型铸造用涂料 (ZB-J31008—90) .....                      | 486 |
| 附录G 砂型铸造用涂料试验方法 (ZBT5107—91) .....                    | 492 |
| 附录H 铸铁、非铁合金铸件用树脂自硬砂造芯、造型<br>技术 (CMES0010/FI012) ..... | 496 |
| 附录I 碗形树脂砂混砂机 (JB/GQ3040—88) .....                     | 505 |
| 附录J 树脂砂再生成套装置技术条件 (JB/GQ3037—88) .....                | 510 |

# 第一章 绪 论

## 一、树脂自硬砂的发展概况

随着机械工业的发展，对铸造生产和铸件的质量提出了越来越高的要求，即要以较少的能耗，较低的造型、造芯和清理的工作量，以及较好的生态环境，生产出表面质量好、尺寸精度高的优质铸件。50年代以前，国内外广泛采用粘土砂来生产各种铸件，虽然材质来源广，生产成本低，制作方便，旧砂可反复使用，在大量成批、机械化流水线生产中得到了广泛的应用。但是，对于单件、小批量多品种生产的各种中、大型铸件，由于手工作业劳动强度大，作业环境差，铸件表面质量低，生产周期长，能源消耗大等一系列问题，已成为影响铸造生产发展的关键。到50年代后，国外开始用 $\text{CO}_2$ 水玻璃砂来代替粘土砂生产各种中、大型铸件，以提高造型、造芯效率和铸件质量，减少工人的劳动强度和能耗，改善作业环境，取得了较好的效果，这种工艺曾一度获得了较快的推广应用。但是 $\text{CO}_2$ 水玻璃砂残留强度高，浇注后溃散性差，给落砂清理和旧砂再生回用带来了很大困难。这一问题多年没有得到实质性解决，从而使该工艺长期处于停滞不前的状态，未能得到进一步的推广应用。到60年代末，以呋喃树脂自硬砂为代表的各种树脂砂异军突起，引起世界各国铸造业的普遍重视。各种树脂自硬砂竞相推出，推广应用，从造型材料、铸造工艺和设备等方面不断完善和发展，形成

了成套技术，引起了造型、造芯方法的重大变革，其发展势头长盛不衰，延续至今。原先一大批用粘土砂和水玻璃砂生产的铸件，特别是单件小批量生产的中、大型铸件，已被树脂自硬砂所取代，给不少企业带来了明显的技术经济效益和社会效益。与传统的粘土砂相比，树脂自硬砂具有如下特点：

①能够提高铸件的表面质量和尺寸精度，增加企业产品的竞争能力，用于生产各种复杂铸件和外贸出口铸件，可获得明显的经济效益，见表1-1。

表1-1 树脂砂与粘土砂生产铸件的质量对比

| 铸件类型 | 表面粗糙度<br>( $\mu\text{m}$ ) |        | 尺寸精度<br>(CT) |       | 废品率 (%) |     |
|------|----------------------------|--------|--------------|-------|---------|-----|
|      | 树脂砂                        | 粘土砂    | 树脂砂          | 粘土砂   | 树脂砂     | 粘土砂 |
| 铸钢件  | 25~50                      | 50~100 | 9~11         | 11~13 | < 3     | > 5 |
| 铸铁件  | ≈25                        | ≈50    | 8~10         | 10~12 | < 5     | > 8 |

②砂型、砂芯浇注后溃散性好，大为减少铸件的落砂、精整的工作量，也明显减少清理车间的作业面积。

③型、芯砂在可使用时间内的流动性好，可在较小的紧实力作用下，较好地充填形状复杂的型、芯各部位，减轻工人的劳动强度，提高型、芯的质量和生产率。

④型、芯砂可在常温下自行硬化，节省能源。型砂强度高，可减小吃砂量，从而降低砂铁比，并减少砂处理工作量。旧砂再生回用率高，可减少新砂的用量。

⑤明显降低车间的粉尘含量，改善工人的作业环境。如粘土砂车间粉尘含量可高达每立方米几百毫克，而树脂自硬砂车间一般可降低到 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

由此可见，用树脂自硬砂生产的铸件与传统的粘土砂相

比，其尺寸精度提高2~3级，表面粗糙度细1~2级，综合铸件废品率明显降低，用砂量和砂处理工作量显著减少。由于粘土砂生产的铸件“肥头大耳”，同类铸件比树脂自硬砂生产的重10%~20%，加工余量增加两倍，从而大量浪费金属、能源和机加工工时。所以，树脂自硬砂在国内外的单件、小批量、多品种生产的铸造车间，特别是铸铁车间已得到了广泛应用。据统计，1982年美国铸造生产中采用酸固化的呋喃树脂自硬砂占整个化学粘结砂的22%，占全部自硬砂的40%。日本在80年代用树脂自硬砂生产的铸件占铸件总产量的30.9%，仅次于湿型砂，目前日本粘土干型砂已被树脂自硬砂所取代。德国是欧洲最大的树脂砂应用者，其中树脂自硬砂的用量达19.4%，目前德国单件、小批量生产的铸件，几乎全部采用呋喃树脂自硬砂。英国在70年代采用树脂自硬砂生产的铸件占9.1%，80年代初已有70%的复杂、薄壁的铸铁件，20%铸钢件采用此工艺，最大铸件重量可达100t。法国、意大利等国的单件、小批量生产的铸造厂家大多数也都采用树脂自硬砂，而且，呈逐年增长的势头。

当今，国外已应用于生产的树脂自硬砂，按树脂的固化方法可分为三种：即酸固化的呋喃树脂自硬砂，酯固化的水溶性碱性酚醛树脂自硬砂和酚尿烷树脂自硬砂等。其中酸固化的呋喃树脂自硬砂在铸铁件生产中应用甚广，而酯固化的碱性酚醛树脂自硬砂在铸钢件上应用将有广阔的发展前景，酚尿烷树脂自硬砂仅限于美国等一些国家采用。

我国铸件年产量约1000多万t，但是，80%以上的铸造厂家属于单件、小批量生产。由于我国机械工业比较落后，对铸造行业又重视不够，因此，在80年代以前，大多数厂家仍采用粘土砂手工工艺生产铸件。由于机械化程度不高，生