

李远才 等编著

# 铸造 造型材料 实用 手册



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 铸造造型材料实用手册

李远才 等编著

## 目录

第一章 绪论

第一节 铸造造型材料的发展概况

第二节 铸造造型材料的分类

第三节 铸造造型材料的作用

第四节 铸造造型材料的要求

## 第二章 型砂

第一节 型砂的组成

第二节 型砂的性能指标

第三节 型砂的制备

第四节 型砂的贮存

第五节 型砂的回收

第六节 型砂的检验

第七节 型砂的环保

第八节 型砂的新技术



机械工业出版社

本书是一本关于铸造造型材料的工具书,全面系统地介绍了铸造造型材料及其应用。其主要内容包括:原砂及耐火原料、粘结材料、添加材料、辅助材料、工艺过程材料、无机粘结剂型砂和芯砂、有机化学粘结剂砂、其他铸型(芯)砂、铸造涂料、熔模铸造材料、消失模铸型。书中汇集了丰富的铸造造型材料相关技术资料、数据和图表,实用性较强。

本书可供铸造工程技术人员、从事铸造造型材料生产和销售的相关人员参考,也可作为相关专业在校师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

铸造造型材料实用手册/李远才等编著. —北京:  
机械工业出版社, 2009. 3

ISBN 978-7-111-25801-8

I. 铸… II. 李… III. 铸造—造型材料—手册  
IV. TG221—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 200960 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:陈保华 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm · 32.75 印张 · 639 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-25801-8

定价: 58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379734

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

铸造是机械行业最基础的产业。在我国铸造又俗称为“翻砂”，其中“砂”即为广义的造型材料，而“翻”理解为使用造型材料的技术。日本人形象地将铸造称为“水随方圆之器”的技术，其中“水”为金属液，“方圆之器”即为用造型材料制成的铸型(芯)。造型材料在铸造中的重要性不言而喻。

通常将造型、制芯及合箱浇注过程中所使用的一切非金属的、有机的、无机的、消耗性的材料统称为造型材料，其分类广，性能(性状)、规格各异，用途及使用效果也千差万别。

砂型铸造与其他铸造方法相比，其优点是不受零件形状、大小、复杂程度及合金种类的限制；所用材料来源广，生产准备周期短，成本低。砂型铸造是铸造生产中应用最广泛的一种方法，世界各国用砂型铸造生产的铸件占总产量的80%~90%。为此，本书所涉及的造型材料，是以砂型铸造用材料为主，还适当介绍了其他特种铸造用材料，如熔模铸造用材料、消失模铸造用材料等，它涵盖了骨料材料、粘结材料、添加材料和辅助材料，以及诸如冒口套、覆盖剂等工艺过程材料等。

本书全面系统地介绍了铸造造型材料及其应用，汇集了丰富的相关资料、数据和图表，实用性较强。希望本书能够对铸造工程技术人员、从事铸造造型材料生产和销售的相关人员有所帮助。

全书共分12章，第1章、第2章、第3章、第6章、第8章、第9章、第10章由李远才编写；第4章由李远才、冀运东编写；第5章、第7章、第11章、第12章由董选普编写。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和错处，热忱希望广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第1章 绪论 ..... 1

