

[美] 杰克·埃弗里 著  
信春玲 杨小平 译

# 塑料成型方案选择

## ——设计和制品工程师指南



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

# 塑料成型方案选择

## ——设计和制品工程师指南

[美] 杰克·埃弗里 著

信春玲 杨小平 译

王培华 校译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型方案选择: 设计和制品工程师指南/[美]  
埃弗里 (Avery, J.) 著; 信春玲, 杨小平译. —北京:  
化学工业出版社, 2004.2  
书名原文: Injection Molding Alternatives  
ISBN 7-5025-5126-3

I. 塑… II. ①埃…②信…③杨… III. 塑料成型  
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 003081 号

Injection Molding Alternatives: a Guide for Designers and Product Engineers/by Jack Avery  
ISBN 1-56990-251-8

Copyright©1998 by Carl Hanser Verlag, Munich/FRG. All rights reserved.

Authorized translation from the original German language edition published by Carl Hanser Verlag,  
Munich/FRG

本书中文简体字版由 Carl Hanser Verlag 出版公司授权化学工业出版社出版发行, 未经许可, 不得以  
任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-3165

---

塑料成型方案选择

——设计和制品工程师指南

[美] 杰克·埃弗里 著

信春玲 杨小平 译

王培华 校译

责任编辑: 王苏平

责任校对: 郑捷

封面设计: 关飞

\*

化学工业出版社 出版发行

材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京兴顺印刷厂印装

开本 720 毫米×1000 毫米 1/16 印张 22¼ 字数 323 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5126-3/TQ·1909

定 价: 40.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

**献给我的父母**

Ina D. Avery 和已故的 Gene  
R. Avery 是他们的榜样激励我努力的  
工作和学习

# 序 言

有多种加工方法可将塑料材料成型为有用的制品，如吹塑、模压、挤出、注塑、反应注塑、旋转模塑和热成型等等。每一加工方法都有一系列参数，因此，要详细了解每种加工方法的效能和限制则是极为困难的。

注塑是将塑料材料成型为工业制品最广泛使用的加工方法，因为其能够在很短的生产周期内大批量生产出小到中型尺寸的制件。然而，注塑也有局限性，特别对于小批量生产的制件或大的制件或中空的部件。不幸的是，许多情况下，注塑成型并不是最佳的加工方法，但制品却按注塑标准进行设计。

由于市场竞争压力越来越大及时效性越来越重要，选用成本效应最大的加工方法就成为产品开发过程的关键。若选择并非最佳的加工方法则会使产品进入市场延迟，并使成本增加，这些都不能带来满意的经济效益。

“塑料成型方案选择”收集了大量的资料，综合描述了制品生产可能使用的各种加工方法，本书涵盖了气体辅助注塑、结构发泡模塑、共注塑、热固性树脂注塑以及熔（除）芯模塑等各种注塑方法，此外还包括吹塑、旋转模塑、热成型、可发粒珠发泡模塑、模压成型、反应注塑、树脂传递模塑以及用于生产样品的小批量的生产技术。

新的产品设计和现有的加工方法不能适应的新材料开发推动了加工方法不断创新和发展。本书还介绍了新的加工方法，如气体辅助注射模塑、多组分模塑和多点活动注入模塑以及深度拉伸和三维吹塑、在模（塑）精装饰等。

本书介绍了每一加工方法的适用性、优缺点、使用材料、设计考虑、应用和模具考虑。作者认为对于每种加工方法提供较全面的评价是重要的，这样读者可在把新产品推向市场时作出明智的选择。

本书将起到参考和介绍的作用，以便能以众多的塑料材料去制造新产品时，对标准的注塑工艺有更多的选择。也希望工业设计人员、产品设计人员、产品和制造工程师、资源专业人员、教育工作者和大学生们在具体的选择中有所裨益。

## 致谢

作者在此向我的许多朋友、同事和公司表示谢忱。他们在塑料工业所做的贡献为本书提供了基础。特别感谢通用电气塑料公司（GE 塑胶）在开发新产品的创新环境和支持产品的改进和创新工艺的应用方面所做的贡献，这些在我们的生活中产生了巨大的影响。更要感谢“旋转成型协会”、“拜耳公司塑料分部”和“通用电气塑料”所提供的图片资料。

