

# 冷冲压与塑料成型

中等专业学校试用教材

# 冷冲压与塑料成型

——工艺及模具设计

下 册

福建机电学校 翁其金 主编

下 册 翁其

---



机械工业出版社

## 前 言

本书是根据原国家机械工业委员会中等专业学校“模具设计与制造”专业教学计划和《冷冲压与塑料成型——工艺及模具设计》教学大纲编写的，是中等专业学校“模具设计与制造”专业的教学用书，也可供从事模具设计的技术人员参考。

随着近代工业的发展，塑料模塑成型的应用愈来愈广泛。本册在扼要介绍塑料性能及用途，阐述塑料模塑工艺的基础上，较详细地叙述了塑料模具的结构及零部件设计与计算的基本方法，客观地分析了塑料、模塑工艺、塑料模具、塑料成型设备、塑料制品质量及塑料制品经济性之间的相互关系。内容力求适应中等专业学校教学要求，通俗、实用。

本书由福建机电学校翁其金主编，咸阳机器制造学校周晓明主审。下册共十章，其中翁其金编写第一、二、三、四、五、九、十章，浙江机械工业学校谢康美编写第六章，山东省机械工业学校王桂萍编写第七、八章。

参加审稿会的有重庆机器制造学校俞伟民，杭州机械工业学校胡国松，成都工业学校冯明德、史铁梁，山东省机械工业学校陈中兴，陕西省第一工业学校郭强，成都无线电机学校荀文熙。福日公司工程塑料厂汪智明和福建机电学校范有发为本书绘制了许多插图，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，错误缺点在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

77.47  
WISV.2

# 目 录

|                        |    |                              |     |
|------------------------|----|------------------------------|-----|
| 第一章 概述 .....           | 1  | 一、压缩模塑前的准备 .....             | 48  |
| 一、塑料及其用途 .....         | 1  | 二、压缩模塑工艺过程 .....             | 49  |
| 二、塑料成型在塑料工业中的地位 .....  | 3  | 三、压缩模塑工艺条件的确定 .....          | 51  |
| 三、塑料模塑成型及塑料成型模具 .....  | 4  | 第三节 挤出工艺 .....               | 53  |
| 四、塑料模塑成型技术的发展动向 .....  | 4  | 一、挤出机的基本结构及其作用 .....         | 53  |
| 第二章 塑料模塑成型原理 .....     | 6  | 二、挤出成型工艺参数的控制 .....          | 55  |
| 一、注射模塑 .....           | 6  | 三、管材挤出工艺 .....               | 56  |
| 二、压缩模塑 .....           | 9  | 四、吹塑薄膜法成型 .....              | 60  |
| 三、传递模塑 .....           | 10 | 五、挤出模塑的发展 .....              | 62  |
| 四、挤出 .....             | 11 | 第四节 塑料制品的工艺性 .....           | 62  |
| 五、其它模塑成型原理简介 .....     | 12 | 一、塑料制品的尺寸、公差和表面质量 .....      | 63  |
| 第三章 塑料 .....           | 15 | 二、塑料制品的几何形状 .....            | 64  |
| 第一节 塑料的成分及其配制 .....    | 15 | 三、塑料的螺纹和齿轮 .....             | 72  |
| 一、塑料的成分 .....          | 15 | 四、带嵌件塑料制品的设计 .....           | 74  |
| 二、成型用物料及其配制简介 .....    | 17 | 第五节 塑料模塑工艺规程的编制 .....        | 77  |
| 第二节 塑料的分类 .....        | 18 | 一、塑料制品的分析 .....              | 77  |
| 第三节 塑料的性能 .....        | 19 | 二、塑料制品成型方法及工艺流程的<br>确定 ..... | 78  |
| 一、塑料的使用性能 .....        | 19 | 三、成型工艺条件的确定 .....            | 79  |
| 二、热固性塑料的工艺性能 .....     | 20 | 四、设备和工具的选择 .....             | 79  |
| 三、热塑性塑料的工艺性能 .....     | 22 | 五、工艺文件的制定 .....              | 79  |
| 第四节 常用塑料的性能及应用 .....   | 25 | 第五章 塑料模基本结构和零部件<br>设计 .....  | 80  |
| 一、热塑性塑料 .....          | 25 | 第一节 塑料模分类及基本结构 .....         | 80  |
| 二、热固性塑料 .....          | 32 | 一、塑料模分类 .....                | 80  |
| 第五节 塑料的改性 .....        | 34 | 二、塑料模的基本结构 .....             | 81  |
| 第六节 塑料的鉴别方法 .....      | 37 | 第二节 成型零件的设计 .....            | 83  |
| 一、溶解性试验 .....          | 37 | 一、分型面的选择 .....               | 83  |
| 二、密度试验 .....           | 37 | 二、成型零件的结构设计 .....            | 86  |
| 三、热分解试验 .....          | 37 | 三、成型零件工作尺寸的计算 .....          | 96  |
| 四、燃烧试验 .....           | 37 | 四、塑料模型腔侧壁和底板厚度计算 .....       | 107 |
| 五、熔融特性试验 .....         | 37 | 第三节 结构零件的设计 .....            | 111 |
| 六、元素检定试验 .....         | 37 | 一、合模导向装置的设计 .....            | 115 |
| 七、其它特殊鉴别试验 .....       | 38 | 二、支承零件的设计 .....              | 121 |
| 第四章 塑料的模塑工艺 .....      | 19 | 第四节 加热和冷却装置的设计 .....         | 123 |
| 第一节 注射模塑工艺 .....       | 39 | 一、模具温度及其调节的重要性 .....         | 123 |
| 一、注射模塑工艺过程 .....       | 39 | 二、对模具温度控制系统设计的基本<br>要求 ..... | 123 |
| 二、注射模塑工艺条件的选择和控制 ..... | 43 |                              |     |
| 三、注射模塑的发展 .....        | 46 |                              |     |
| 第二节 压缩模塑工艺 .....       | 48 |                              |     |