### 1.1 造型材料的分类及特点 ..... 1

#### 1.1.1 造型材料的分类 ..... 1

#### 1.1.2 造型材料的特点 ..... 1

### 1.2 造型材料在我国的发展 历程 ..... 3

### 1.3 造型材料发展趋势与 展望 ..... 5

## 第2章 原砂及耐火原料 ..... 9

### 2.1 概述 ..... 9

### 2.2 硅砂 ..... 11

#### 2.2.1 硅砂的基本性质及用途 ... 11

#### 2.2.2 铸造用硅砂的来源及 加工 ..... 13

#### 2.2.3 铸造硅砂的性能及技术 指标 ..... 15

#### 2.2.4 熔模铸造用硅砂(粉) ..... 21

#### 2.2.5 熔融石英(石英玻璃) ..... 22

### 2.3 非石英质原砂及耐火 材料 ..... 23

#### 2.3.1 锆砂 ..... 23

#### 2.3.2 镁砂 ..... 31

#### 2.3.3 橄榄石砂 ..... 33

#### 2.3.4 铬铁矿砂 ..... 35

#### 2.3.5 铝-硅系耐火材料 ..... 40

#### 2.3.6 刚玉砂 ..... 46

#### 2.3.7 硅藻土 ..... 49

#### 2.3.8 碳质耐火材料 ..... 53

#### 2.3.9 钛铁矿砂 ..... 57

#### 2.3.10 石灰石砂 ..... 59

### 2.4 原砂基本性能测试 ..... 62

#### 2.4.1 原砂堆密度的测定 ..... 63

#### 2.4.2 原砂含水量的测定 ..... 63

#### 2.4.3 原砂含泥量的测定 ..... 63

#### 2.4.4 原砂粒度的测定 ..... 65

#### 2.4.5 原砂比表面积的测定 ..... 65

#### 2.4.6 原砂颗粒表面形貌(含角 形因数及形貌) ..... 66

#### 2.4.7 原砂酸耗值的测定 ..... 66

#### 2.4.8 原砂 pH 值的测定 ..... 66

#### 2.4.9 原砂烧结点的测定 ..... 67

#### 2.4.10 原砂耐火度的测定 ..... 68

#### 2.4.11 原砂灼烧减量的测定 ..... 69

#### 2.4.12 原砂发气量的测定 ..... 69

#### 2.4.13 原砂的化学成分分析 ..... 69

## 第3章 粘结材料 ..... 72

### 3.1 无机粘结材料 ..... 72

#### 3.1.1 粘土 ..... 72

#### 3.1.2 水玻璃 ..... 82

#### 3.1.3 水泥 ..... 93

#### 3.1.4 磷酸盐粘结剂 ..... 95

### 3.2 合成树脂粘结剂及油类粘 结剂 ..... 99

#### 3.2.1 铸造合成树脂的分类 ..... 99

#### 3.2.2 自硬树脂粘结剂 ..... 101

#### 3.2.3 覆膜砂用酚醛树脂及固 化剂 ..... 112

#### 3.2.4 热(温)芯盒用树脂粘 结剂 ..... 117

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 3.2.5 气硬冷芯盒用粘结剂         | 122 |
| 3.3 其他粘结剂(增稠剂)          | 128 |
| 3.3.1 淀粉类粘结剂            | 128 |
| 3.3.2 亚硫酸盐纸浆废液          | 130 |
| 3.3.3 羧甲基纤维素钠           | 131 |
| 3.3.4 糖浆                | 132 |
| 3.3.5 海藻酸钠              | 132 |
| 3.3.6 木质磺酸钙             | 133 |
| 3.3.7 田菁胶               | 133 |
| 3.3.8 松香                | 134 |
| 3.3.9 聚乙烯醇缩丁醛           | 134 |
| 3.3.10 聚丙烯酰胺            | 135 |
| 3.3.11 黄原胶              | 136 |
| 3.3.12 聚醋酸乙烯乳液<br>(白乳胶) | 137 |
| 3.3.13 煤焦油及沥青           | 137 |
| 3.3.14 硅酸乙酯             | 138 |
| 3.3.15 硅溶胶              | 138 |
| 3.3.16 硫酸盐              | 139 |
| 第4章 添加材料                | 140 |
| 4.1 煤粉光亮剂及其代用品          | 140 |
| 4.1.1 铸造用煤粉             | 140 |
| 4.1.2 煤粉的代用材料           | 143 |
| 4.2 增塑剂                 | 152 |
| 4.2.1 邻苯二甲酸二丁酯          | 152 |
| 4.2.2 邻苯二甲酸二辛酯          | 152 |
| 4.2.3 磷酸三苯酯             | 153 |
| 4.2.4 磷酸三甲苯酯            | 153 |
| 4.2.5 聚乙二醇              | 154 |
| 4.3 增强剂                 | 155 |
| 4.3.1 偶联剂               | 155 |
| 4.3.2 交联剂               | 157 |
| 4.4 铸件抗脉纹添加剂            | 161 |
| 4.4.1 概述                | 161 |
| 4.4.2 抗脉纹添加剂            | 162 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第5章 辅助材料                  | 163 |
| 5.1 有机溶剂                  | 163 |
| 5.1.1 溶剂油                 | 163 |
| 5.1.2 石油醚                 | 164 |
| 5.1.3 环己烷                 | 164 |
| 5.1.4 正庚烷                 | 165 |
| 5.1.5 苯                   | 165 |
| 5.1.6 甲苯                  | 166 |
| 5.1.7 二甲苯                 | 167 |
| 5.1.8 乙苯                  | 167 |
| 5.1.9 松节油                 | 168 |
| 5.1.10 二氯甲烷               | 168 |
| 5.1.11 三氯甲烷               | 169 |
| 5.1.12 甲醇                 | 170 |
| 5.1.13 乙醇                 | 171 |
| 5.1.14 异丙醇                | 172 |
| 5.2 脱模剂                   | 173 |
| 5.2.1 紫胶漆                 | 173 |
| 5.2.2 硝基外用磁漆              | 174 |
| 5.2.3 过氯乙烯外用磁漆            | 177 |
| 5.2.4 聚氨酯漆                | 178 |
| 5.2.5 石松子粉和滑石粉            | 179 |
| 5.2.6 全损耗系统用油和甲基<br>硅油    | 180 |
| 5.3 修补膏(砂)、封箱条<br>(膏)和粘合胶 | 181 |
| 5.3.1 修补膏(砂)              | 181 |
| 5.3.2 封箱膏(条)              | 182 |
| 5.3.3 砂芯胶合剂               | 183 |
| 第6章 工艺过程材料                | 185 |
| 6.1 冒口套                   | 185 |
| 6.1.1 概述                  | 185 |
| 6.1.2 冒口套用材料组成            | 186 |
| 6.1.3 冒口套用保温材料            | 187 |
| 6.1.4 保温冒口套的制作与           |     |