我感谢 Alan Young 对于出版本书所给予的鼓励和支持，Eleanor 和 Robert Leahey 全力协助绘图，以及我的妻子玛莉琳帮助我组织、打印和编辑手稿所做的大量工作。

**Jack Avery**

**于马萨诸塞，匹兹费尔**

# 目 录

|       |                                            |    |
|-------|--------------------------------------------|----|
| 1     | 前言 .....                                   | 1  |
| 2     | 产品开发的依据 .....                              | 6  |
| 2.1   | 产品使用要求 (Application Requirement) 的确定 ..... | 8  |
| 2.2   | 初始材料的选择 .....                              | 11 |
| 2.3   | 概念设计 .....                                 | 15 |
| 2.4   | 设计展开 .....                                 | 15 |
| 2.5   | 成本 .....                                   | 16 |
| 2.5.1 | 材料成本 .....                                 | 16 |
| 2.5.2 | 设备成本 .....                                 | 17 |
| 2.5.3 | 二次加工费用 .....                               | 17 |
| 2.5.4 | 其他费用 .....                                 | 17 |
| 2.6   | 选择加工方法 .....                               | 19 |
| 2.7   | 制造样品 .....                                 | 19 |
| 2.8   | 风险分析 .....                                 | 19 |
| 2.9   | 产品测试/评估 .....                              | 20 |
| 2.10  | 最终材料的选定 .....                              | 21 |
| 2.11  | 产品技术规格 .....                               | 21 |
| 2.12  | 模具 .....                                   | 21 |
| 2.13  | 制造 .....                                   | 21 |
| 3     | 加工方法的选择 .....                              | 23 |
| 4     | 聚合物材料 .....                                | 30 |



|          |                        |    |
|----------|------------------------|----|
| 4.1      | 概述                     | 30 |
| 4.2      | 热塑性塑料                  | 33 |
| 4.2.1    | 无定形和结晶性热塑性塑料           | 33 |
| 4.2.2    | 分子量                    | 35 |
| 4.3      | 热塑性塑料材料                | 35 |
| 4.3.1    | 通用级塑料                  | 35 |
| 4.3.1.1  | 聚乙烯                    | 35 |
| 4.3.1.2  | 聚丙烯                    | 36 |
| 4.3.1.3  | 聚苯乙烯                   | 37 |
| 4.3.1.4  | 聚氯乙烯                   | 37 |
| 4.3.2    | 工程热塑性塑料                | 38 |
| 4.3.2.1  | 聚甲醛                    | 38 |
| 4.3.2.2  | 丙烯酸酯类树脂                | 38 |
| 4.3.2.3  | 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物 (ABS) | 39 |
| 4.3.2.4  | 聚酰胺 (尼龙)               | 39 |
| 4.3.2.5  | 聚碳酸酯                   | 41 |
| 4.3.2.6  | 聚醚酰亚胺                  | 42 |
| 4.3.2.7  | 聚苯醚 (聚苯氧基树脂)           | 43 |
| 4.3.2.8  | 聚苯硫醚 (PPS)             | 43 |
| 4.3.2.9  | 聚硫砜                    | 44 |
| 4.3.2.10 | 热塑性聚酯                  | 45 |
| 4.4      | 热固性塑料                  | 46 |
| 4.4.1    | 醇酸树脂                   | 46 |
| 4.4.2    | 环氧树脂                   | 47 |
| 4.4.3    | 聚二环戊二烯                 | 47 |
| 4.4.4    | 聚酯树脂                   | 48 |
| 4.4.5    | 酚醛树脂                   | 48 |
| 4.4.6    | 聚氨酯                    | 49 |
| 4.5      | 合金和共混物                 | 50 |
| 4.6      | 添加剂和增强材料               | 51 |