|                              |     |                               |     |
|------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 三、模具加热装置的设计 .....            | 124 | 一、热塑性塑料注射模 .....              | 222 |
| 四、模具冷却装置的设计 .....            | 127 | 二、热固性塑料注射模 .....              | 228 |
| 第六章 塑料注射成型模具 .....           | 134 | 第九节 注射模的设计程序 .....            | 228 |
| 第一节 概述 .....                 | 134 | 一、注射成型制品的分析 .....             | 228 |
| 一、注射模的特点 .....               | 134 | 二、注射成型工艺的设计 .....             | 229 |
| 二、注射模的分类 .....               | 134 | 三、注射机的技术规范 .....              | 229 |
| 三、注射模设计应考虑的问题 .....          | 137 | 四、模具结构设计 .....                | 229 |
| 第二节 模具与注射机的关系 .....          | 138 | 五、注射模具设计的有关计算 .....           | 229 |
| 一、国产注射成型机合模部分的基本<br>参数 ..... | 138 | 六、模具总体尺寸的确定与结构草图的<br>绘制 ..... | 229 |
| 二、注射机有关工艺参数的校核 .....         | 139 | 七、模具结构总装图和零件工作图的<br>绘制 .....  | 229 |
| 第三节 普通浇注系统的设计 .....          | 148 | 八、全面审核投产制造 .....              | 229 |
| 一、概述 .....                   | 148 | 第七章 塑料压缩模塑模具 .....            | 230 |
| 二、浇注系统的组成 .....              | 148 | 第一节 概述 .....                  | 230 |
| 三、浇注系统设计的基本原则 .....          | 149 | 一、压缩模的类型 .....                | 230 |
| 四、浇注系统的设计 .....              | 149 | 二、压缩模的基本构成 .....              | 232 |
| 五、排气与引气系统的设计 .....           | 168 | 第二节 压缩模与压机的关系 .....           | 233 |
| 第四节 无流道凝料的浇注系统 .....         | 170 | 一、塑料压制用压机种类 .....             | 233 |
| 一、无流道模的特点 .....              | 170 | 二、国产塑料压制用液压机的技术规格 .....       | 234 |
| 二、无流道模对塑料的要求 .....           | 170 | 三、压机有关参数的校核 .....             | 235 |
| 三、无流道注射模的类型及结构 .....         | 171 | 第三节 压缩模的设计 .....              | 239 |
| 第五节 侧向分型与抽芯机构的设计 .....       | 177 | 一、塑料制品在模具内加压方向的<br>确定 .....   | 239 |
| 一、概述 .....                   | 177 | 二、凸模与凹模配合的结构形式 .....          | 241 |
| 二、斜导注分型与抽芯机构 .....           | 181 | 三、凹模加料腔尺寸的计算 .....            | 244 |
| 三、斜滑块分型与抽芯机构 .....           | 192 | 四、压缩模脱模机构设计 .....             | 247 |
| 四、其它形式的侧向分型与抽芯机构 .....       | 195 | 五、压缩模的侧向分型抽芯机构 .....          | 252 |
| 第六节 推出机构的设计 .....            | 199 | 第四节 典型压缩模实例 .....             | 255 |
| 一、对推出机构设计的要求 .....           | 199 | 第八章 热固性塑料传递模塑模具 .....         | 257 |