|                                 |     |                               |     |
|---------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 应用                              | 198 | 和性能控制                         | 248 |
| 6.2 发热冒口                        | 207 | 7.3 水玻璃型砂和芯砂                  | 252 |
| 6.2.1 发热冒口套材料                   | 207 | 7.3.1 水玻璃 CO <sub>2</sub> 硬化砂 | 252 |
| 6.2.2 发热冒口套配方                   | 210 | 7.3.2 烘干硬化水玻璃砂                | 265 |
| 6.3 覆盖剂及其应用                     | 212 | 7.3.3 水玻璃自硬砂                  | 266 |
| 6.3.1 概述                        | 212 | 7.3.4 水玻璃流态自硬砂                | 274 |
| 6.3.2 HM—1 型冒口覆盖剂               | 213 | <b>第8章 有机化学粘结剂砂</b>           | 276 |
| 6.3.3 XF 型和 MF 型冒口覆盖剂           | 214 | 8.1 油类粘结剂砂概述                  | 276 |
| 6.3.4 复合型冒口覆盖剂                  | 216 | 8.1.1 油砂                      | 276 |
| 6.4 液态铸造合金用过滤器及浇注系统             | 217 | 8.1.2 合脂砂                     | 277 |
| 6.4.1 液态铸造合金用过滤器及其性能特点          | 217 | 8.1.3 油砂和合脂砂的应用               | 278 |
| 6.4.2 耐火纤维编织过滤网                 | 219 | 8.2 自硬冷芯盒法粘结剂砂                | 278 |
| 6.4.3 直孔芯型陶瓷过滤器                 | 220 | 8.2.1 概述                      | 278 |
| 6.4.4 泡沫陶瓷过滤器                   | 221 | 8.2.2 呋喃树脂自硬砂                 | 279 |
| 6.4.5 过滤器在浇注系统中的位置及放置处浇道断面面积的确定 | 226 | 8.2.3 酸自硬酚醛树脂砂                | 287 |
| 6.4.6 泡沫陶瓷过滤器的应用                | 228 | 8.2.4 酯固化碱性酚醛树脂自硬砂            | 288 |
| <b>第7章 无机粘结剂型砂和芯砂</b>           | 232 | 8.2.5 胺硬化酚脲烷树脂自硬砂             | 291 |
| 7.1 粘土湿型砂                       | 232 | 8.2.6 树脂自硬砂的再生                | 295 |
| 7.1.1 粘土湿型砂的基本特点                | 232 | 8.2.7 三种树脂自硬砂性能比较             | 297 |
| 7.1.2 湿型砂的组分及其组分材料的选用           | 233 | 8.3 覆膜砂                       | 298 |
| 7.1.3 湿型砂的配比及其性能控制              | 234 | 8.3.1 覆膜砂的应用及特点               | 298 |
| 7.1.4 旧砂回用及性能控制指标               | 242 | 8.3.2 覆膜砂的生产                  | 301 |
| 7.1.5 可能产生的缺陷及防止措施              | 245 | 8.3.3 覆膜砂的标准与分类               | 307 |
| 7.2 干型(芯)砂和表面烘干砂                | 247 | 8.3.4 覆膜砂型(芯)的制造              | 309 |
| 7.2.1 各种材料的选用                   | 248 | 8.3.5 覆膜砂型(芯)及铸件缺陷            | 312 |
| 7.2.2 干型砂和表面烘干砂的配比              |     | 8.3.6 覆膜砂热法再生与质量控制            | 316 |
|                                 |     | 8.4 热(温)芯盒砂                   | 317 |
|                                 |     | 8.4.1 概述                      | 317 |
|                                 |     | 8.4.2 热芯盒砂用原材料及其混制工艺          | 318 |

|                                        |     |                                   |     |
|----------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 8.4.3 制芯工艺 .....                       | 320 | 10.1.3 铸造涂料的发展方向 .....            | 343 |
| 8.4.4 热芯盒法存在的主要问题<br>及解决途径 .....       | 321 | 10.2 涂料的主要组成 .....                | 344 |
| 8.4.5 温芯盒法制芯 .....                     | 321 | 10.2.1 耐火粉料 .....                 | 345 |
| 8.5 气硬冷芯盒树脂砂 .....                     | 322 | 10.2.2 载体 .....                   | 348 |
| 8.5.1 概述 .....                         | 322 | 10.2.3 悬浮剂 .....                  | 351 |
| 8.5.2 胺法冷芯盒制芯工艺 .....                  | 322 | 10.2.4 粘结剂 .....                  | 354 |
| 8.5.3 SO <sub>2</sub> 硬化法芯砂 .....      | 327 | 10.3 涂料的配制、施涂和<br>干燥 .....        | 355 |
| 8.5.4 低毒、无毒气硬冷芯<br>盒法 .....            | 329 | 10.3.1 涂料的配制 .....                | 355 |
| 第9章 其他铸型(芯)砂 .....                     | 331 | 10.3.2 涂料的施涂 .....                | 357 |
| 9.1 磷酸盐粘结剂型砂和<br>芯砂 .....              | 331 | 10.3.3 涂料的干燥 .....                | 357 |
| 9.1.1 磷酸盐粘结剂型(芯)砂用<br>固化剂及硬化机理 .....   | 331 | 10.4 几种典型的铸型(芯)<br>涂料 .....       | 359 |
| 9.1.2 磷酸盐粘结剂型(芯)砂<br>配方 .....          | 332 | 10.4.1 砂型(芯)铸造涂料 .....            | 359 |
| 9.1.3 磷酸盐粘结剂型(芯)砂的<br>优缺点 .....        | 332 | 10.4.2 重力及非重力金属型<br>铸造涂料 .....    | 366 |
| 9.2 水泥型(芯)砂 .....                      | 333 | 10.5 涂料常见的缺陷及<br>其防止措施 .....      | 376 |
| 9.2.1 水泥型(芯)砂的优缺点 .....                | 333 | 10.5.1 涂料在制备与储存<br>过程中出现的缺陷 ..... | 376 |
| 9.2.2 水泥型(芯)砂配方 .....                  | 334 | 10.5.2 涂料工艺性能缺陷 .....             | 377 |
| 9.2.3 影响水泥砂性能的因素 .....                 | 334 | 10.5.3 流涂工艺常见缺陷 .....             | 378 |
| 9.2.4 水泥砂造型工艺特点 .....                  | 337 | 10.5.4 涂料工作性能缺陷 .....             | 380 |
| 9.2.5 双快水泥砂 .....                      | 338 | 10.5.5 因涂覆不当造成铸件<br>缺陷 .....      | 381 |
| 9.2.6 聚乙烯醇(PVA)-水泥自<br>硬砂 .....        | 338 | 10.6 涂料常规性能的检测 .....              | 383 |
| 9.3 石灰石型(芯)砂 .....                     | 339 | 10.6.1 涂料工艺性能的检测 .....            | 383 |
| 9.3.1 石灰石型(芯)砂原材料的<br>选用及型(芯)砂配比 ..... | 339 | 10.6.2 涂料烘干态性能的检测 .....           | 388 |
| 9.3.2 石灰石型(芯)砂易产生的<br>铸件缺陷及防止措施 .....  | 339 | 10.6.3 涂料高温性能的检测 .....            | 390 |
| 第10章 铸造涂料 .....                        | 342 | 第11章 熔模铸造材料 .....                 | 395 |
| 10.1 概述 .....                          | 342 | 11.1 熔模 .....                     | 396 |
| 10.1.1 铸造涂料的分类与组成 .....                | 342 | 11.1.1 模料用原材料 .....               | 396 |
| 10.1.2 铸造涂料的功能和作用 .....                | 343 | 11.1.2 模料配制及其技术指标 .....           | 397 |
|                                        |     | 11.1.3 常用模料的性能检测 .....            | 405 |
|                                        |     | 11.1.4 回收模料 .....                 | 406 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 11.1.5 熔模和模组的制造        | 408 |
| 11.2 型壳                | 410 |
| 11.2.1 制壳常用材料          | 410 |
| 11.2.2 型壳及其性能          | 429 |
| 11.2.3 涂料及型壳性能检测       | 436 |
| 11.3 熔模型芯              | 444 |
| 11.3.1 陶瓷型芯            | 444 |
| 11.3.2 水溶性型芯           | 447 |
| 11.3.3 型芯检验            | 449 |
| 11.4 熔模型壳及型芯常见缺陷及其防止措施 | 450 |
| 11.4.1 熔模型壳常见缺陷及其防止措施  | 450 |
| 11.4.2 熔模型芯常见缺陷及其防止措施  | 456 |