|                |     |
|----------------|-----|
| <b>5 注塑</b>    | 53  |
| 5.1 热固性树脂注塑    | 54  |
| 5.1.1 优点       | 54  |
| 5.1.2 缺点       | 55  |
| 5.1.3 原料       | 55  |
| 5.1.4 设计方面的考虑  | 55  |
| 5.1.5 应用       | 57  |
| 5.1.6 模具方面的考虑  | 57  |
| 5.2 结构发泡成型     | 60  |
| 5.2.1 适用性      | 63  |
| 5.2.2 优点       | 63  |
| 5.2.3 缺点       | 64  |
| 5.2.4 原料       | 65  |
| 5.2.5 发泡剂      | 66  |
| 5.2.6 设计方面的考虑  | 67  |
| 5.2.7 应用       | 72  |
| 5.2.8 模具方面的考虑  | 75  |
| 5.3 气体辅助注塑     | 79  |
| 5.3.1 适用性      | 87  |
| 5.3.2 优点       | 88  |
| 5.3.3 缺点       | 88  |
| 5.3.4 原料       | 90  |
| 5.3.5 设计方面的考虑  | 90  |
| 5.3.6 应用       | 94  |
| 5.3.7 模具方面的考虑  | 97  |
| 5.3.8 气体辅助注塑工艺 | 99  |
| 5.3.9 发展方向     | 99  |
| 5.4 共注塑(夹心注塑)  | 102 |
| 5.4.1 适用性      | 104 |