| 二、推出机构的分类 .....              | 200 | 一、热固性塑料传递模的类型 .....           | 257 |
| 三、简单推出机构 .....               | 200 | 二、热固性塑料传递模设计要点 .....          | 258 |
| 四、先复位机构 .....                | 207 | 第九章 挤出机头 .....                | 266 |
| 五、二级推出机构 .....               | 208 | 第一节 挤出机头的分类和设计原则 .....        | 266 |
| 六、双推出机构 .....                | 211 | 一、挤出机头的分类 .....               | 266 |
| 七、顺序推出机构 .....               | 211 | 二、挤出机头的设计原则 .....             | 266 |
| 八、浇注系统凝料的取出 .....            | 211 | 第二节 管材挤出机头 .....              | 266 |
| 九、带螺纹制品的脱模机构 .....           | 213 | 一、管材挤出机头的结构形式 .....           | 266 |
| 第七节 热固性塑料注射成型模具 .....        | 217 | 二、管材挤出机头零件的设计 .....           | 266 |
| 一、热固性塑料注射模塑对塑料的要求 .....      | 218 | 第三节 吹塑薄膜机头的设计 .....           | 269 |
| 二、热固性塑料注射模塑对注射机的<br>要求 ..... | 218 | 一、吹塑薄膜机头结构形式 .....            | 269 |
| 三、热固性塑料注射模设计要点 .....         | 219 | 二、机头几何参数的确定 .....             | 270 |
| 第八节 塑料注射模典型结构示例 .....        | 222 |                               |     |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第十章 塑料模材料 .....            | 272 |
| 第一节 塑料模寿命 .....            | 272 |
| 一、塑料模的工作条件及失效形式 .....      | 272 |
| 二、影响塑料模寿命的因素及提高寿命的方法 ..... | 272 |
| 第二节 塑料模材料及选用 .....         | 273 |
| 一、对模具成型零件材料的要求 .....       | 273 |
| 二、塑料模材料 .....              | 273 |
| 三、塑料模材料的选用及热处理要求 .....     | 275 |
| 四、塑料模的表面处理 .....           | 276 |
| 附录 .....                   | 278 |
| 表1 塑料及树脂缩写代号 .....         | 278 |
| 表2 常用热塑性塑料的主要技术指标 .....    | 280 |
| 表3 常用热固性塑料的主要技术指标 .....    | 283 |
| 表4 塑料溶解性系统分类鉴定法 .....      | 286 |
| 表5 塑料的溶解法 .....            | 287 |
| 表6 重要塑料的近似密度 .....         | 288 |
| 表7 石蕊和pH试纸检验塑料分解气体 .....   | 289 |
| 表8 塑料燃烧特性 .....            | 290 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 表9 重要热塑性塑料的软化与熔融范围 .....         | 291 |
| 表10 常用热塑性塑料注射成型的工艺参数 .....       | 292 |
| 表11 注射模塑的缺陷及其可能产生原因的分析 .....     | 295 |
| 表12 常用热固性塑料模塑成型工艺参数 .....        | 297 |
| 表13 一般热固性塑料产生废品的类型、原因及处理方法 ..... | 298 |
| 表14 挤出管材的反常现象、原因及其消除方法 .....     | 299 |
| 表15 吹塑薄膜的反常现象、原因及其消除方法 .....     | 300 |
| 表16 电热棒标准 .....                  | 300 |
| 表17 电阻丝规格 .....                  | 301 |
| 表18 塑料模零件常用材料及热处理 .....          | 301 |
| 表19 模具常用钢性能比较 .....              | 302 |
| 主要参考文献 .....                     | 303 |