## 第12章 消失模铸型 459

### 12.1 泡沫塑料模样 459

#### 12.1.1 消失模铸造用泡沫塑料

#### 模样材料 459

#### 12.1.2 泡沫塑料模样成形 469

#### 12.1.3 泡沫塑料模样质量控制 477

#### 12.1.4 泡沫塑料的检验 480

### 12.2 消失模铸造涂料 483

#### 12.2.1 涂料的作用和配比 483

#### 12.2.2 涂料的配制 488

#### 12.2.3 涂料的涂覆与烘干 489

#### 12.2.4 涂料的性能检测 491

### 12.3 填砂与造型 496

#### 12.3.1 原砂的选择 496

#### 12.3.2 填砂与紧实 497

### 12.4 消失模模样的热解特性及其废气处理 500

### 12.5 消失模铸件的质量标准 510

## 参考文献 513

# 第1章 绪 论

## 1.1 造型材料的分类及特点

造型材料是铸造生产中造型、制芯用的原辅材料，是造型、制芯工艺的基础。由于它们的发展往往带来铸造工艺的变革，也就是说铸造工艺的发展与造型材料密切相关。

### 1.1.1 造型材料的分类

所谓造型材料，是指造型、制芯及合箱浇注过程中，所使用的一切非金属、消耗性、不直接参与铸件形成冶金过程的材料。造型材料的分类从总体上可分为无机矿物和有机化学品两大类；按照使用情况可分为原砂、粘结材料、添加材料、辅助材料、工艺过程材料等，见表 1-1。

表 1-1 造型材料的类别及作用

| 序号 | 类 别    | 作 用                                                                                                         |
|----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 原砂     | 原砂是砂型铸造和其他铸造工艺的基本骨料，包括硅砂及其他非硅砂，如锆砂、铬铁矿砂、镁砂、刚玉砂、铝矾土砂以及橄榄石砂等                                                  |
| 2  | 粘结材料   | 将原砂(再生砂)或耐火粉料粘结起来使之成为型、芯(包括砂型(芯),熔(溶)模样、芯及消失模样、芯等)的有机和无机材料，应用最多的是各种树脂(包括相应的固化剂)和膨润土，还有油类粘结剂、水玻璃、水泥、硅溶胶和磷酸盐等 |
| 3  | 添加材料   | 改善型(芯)砂的某些性能而在型(芯)砂中添加的一些特殊材料，如煤粉、淀粉、防毛刺添加剂、增强剂、防开裂剂、溃散剂、促硬剂等                                               |
| 4  | 辅助材料   | 为更好地造型、制芯以解决造型、制芯及浇注过程中出现的某些质量问题而配套使用的辅助材料，如涂料、脱模剂、修补膏(砂)、封箱条(膏)、粘合胶、通气绳、泡沫塑料、密封垫等                          |
| 5  | 工艺过程材料 | 为提高在浇注及凝固过程中铸件质量，并解决有关的铸造缺陷而添加的材料，主要有保温冒口套、发热保温冒口套、补贴、各种过滤网、覆盖剂、陶瓷管等                                        |