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 5.4.2 | 优点 .....        | 106 |
| 5.4.3 | 缺点 .....        | 106 |
| 5.4.4 | 原料 .....        | 107 |
| 5.4.5 | 设计方面的考虑 .....   | 107 |
| 5.4.6 | 应用 .....        | 109 |
| 5.4.7 | 模具设计方面的考虑 ..... | 113 |
| 5.5   | 多组分注塑 .....     | 114 |
| 5.5.1 | 适用性 .....       | 114 |
| 5.5.2 | 优点 .....        | 115 |
| 5.5.3 | 缺点 .....        | 116 |
| 5.5.4 | 原料 .....        | 116 |
| 5.5.5 | 设计方面的考虑 .....   | 117 |
| 5.5.6 | 应用 .....        | 117 |
| 5.5.7 | 模具方面的考虑 .....   | 118 |
| 5.6   | 低压模塑 .....      | 118 |
| 5.6.1 | 适用性 .....       | 119 |
| 5.6.2 | 优点 .....        | 119 |
| 5.6.3 | 缺点 .....        | 120 |
| 5.6.4 | 原料 .....        | 120 |
| 5.6.5 | 设计方面的考虑 .....   | 122 |
| 5.6.6 | 应用 .....        | 123 |
| 5.6.7 | 模具方面的考虑 .....   | 123 |
| 5.7   | 熔(去)芯模塑 .....   | 125 |
| 5.7.1 | 适用性 .....       | 127 |
| 5.7.2 | 优点 .....        | 129 |
| 5.7.3 | 缺点 .....        | 129 |
| 5.7.4 | 材料 .....        | 129 |
| 5.7.5 | 设计方面的考虑 .....   | 130 |
| 5.7.6 | 应用 .....        | 130 |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.7.7 模具方面的考虑 .....                                              | 132 |
| 5.8 注射-模压成型 .....                                                | 135 |
| 5.8.1 适用性 .....                                                  | 136 |
| 5.8.2 优点 .....                                                   | 136 |
| 5.8.3 缺点 .....                                                   | 136 |
| 5.8.4 原料 .....                                                   | 137 |
| 5.8.5 设计方面的考虑 .....                                              | 137 |
| 5.8.6 应用 .....                                                   | 137 |
| 5.8.6.1 ICM 模内层压 .....                                           | 137 |
| 5.8.7 模具方面的考虑 .....                                              | 138 |
| 5.9 多点活动喂入注塑 (Multi-Live-Feed Injection Molding,<br>MLFIM) ..... | 140 |
| 5.9.1 多点活动喂入注塑介绍 .....                                           | 141 |
| 5.9.2 推-拉成型 .....                                                | 143 |
| <b>6 吹塑成型</b> .....                                              | 144 |
| 6.1 适应性 .....                                                    | 145 |
| 6.2 优点 .....                                                     | 145 |
| 6.3 缺点 .....                                                     | 147 |
| 6.4 原料 .....                                                     | 148 |
| 6.5 设计方面的考虑 .....                                                | 150 |
| 6.5.1 吹胀比 .....                                                  | 150 |
| 6.5.2 合模线 .....                                                  | 151 |
| 6.5.3 嵌件、联锁装置、铰链和安装凸台 .....                                      | 153 |
| 6.5.4 结构方面的考虑 .....                                              | 153 |
| 6.5.5 美学方面的考虑 .....                                              | 156 |
| 6.6 应用 .....                                                     | 157 |
| 6.7 模具方面的考虑 .....                                                | 160 |
| 6.8 深度拉伸吹塑 .....                                                 | 161 |
| 6.9 多层吹塑 .....                                                   | 164 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 6.10 三维 (3D) 或无溢料吹塑 ..... | 166 |
| <b>7 旋转成型</b> .....       | 171 |
| 7.1 适用性 .....             | 172 |
| 7.2 优点 .....              | 173 |
| 7.3 缺点 .....              | 173 |
| 7.4 原料 .....              | 174 |
| 7.5 设计方面的考虑 .....         | 176 |
| 7.5.1 壁厚 .....            | 176 |
| 7.5.2 加强技术 .....          | 177 |
| 7.5.3 倒角半径 .....          | 178 |
| 7.5.4 拔模斜度 .....          | 180 |
| 7.5.5 凹陷 .....            | 181 |
| 7.5.6 孔 .....             | 181 |
| 7.5.7 表面粗糙度 .....         | 181 |
| 7.5.8 嵌件 .....            | 182 |
| 7.6 应用 .....              | 182 |
| 7.7 模具方面的考虑 .....         | 186 |
| <b>8 热成型</b> .....        | 188 |
| 8.1 适用性 .....             | 189 |
| 8.1.1 与注塑的比较 .....        | 189 |
| 8.1.2 与吹塑的比较 .....        | 190 |
| 8.2 优点 .....              | 191 |
| 8.3 缺点 .....              | 191 |
| 8.4 原料 .....              | 192 |
| 8.5 热成型方法 .....           | 193 |
| 8.5.1 压力成型 .....          | 193 |
| 8.5.2 双片成型 .....          | 194 |
| 8.5.3 真空成型 .....          | 195 |
| 8.5.4 机械成型 .....          | 196 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 8.6 设计方面的考虑 .....          | 198        |
| 8.6.1 拉伸比和牵引比 .....        | 198        |
| 8.6.2 尺寸确定 .....           | 198        |
| 8.6.3 加强筋 .....            | 198        |
| 8.6.4 倒陷 .....             | 200        |
| 8.6.5 公差 .....             | 200        |
| 8.6.6 拔模斜度 .....           | 201        |
| 8.7 应用 .....               | 201        |
| 8.8 模具方面的考虑 .....          | 206        |
| 8.9 修边 .....               | 209        |
| <b>9 可发珠粒料发泡模塑 .....</b>   | <b>210</b> |
| 9.1 适用性 .....              | 211        |
| 9.2 优点 .....               | 211        |
| 9.3 缺点 .....               | 212        |
| 9.4 原料 .....               | 212        |
| 9.5 设计方面的考虑 .....          | 212        |
| 9.6 应用 .....               | 213        |
| 9.7 模具方面的考虑 .....          | 216        |
| <b>10 模压成型 .....</b>       | <b>217</b> |
| 10.1 热固性树脂模压成型 .....       | 217        |
| 10.2 SMC/BMC 模压成型 .....    | 217        |
| 10.2.1 优点 .....            | 218        |
| 10.2.2 缺点 .....            | 220        |
| 10.2.3 SMC 和 BMC 的原料 ..... | 221        |
| 10.2.4 设计方面的考虑 .....       | 222        |
| 10.2.5 应用 .....            | 224        |
| 10.2.6 模具方面的考虑 .....       | 228        |
| 10.2.7 二次加工 .....          | 228        |
| 10.3 热塑性树脂的模压成型 .....      | 229        |