# 第一章 概 述

## 一、塑料及其用途

### 1. 塑料及树脂

塑料是以树脂为基本成分，加入其它添加剂的可在一定条件下塑化成型的物质。

树脂有天然树脂和合成树脂。天然树脂有从树木分泌出来的脂物，如松香；有热带昆虫的分泌物，如虫胶；有从石油中得到的，如沥青。合成树脂是用人工合成的方法制成的树脂，如环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂等。因为天然树脂产量有限，性能较差等原因，远远不能满足目前工业生产的需要，所以在生产中，一般都是采用合成树脂。不论是天然树脂还是合成树脂，均属于高分子化合物，称为高聚物（聚合物）。

所谓合成方法就是由低分子化合物单体，通过化学反应制成高分子化合物的制备方法。

制备合成树脂的方法有两种：

（1）聚合反应 由相同或不同的低分子化合物，生成与反应前有组成元素相同的高分子化合物的化学反应称为聚合反应。在聚合反应中，不析出任何低分子物质。用相同低分子物质做原料的聚合反应，又称均聚合反应（例如聚乙烯的生成反应）；用不同的两种或两种以上的低分子物质做原料，制成聚合物的反应又称共聚合反应（例如聚氯乙烯共乙酸乙烯酯生成反应）。

聚合反应得到的聚合物是线型结构。

（2）缩聚反应 由两种或两种以上不同的低分子物质化合成高分子化合物，同时有低分子物质（如 $H_2O$ 、 $NH_3$ 、 $HCl$ 等）析出的反应称为缩聚反应（例如酚醛树脂的生成反应）。

缩聚反应得到的聚合物，可能是线型结构（如尼龙），也可能是体型结构（如酚醛树脂）。

### 2. 塑料的特性及用途

塑料有许多优良特性，应用十分广泛。

（1）密度（ $\rho$ ）小 塑料密度一般是在 $0.83 \sim 2.2 \text{ kg/dm}^3$ 之间，只有钢的 $1/8 \sim 1/4$ ，铝的 $1/2$ 。最轻的是聚4-甲基戊烯-1，密度为 $0.83 \text{ kg/dm}^3$ ；最重的是聚四氟乙烯，密度为 $2.2 \text{ kg/dm}^3$ 。泡沫塑料的密度更小，其密度小于 $0.01 \text{ kg/dm}^3$ 。

塑料密度小，对于减轻机械重量具有十分重要的意义，尤其是车辆、船舶、飞机、宇宙航行器等。同时，在日用工业中所用的传统材料，如金属、陶瓷、玻璃、木材等正逐步被塑料所代替。

（2）比强度和比刚度高 塑料强度不如金属好，但塑料密度小，所以比强度（ $\sigma/\rho$ ）相当高，尤其以各种高强度的纤维状、片状或粉末状的金属或非金属为填料而制成较高强度的增强塑料，如玻璃纤维增强塑料，其比强度比一般钢材的比强度还高。塑料的比刚度（又称比弹性模量，用 $E/\rho$ 表示）也较高。图1-1表示几种金属和增强塑料的比强度和比刚度的比较。由图可以看出，碳纤维和碳纤维增强塑料不仅比强度高，而且比弹性模量也很高。

比强度和比刚度好，在某些场合（如空间技术领域）具有重要的意义。例如碳纤维和碳纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、高模量的结构零件。在宇宙飞

船中, 塑料占其材料总体积的 1/2。

(3) 化学稳定性好 塑料对酸、碱、盐、气体和蒸汽具有良好的抗腐蚀作用。特别是号称塑料王的聚四氟乙烯, 除了熔融的碱金属外, 其它化学药品, 包括能溶解黄金的沸腾王水也不能腐蚀它。

因此, 塑料在化工设备中和其它腐蚀条件下工作的设备以及日用工业中应用广泛。最常用的耐腐蚀塑料是硬聚氯乙烯, 它可加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