### 1.1.2 造型材料的特点

造型材料的特点及面临的问题见表 1-2。

表 1-2 造型材料的特点及面临的问题

| 特 点              | 问 题                                                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 品 种 多、规<br>格 多   | 其品种有上百种，规格有上千个，因此给生产、应用、管理、质量控制带来了诸多问题                                                                                                   |
| 涉及学科多            | 造型材料的开发、生产和应用涉及硅酸盐、矿物学、陶瓷、无机化学、高分子材料、有机合成、精细化工、铸造等学科，远远超出了铸造专业的研究范围，是多学科结合的产物，研究开发及相关人员必须有合理的专业结构                                        |
| 消耗量大             | 在砂型铸造中，每生产 1t 铸件可能会消耗上百公斤乃至 1t 左右的材料                                                                                                     |
| 对铸件质量影<br>响大     | 大多数铸造缺陷都与造型材料的质量和选用有关，由于品种规格多、消耗量大、涉及学科多，也给质量管理带来了不便                                                                                     |
| 引起的环境问<br>题多     | 大多数造型材料都含有一些有毒的化学物质。它们在使用中有的挥发和分解出有毒有害的气体，有的产生有害的粉尘，有的成为大量的废弃物，这些都给人体和环境带来了危害和污染，是对铸造业竞争力的严峻考验，必须引起铸造业的高度重视                              |
| 与工艺和装备<br>的联系密切  | 不同的工艺与装备，都对造型材料提出了不同的要求，都需有与之相适应的造型材料，它们是互相结合发展的，同时有些工艺和装备的不足，可以通过改进造型材料的性能来弥补。因此，造型材料如何与工艺和设备结合，提高成型速度（固化速度）、简化操作、方便使用，将会对铸造生产的效率产生重大影响 |
| 许多技术规范<br>难以统一   | 由于造型材料涉及铸造以外的多种学科，生产厂家和品种多，产品的特色性能强，技术保密和技术交流的限制，同时铸造工厂以及不同的工艺对其要求和习惯各不相同，导致了技术规范难以统一，给行业技术管理造成了一定困难                                     |
| 铸件尺寸精度           | 造型材料直接受高温金属熔体的多种作用，它们自身的物理化学变化和与金属熔体的多种反应，将会影响到铸件的尺寸精度，必须根据铸件大小和复杂程度、材质、工艺等来选择合适的造型材料                                                    |
| 铸件质量和成<br>品率     | 70% 的铸造缺陷都与造型材料有关，除与造型材料的质量、使用方法或者选用不当会影响到铸件质量和成品率外，有些造型材料的开发本身就是为了解决某些铸造缺陷和提高铸件质量                                                       |
| 生产成本             | 造型材料均为消耗性的材料，它们对铸造质量和成品率、生产效率有较大影响，因此选择高质量、合适的造型材料对降低铸件的生产成本意义重大                                                                         |
| 劳 动 条 件 和<br>环 境 | 造型车间、制芯车间、清理车间及浇注车间的操作者，都会接触到造型材料产生的有害粉尘、气体及各种分解物，铸造工厂大量废弃物也都是造型材料转化来的，由此导致的环境问题直接关系到铸造业的生存，治理这些环境问题必须要有一定的投入。造型材料的开发应该向毒性小、消耗低和易再生的方向发展 |

## 1.2 造型材料在我国的发展历程

表 1-3 列出了造型材料在我国的发展历程。从表中可以看出,铸型(芯)粘结剂砂已形成粘土(湿型)砂、人工合成树脂砂和水玻璃砂为主的格局;近 20 年来,随着化学工业的发展,树脂砂的发展尤为迅速,树脂粘结剂的品种大为增加,树脂砂的硬化工艺已多样化;另外,为提高铸件的表面质量和适应树脂砂工艺的要求,国产涂料的性能和使用效果,其专业化、商品化和系列化,已接近和部分达到国外同类产品的水平。造型材料的整体发展,对保证铸件质量、减少铸造缺陷,发挥了不可替代的重要作用。

表 1-3 造型材料在我国的发展历程

| 年代                   | 发 展 历 程                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20<br>世纪<br>50<br>年代 | 造型:小铸件用天然粘土砂湿型,大铸件和铸钢件用粘土砂干型;刷石墨涂料和石英粉涂料;造型设备主要采用震压、震击转台、震击翻板造型机,大铸件则用抛砂机射砂                                                                                                                                    |
|                      | 制芯:主要是手工制芯或简单的手动翻转式起芯机;砂芯用的粘结剂主要有:干性植物油(桐油、亚麻油等)、糊精、糖浆、纸浆废液、石油沥青乳液液粘结剂等                                                                                                                                        |
|                      | 水玻璃 CO <sub>2</sub> 硬化砂 20 世纪 50 年代初开始试验,以后即在生产中应用<br>对水玻璃吹 CO <sub>2</sub> 硬化的机理、各种工艺因素(原砂、水玻璃、混砂、造型、吹气工艺等)对水玻璃 CO <sub>2</sub> 硬化性能的影响还掌握不深,加上操作比较粗放和工艺管理跟不上,因此在生产应用阶段曾碰到型砂的可使用时间短、粘模、吹不硬、硬化的砂型(芯)存放时表面粉化等问题 |
| 20<br>世纪<br>60<br>年代 | 采用干性植物油的代用材料——合脂、精制米糠油、塔油、渣油等,在小批生产中应用                                                                                                                                                                         |
|                      | 从 20 世纪 60 年代初开始脲醛呋喃树脂和酚醛呋喃树脂热芯盒法在大量生产的汽车、拖拉机铸件上应用,代替桐油制造Ⅱ级~Ⅲ级砂芯                                                                                                                                               |
|                      | 1956 年开始研究壳法制型(芯),在 20 世纪 60 年代开始工业应用                                                                                                                                                                          |
|                      | 从 1964 年开始在生产中应用粉状硬化剂水玻璃自硬砂。该型砂对改善出砂性作用有限,而且有粉状硬化剂性能不稳定,不易混匀等问题,现在生产中已不用                                                                                                                                       |
|                      | 1961 年开始采用水玻璃流态自硬砂。该型砂的主要问题是铸件质量差,常发生缩沉、冲砂、粘砂等缺陷,粘模、出砂困难,旧砂无法回用。流态自硬砂不久即被淘汰                                                                                                                                    |
|                      | 1965 年沈阳重型机械厂发明了水爆清砂工艺。水爆清砂因能解决水玻璃 CO <sub>2</sub> 砂的清砂问题而被很多工厂采用。但水爆声音很大、有强烈的振动和水砂飞溅、水爆池清理困难,更主要的问题是铸件易出现细微裂纹。在出现石灰石砂后即逐渐被淘汰                                                                                  |
|                      | 在 20 世纪 60 年代中期,活化膨润土表干型砂曾一度大力推广。因对铸件质量难以保证,表干型不久就被淘汰                                                                                                                                                          |