|           |               |            |
|-----------|---------------|------------|
| 10.3.1    | 适用性           | 230        |
| 10.3.2    | 优点            | 230        |
| 10.3.3    | 缺点            | 231        |
| 10.3.4    | 原料            | 231        |
| 10.3.5    | 设计方面的考虑       | 232        |
| 10.3.6    | 应用            | 236        |
| 10.3.7    | 模具方面的考虑       | 238        |
| 10.3.8    | 热塑性塑料模压成型的新发展 | 241        |
| <b>11</b> | <b>反应注塑</b>   | <b>244</b> |
| 11.1      | 适用性           | 245        |
| 11.2      | 优点            | 246        |
| 11.3      | 缺点            | 246        |
| 11.4      | 原料            | 246        |
| 11.5      | 设计方面的考虑       | 248        |
| 11.5.1    | RIM 制品加强技术    | 248        |
| 11.5.2    | 凸台            | 251        |
| 11.5.3    | 孔、螺纹和导向槽      | 251        |
| 11.6      | 应用            | 252        |
| 11.7      | 模具方面的考虑       | 257        |
| 11.8      | 结构反应注塑        | 259        |
| 11.8.1    | 原料            | 260        |
| 11.8.2    | 应用            | 260        |
| 11.8.3    | SRIM 模具设计     | 260        |
| 11.9      | 增强反应注塑        | 261        |
| <b>12</b> | <b>树脂传递模塑</b> | <b>263</b> |
| 12.1      | 适用性           | 263        |
| 12.2      | 优点            | 264        |
| 12.3      | 缺点            | 264        |
| 12.4      | 原料            | 265        |

|           |                  |     |
|-----------|------------------|-----|
| 12.5      | 设计方面的考虑          | 265 |
| 12.6      | 应用               | 266 |
| 12.7      | 模具方面的考虑          | 267 |
| <b>13</b> | <b>小批量制品生产技术</b> | 269 |
| 13.1      | 浇注树脂模具           | 270 |
| 13.2      | 金属壳模具            | 270 |
| 13.3      | 浇注模具             | 271 |
| 13.4      | 机制原型模具           | 271 |
| <b>14</b> | <b>模内修饰</b>      | 273 |
| 14.1      | 适用性              | 273 |
| 14.2      | 优点               | 274 |
| 14.3      | 缺点               | 274 |
| 14.4      | 材料               | 274 |
| 14.5      | 设计方面的考虑          | 275 |
| 14.6      | 应用               | 276 |
| 14.7      | 模具方面的考虑          | 277 |
| <b>15</b> | <b>组装技术</b>      | 279 |
| 15.1      | 模内装配             | 279 |
| 15.1.1    | 搭扣配合             | 280 |
| 15.1.2    | 压配               | 280 |
| 15.2      | 化学粘接体系           | 283 |
| 15.2.1    | 溶剂粘合             | 283 |
| 15.2.2    | 胶黏剂粘接            | 284 |
| 15.3      | 热焊接方法            | 284 |
| 15.3.1    | 超声焊接             | 284 |
| 15.3.2    | 振动焊接             | 286 |
| 15.3.3    | 旋转焊接             | 286 |
| 15.3.4    | 电磁焊接             | 287 |
| 15.3.5    | 热板焊接             | 288 |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 15.3.6 铆焊.....         | 288 |
| 15.4 用紧固件组装.....       | 289 |
| 15.4.1 金属螺纹嵌件.....     | 289 |
| 15.4.2 自攻螺丝.....       | 289 |
| 15.4.3 铆接.....         | 290 |
| 15.4.4 模内螺纹.....       | 290 |
| 15.4.5 螺栓组装.....       | 290 |
| 附录 1 英文缩写词 .....       | 291 |
| 附录 2 美制与公制单位互换系数 ..... | 298 |
| 附录 3 术语汇编 .....        | 300 |