(4) 电绝缘、绝热、隔声性能好 由于塑料具有优良的电绝缘性能和耐电弧性, 所以广泛用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料, 从一般的零件(如旋钮、接线板、插座等)到大型壳体(如电视机外壳等)都可以用塑料来制造, 许多塑料已经成为不可缺少的高频材料。

塑料还具有良好的绝热保温和隔声吸声性能, 所以广泛用于需要绝热和隔声的各种产品中。

(5) 耐磨和自润滑性好 由于塑料的摩擦系数小、耐磨性高、自润滑性能好, 加上比强度高, 传动噪音小, 因而可以在各种液体(包括油、水和腐蚀介质)、半干和干摩擦条件下有效地工作, 可以制造轴承、轴瓦、齿轮、凸轮和滑轮等机器零件。

(6) 粘结性能好 塑料一般都具有一定的粘结性能, 可以与其它非金属或金属材料牢固粘结而制成复合材料和结构零件。例如环氧树脂不但可以粘结木材、橡胶、玻璃、陶瓷等金属材料, 而且还可以粘结钢、铝、铜等金属材料, 在模具制造中可以用于粘结固定凸模和导柱、导套等, 因而被称为万能胶。

(7) 成型性能好 由于塑料在一定条件下具有良好的塑性, 因而可以用各种高生产率的成型方法制造制品。

(8) 多种防护性能 除了上述的耐蚀性和绝缘性能外, 塑料还具有防水、防潮、防透气、防震、防辐射等多种防护性能。因而它成为现代包装行业中不可缺少的新型包装材料。有一些具有特殊防护性能的塑料, 在国防及尖端科学技术中起着特殊的防护作用, 如芳杂环聚合物不但具有突出的耐高温、耐超低温和耐辐射特性, 而且具有优良的机械性能、电绝缘性能和耐化学性能。它可以用于制造雷达天线罩、飞机和宇航发动机的零件及防原子辐射的飞行服等。

另外, 塑料着色范围广, 可以染成各种颜色。塑料光学性能较好, 具有良好的光泽。不加填料的塑料大都可以制成透明性良好的制品, 如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯等都可制

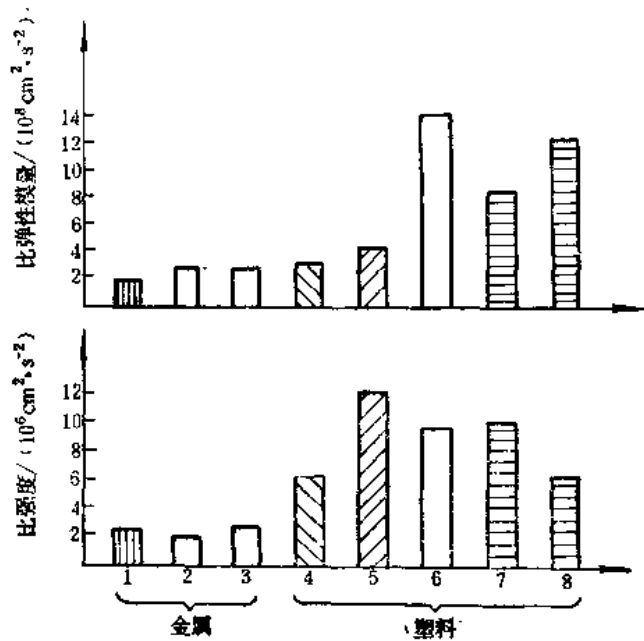


图1-1 塑料和金属的比强度和比刚度

1—钛合金 2—铝合金 3—高强度钢 4—70%玻璃纤维环氧塑料 5—75%高强度玻璃纤维环氧塑料 6—70%碳纤维环氧塑料 7—60%高强度碳纤维环氧塑料 8—60%高强度碳纤维环氧塑料