(续)

| 年代                   | 发 展 历 程                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20<br>世纪<br>70<br>年代 | <p>戚墅堰机车车辆厂于1970年首创石灰石水玻璃CO<sub>2</sub>硬化砂,在全国的铸钢生产上推广应用。该型砂铸件尺寸精度和表面质量差,易发生缩沉、断裂、气孔等缺陷,现在已很少采用</p>                                                                                                                                     |
|                      | <p>20世纪70年代初在生产上应用水泥自硬砂。该型砂的优点是能自硬,出砂性比水玻璃CO<sub>2</sub>砂稍好,旧砂能回用;但其缺点是,大型铸件起模困难,型砂残留水分高,铸件易产生气孔,表面强度低,铸件易发生冲砂,用水力清砂时沉淀池中的旧砂发生硬化,清除困难,双快水泥的供应也有问题。不久水泥自硬砂即被淘汰</p>                                                                       |
|                      | <p>高压造型湿型砂:第一汽车制造厂铸造分厂在20世纪70年代初进行高压造型线的调试,沈阳工业大学参加了该项工作</p>                                                                                                                                                                            |
|                      | <p>1956年由美国Shroyer H F提出消失模铸造,1958年获得专利,国外在20世纪60年代初期即在生产中应用;1968年联邦德国提出了磁型铸造法;1971年日本提出真空密封造型,简称V法;1973年国外开发了实型真空密封铸造法</p>                                                                                                             |
|                      | <p>我国在20世纪70年代初,采用实型铸造法、真空密封造型法和磁型铸造,1978年又采用实型真空密封造型法生产碳钢铸件。但当时大多在单件小批生产的铸件上应用,以后逐渐不用</p>                                                                                                                                              |
| 20<br>世纪<br>80<br>年代 | <p>国外在1958年推出酸硬化呋喃树脂自硬砂。国内20世纪70年代初开始开发研究,在20世纪80年代初用于生产,以后很快得到推广应用。我国现在有成套的自硬砂线300余条,其中酸硬化呋喃树脂砂生产线占80%~90%</p>                                                                                                                         |
|                      | <p>酚醛脲烷树脂自硬砂(Pepset法)于1968年由美国Ashland公司发明,1971年开始工业应用。国内20世纪80年代一些工厂引进了Pepset法的工艺装备和粘结剂的生产技术,现在粘结剂国内已有商品供应。已有近20家铸造厂应用</p>                                                                                                              |
|                      | <p>有机酯酚醛树脂自硬砂,国外在1984年开始推广应用,国内在1986年开始研究,于1988年推广应用</p>                                                                                                                                                                                |
|                      | <p>三乙胺冷芯盒法为美国Ashland公司开发,于1968年取得专利,1968年用于生产。国内在20世纪70年代初开始研究,于1981年通过技术鉴定。1984年后国内第一汽车制造厂、第一拖拉机厂、北京内燃机厂、常州柴油机厂等工厂先后引进了三乙胺法设备,常州有机化工厂引进了线性酚醛树脂生产设备和技术,能成套供应粘结剂的三种组分,为三乙胺法提供了客观条件。三乙胺法投入生产后,即被大量采用,这种方法本身变化不大,但其向无毒无味方向发展的吹气硬化法不断出现</p> |
|                      | <p>二氧化硫(SO<sub>2</sub>)冷芯盒法(Sapic法):法国Sapic公司于1971年取得专利,1978年用于生产。国内华中理工大学等单位在20世纪80年代初即对此进行开发研究。目前该法在国内应用很少</p>                                                                                                                        |
|                      | <p>有机酯气雾冷芯盒法——甲酸甲酯酚醛树脂冷芯盒法(α法)由英国波顿(Berdon)公司于1982年研制成功,1984年开始用于生产,常称为α法。我国在1987年开始研究,1989年通过部级鉴定</p>                                                                                                                                  |
|                      | <p>20世纪80年代中期,华中理工大学提出以聚丙烯酸钠为主要粘结剂的CO<sub>2</sub>硬化制芯法,用Ca(OH)<sub>2</sub>粉作促硬剂,混砂时先将Ca(OH)<sub>2</sub>粉与原砂混匀,再加粘结剂混匀,制芯后吹CO<sub>2</sub>硬化</p>                                                                                          |
|                      | <p>为了缩小与国外优质涂料的差距,国家“六五”期间38项重点攻关项目列入了铸造用涂料研究课题。国内多所大学及企业参与了该课题的研究,研制出一批适合铸钢、铸铁及有色合金铸件的水基和醇基涂料。这些涂料的性能及使用效果,已达到和接近国外同类涂料的先进水平。与此同时,还研究出一些涂料性能的测定方法,为以后进一步开展铸造用涂料的研究创造了条件</p>                                                            |
|                      | <p>近年来国内外报导了一些新的涂料,如有机自干涂料、水基自干涂料、粉状静电喷涂涂料、转移涂料、表面合金化涂料、无骨料涂料等,以满足不同生产的需要</p>                                                                                                                                                           |

(续)

| 年代          | 发展历程                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 原砂的精选和整形: 国内在 1972 年开始研究; 1982 年以硫酸代替氢氟酸, 制出了 $\text{SiO}_2 \geq 97\%$ 的优质天然硅砂; 1987 年国内开发出了无氟无酸的浮选工艺; 沈阳铸造研究所自 1988 年开始研究用机械方法改善原砂的粒形, 1991 年研制成生产率为 $2\text{t/h}$ 的硅砂整形机。该技术被辽宁海城硅砂矿厂采用, 于 1992 年建成国内第一条硅砂整形生产线 |
| 20 世纪 80 年代 | 1967 年在美国开始应用有机酯水玻璃自硬砂。我国上海沪东造船厂铸钢分厂从 1972 年开始试验, 1984 年通过中船公司组织的鉴定并投入生产, 以后在造船、重型、通用等行业的铸钢生产中推广应用                                                                                                                |
|             | 1984 年, 中国北方工业公司兴安化学材料厂引进美国奎可德化学公司呋喃树脂成套工艺和 $\text{SO}_2$ 冷芯盒法; 同年第一汽车制造厂与常州有机化工厂引进美国亚什兰化学公司三乙胺冷芯盒法及其所用树脂的生产技术; 同年底, 中国造型材料公司从英国福士科公司引进涂料、水玻璃粘结剂、脱模剂、发热保温罩口套和补贴材料等 5 类 42 种规格的产品; 上海市机械制造研究所也同时引进 20 余种产品的生产技术    |
|             | 国内浙江省机电设计研究院从 20 世纪 70 年代初即开始研究铁型覆砂铸造, 1979 年生产出 S195 曲轴, 至 20 世纪 90 年代, 该单位对此项技术不断开发完善, 从单缸曲轴发展到二、三、四、六和四拐八缸曲轴, 以及凸轮轴、多路液压阀体、缸套等铸件的大批量生产                                                                         |
| 20 世纪 90 年代 | 消失模铸造: 中科院长春光机所于 1979 年开始研究, 并开始推广应用。进入 20 世纪 90 年代后用于开发大量生产的汽车、摩托车铸件, 均收到满意效果                                                                                                                                    |
|             | 水玻璃 VRH $\text{CO}_2$ 硬化法 (VRH 法) 为日本铸造技术普及协会于 1983 年研制成功, 1984 年用于生产。我国从 1986 年开始对 VRH 法进行研究, 到 1993 年已有十来家工厂采用此工艺, 投产后均收到较好的效果。但国内水玻璃加入的质量分数在 $3\% \sim 4\%$ , 离先进水平还有距离                                        |
|             | 湿型砂性能在线检测: 1994 年 GIFA 博览会四个国家八家厂商展出型砂性能在线检测仪器。1996 年国内清华大学、华南理工大学各自研制的型砂性能在线检测仪都已开发成商品                                                                                                                           |

### 1.3 造型材料发展趋势与展望

随着铸件市场的全球化, 铸造行业内的竞争将更加激烈, 对铸件的优质精化将提出更高的要求, 需要更广泛采用各种近无余量的精确成形新工艺, 因此必须建立与之相适应造型材料体系。为适应“绿色铸造”的要求, 造型材料的产品从生产、使用、回收到废弃物处理的每一个环节, 都应符合环境保护要求, 对环境无害, 并且最大限度地利用天然资源和节约能源, 以实现“既满足当代人需要, 又不对子孙后代满足其需求能力构成危害”的可持续发展。

造型材料的应用展望及研究开发方向见表 1-4。

表 1-4 造型材料的应用展望及研究开发方向

| 项 目     | 应用 展 望                                                   | 研究开发方向                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 原砂      | 原砂是砂型铸造和其他铸造工艺的基本材料，硅砂是用量最大、最广泛的原砂，其他还有锆砂、铬铁矿砂以及橄榄石砂等    | <p>1) 开发二氧化硅含量高、粒形好、储量大、开采方便，地理位置分布合理(中西部)的新矿点</p> <p>2) 采用现代化的擦磨、脱泥、酸洗、分级，以及干燥加工处理工艺和装备，改善硅砂的粒形，除去表面杂质，降低含泥量，调整耗酸值</p> <p>3) 根据不同要求，使成品砂的粒度分布可以任意控制且分布合理，推广大包装烘干砂</p> <p>4) 推广陶粒砂、相变砂等特种砂</p> <p>5) 开发各种型(芯)砂的再生处理工艺，扩大热法再生，提高再生利用率，减少旧砂对环境的污染</p>                                                                                                             |
| 高密度湿型砂  | 在汽车、内燃机的缸体、缸盖、箱体类中、小铸件大批量流水生产中，将广泛采用射压、气冲、高压和静压造型等高密度湿型砂 | <p>1) 采用先进的勘探和采矿方法，以及采用现代化的混合、活化、干燥、制粉工艺和装备，稳定膨润土的质量</p> <p>2) 在严格选用蒙脱石含量高的膨润土原矿的基础上，对膨润土进行改性处理，如进行有机物-膨润土复合改性，使其分散性、粘结性得到更大限度的发挥</p> <p>3) 开发无毒、无味、无腐蚀、颜色浅、含光亮碳高、含硫、灰分低的煤粉代用材料</p> <p>4) 开发新一代的型砂性能检测仪器，运用计算机、自动化技术的最新成果，实现砂处理系统的在线检测和型砂质量的智能化控制</p>                                                                                                           |
| 树脂自硬砂   | 在机床、造船、通用机械和重型机械等中、大型单件小批铸件的生产中广泛采用，还将继续扩大其应用范围          | <p>1) 进一步提高树脂砂的综合性能指标，如使树脂加入的质量分数降至0.8%~0.9%，铁砂比控制在1:3~1:4，废品率降至2%以下</p> <p>2) 充分发挥多种自硬树脂砂的优势和特点，形成呋喃自硬、碱性酚醛、酚脲烷、酯固化酚醛等多种自硬砂竞相发展的局面</p> <p>3) 开发出少污染和无污染的新的树脂品种，使铸造过程挥发的苯、甲苯等有毒气体大幅度下降，甚至完全消除</p> <p>4) 树脂的性能将向加快固化速度、降低粘度、增加抗吸湿性、提高常温强度和高温强韧性的方向发展，树脂砂的品种将会更加多样化、系列化，以适应于不同原砂、不同环境条件、不同合金材质、不同形状铸件的特殊要求</p> <p>5) 为满足铸件“轻量化”的需求，开发专门用于铝合金、镁合金的分解温度低、易溃散的树脂</p> |
| 有机酯水玻璃砂 | 在铸钢件生产中，特别是在大型和特大型铸钢件的生产中有较好的应用前景                        | 进一步解决水玻璃砂的旧砂回用问题，提高脱膜率和回收率                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