成晶莹透明的制品。

但塑料与金属材料相比,也存在一些不足之处,如机械强度和硬度一般比金属材料低,耐热和导热性比金属材料差,一般的塑料工作温度仅 $100^{\circ}\text{C}$ 左右,导热系数是钢的 $1/200\sim 1/300$ ,是有色金属的 $1/500\sim 1/600$ ,吸水性大,易老化,膨胀和收缩性较大等。这些缺点使塑料的应用受到一定的限制。但由于塑料有上述优越性,且针对其不足之处进行了改进,新型、耐热、高强度塑料的不断发展,因而塑料的应用愈来愈广泛,出现了金属零件塑料化的趋向。

## 二、塑料成型在塑料工业中的地位

### 1. 塑料工业的生产过程

在塑料工业生产中,从原料到塑料,又从塑料到塑料制品的全部生产的简单流程如图1-2所示。图中〔1〕和〔2〕两部分属于塑料生产部门的,〔3〕部分属于塑料制品生产部门的。

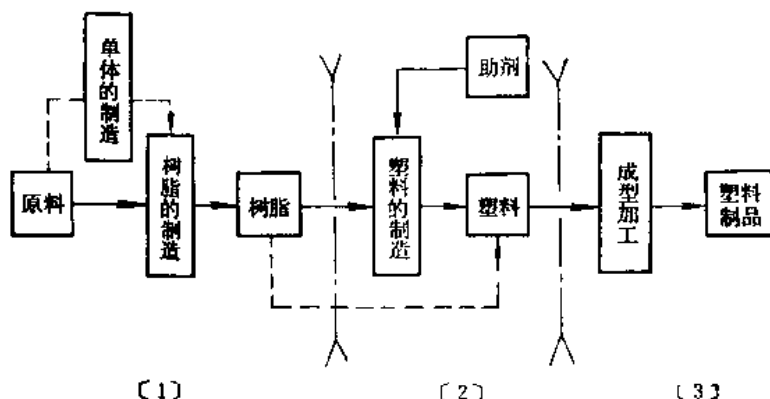


图1-2 从原料到塑料制品的生产过程

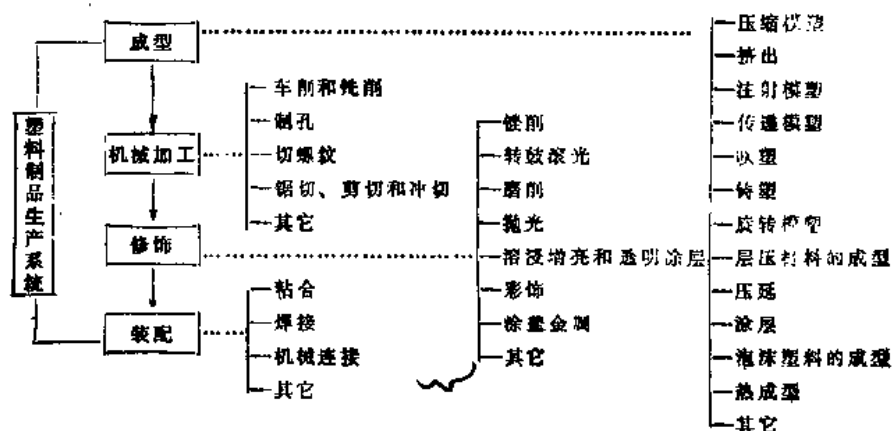
但在大型的塑料制品生产工厂中,为了生产方便,往往也将〔2〕部分归入自己的生产范围,以满足对塑料配制上的多样性要求。

由此可见,塑料工业包含塑料生产和塑料制品生产(称为塑料加工或塑料成型工业)两个系统。没有塑料生产,就没有塑料制品生产;没有塑料制品生产,塑料就不能变成生产或生活资料。这是一种密切的、相互依存的关系。

### 2. 塑料制品生产及塑料成型的重要性

塑料制品的生产主要由塑料的成型、机械加工、修饰和装配四个基本工序所组成。如表1-1所示。有些塑料在成型之前需要经过预处理(预压、预热、干燥等)。因此,塑料制品生产的完整工序顺序为:预处理、成型、机械加工、修饰、装配。这个生产顺序不容颠倒,否则会影响制品质量。