(续)

| 项 目      | 应 用 展 望                                                                             | 研究开发方向                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 覆膜砂壳型(芯) | 在今后相当长的一段时期内, 仍会保持较大的市场规模                                                           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 开发取代硅砂和锆砂的覆膜砂用原砂、多品种的覆膜砂用树脂以及各种添加剂, 制成具有特殊性能的系列壳型(芯)覆膜砂, 以适应不同覆膜砂性能的要求</li> <li>2) 开发新型无氮且固化速度快的固化剂</li> <li>3) 研究壳法覆膜砂与铸(钢)件表面缺陷的生成机理及防止措施</li> <li>4) 为提高铸件尺寸精度, 开展高渗透性薄层涂料, 或无涂料化工艺的研究</li> <li>5) 开展覆膜砂预热工艺及设备的开发与研究</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 三乙胺冷芯盒工艺 | 从节约能源、改善工作条件和提高砂芯精度出发, 冷法工艺的应用会呈快速上升的趋势, 它将逐渐取代热法, 特别是取代热芯盒法, 与世界先进国家的制芯工艺发展趋势相吻合   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 为减少对环境的污染, 开发和改进树脂品种, 改进吹气工艺和尾气净化装置, 使三乙胺的排放量控制在工业卫生排放标准范围内</li> <li>2) 进一步提高树脂砂的抗吸湿性</li> <li>3) 将大力发展碱酚醛树脂砂、甲酸甲酯固化酚醛树脂砂等各类新的低毒、无毒冷芯盒气硬制芯工艺</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 铸造涂料     | 铸造涂料的发展应顺应近净形(Near Net Shape)和绿色集约化铸造技术总的发展趋势, 在铸件精化、提高铸件品质、节约资源、保护环境等方面充分发挥铸造涂料的作用 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 开发新型及复合耐火骨料以提高涂料的抗粘砂性能, 拓宽纳米材料和超细分材料在涂料中的应用等</li> <li>2) 不用载液、少用载液或主要用水作为载液, 尽量不用苯、二甲苯、乙醇、甲醇等有害人体健康的挥发性溶剂, 以解决醇基涂料的污染和成本的问题</li> <li>3) 采用自干、快干和微波干燥方法, 以提高水基涂料的干燥效率和表面质量</li> <li>4) 发展粒状或粉状铸型涂料, 以解决醇基涂料运输周期长, 费用高、不安全, 而且由于醇基涂料的悬浮稳定性较差, 涂料在长途运输和存放过程中易产生板结(死沉淀)现象</li> <li>5) 研究铸铁件用的白色或浅色涂料, 加快涂料绿色化生产, 以适应环境保护的要求</li> <li>6) 推广树脂砂流水线用高效优质的流涂涂料, 建立与近无余量精确成形技术相适应的新型系列涂料及其施涂工艺</li> <li>7) 研制适用于消失模铸造的优质涂料, 开发铸钢件及铸铝合金件消失模专用涂料是当务之急</li> <li>8) 使涂料的由单一的防粘砂作用向多功能化发展, 进一步开发表面合金化涂料、控制凝固速度的涂料, 能阻隔铸型(芯)中有害气体侵入铸件的烧结型屏蔽涂料, 建立完善的涂料商品系列</li> </ol> |

(续)

| 项 目                    | 应用展 望                                                                    | 研究开发方向                                                                                                                                                                     |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 型砂性能<br>测试仪器和<br>砂处理设备 | 对于保证型砂、砂芯质量以及制定造型材料标准至关重要                                                | 1) 提高效率、可靠性<br>2) 提高柔性化、智能化、网络化                                                                                                                                            |
| 过滤器                    | 近 20 年来, 过滤器及其在液态铸造合金过滤领域的应用已得到了长足的发展。仅就泡沫陶瓷过滤器而言, 国内铸造行业的潜在年需求量约 1 亿片左右 | 1) 采用先进的自动化技术大批量生产的泡沫陶瓷、蜂窝陶瓷和直孔陶瓷过滤器的工艺和装备, 使产品的质量稳定可靠, 实现规模化生产<br>2) 改进以上三种陶瓷过滤器的高温性能, 提高直孔陶瓷过滤器的孔隙率<br>3) 加强各种过滤器的应用研究, 为推广提供软件支持<br>4) 过滤器与冒口套相结合, 减少浇铸系统, 提高工艺出品率和清理效率 |
| 冒口套                    |                                                                          | 1) 开发大批量高精度发热和保温冒口套的生产工艺和装备<br>2) 推广发热保温冒口套<br>3) 推广冒口套与易割片的使用工艺<br>4) 开发低毒、少污染新型发热和保温冒口套                                                                                  |