表1-1 塑料制品生产系统的组成



在五个基本工序中,塑料的成型是最重要的,是一切塑料制品和型材生产的必经过程。其它四个工序却是根据塑料制品的要求而定,不是每个制品都需要经过这四个工序,甚至有可能都不需要这四个工序中的任何一个工序。后三个工序有时统称为二次加工。因此,可以说塑料的成型在塑料制品生产乃至塑料工业中占有重要的地位。

### 三、塑料模塑成型及塑料成型模具

从表 1-1 可以看出,塑料成型的种类很多,有各种模塑成型、层压及压延成型等。其中塑料模塑成型种类较多,如挤出成型、压缩模塑、传递模塑、注射模塑等。它们的共同特点是利用塑料模来成型具有一定形状和尺寸的塑料制品。

塑料成型模具(简称塑料模)是塑料模塑成型关键的工艺装备。这是因为在现代塑料制品生产中,正确的加工工艺、高效率的设备、先进的模具是影响塑料制品生产的三大重要因素,而塑料模对塑料加工工艺的实现,保证塑料制品的形状、尺寸及公差起着极重要的作用,高效率全自动的设备只有配备了适应自动化生产的塑料模才可能发挥其效能;产品的更新也是以模具的制造和更新为前提。目前,对塑料制品的品种、质量和产量的要求愈来愈高,因而对塑料模的需求也愈来愈迫切。

### 四、塑料模塑成型技术的发展动向

塑料模塑成型工艺及塑料模技术的发展与整个塑料工业的发展是分不开的。

塑料工业是新兴的工业之一,发展极其迅速。自1909年实现以纯粹化学合成方法生产酚醛塑料算起,世界塑料工业的崛起仅仅80年的历史。塑料工业发展历史虽然很短,但发展速度相当惊人。据统计,1935年全世界塑料产量只有20万吨,1950年为150万吨,1960年达677万吨,1970年达3000万吨,1981年达6000多万吨。预计今后将以每8年翻一番的增长速度持续高速发展。

目前已工业化的合成树脂有50种左右,如把共聚改性都计算在内有400多种,如按不同型号、牌号统计则是几千种之多。从塑料品种的发展情况来看,热塑性塑料发展最迅速,最初以热固性塑料为主,而现在却以热塑性塑料为主。目前工程塑料在整个塑料产量中的比例比通用塑料低,但由于其综合性能优异,在解决科学技术中的问题等方面起着不可缺少的重要作用,因此,工程塑料的发展速度超过了通用塑料。

我国的塑料工业发展也很迅速,特别是近几年来,产量和品种都大大增加,已能生产20大类30多种合成树脂,许多新颖的工程塑料也已投入批量生产。至今,我国塑料工业已形成了一定规模的完整体系,它包括塑料的生产、成型加工、塑料机械设备、模具工业以及科研、人才培养等。塑料工业在国民经济的各个部门发挥了愈来愈大的作用。

为了促进塑料工业的发展,使各种性能优良的塑料在国民经济的各个领域中得到进一步应用,必须在发展塑料生产的同时,努力发展塑料成型工业,研究塑料加工新技术。

塑料模塑成型的发展动向如下:

(1) 加深理论研究 加深塑料成型理论基础和工艺原理的研究,借以改进成型工艺方法、成型模具及成型设备。

(2) 高效率、自动化 简化塑料制品成型工艺过程,缩短生产周期是提高生产率的有效方法。如排气式注射机和排气式挤出机的出现,为吸水性强的塑料加工省去了原料的预干燥工序,缩短生产周期,提高了效率。

高速自动化的塑料成型机械配合先进的模具也是提高塑料制品质量,提高生产率的有效

方法。已经出现的高效率、自动化模具结构有高效冷却装置、无流道注射模、自动推出制品和流道凝料的脱模机构、多层多腔注射模等等。

近年来，正在大力应用电子计算机来控制成型加工过程以提高生产效率。

(3) 大型、微型、高精度 为适应国民经济各个部门对塑料成型工业的要求，塑料制品正向大型、微型、高精度的方向发展，塑料模也相应地向大型、微型、高精度的方向发展，大型、小型和新型的塑料成型设备亦不断涌现，如有适应于一次注射量达 96kg 的大型注射机，也有适应于制造手表零件的一次注射量仅为 0.02g 的超小型精密注射机。

(4) 高寿命和简易经济模具 为适应大批量生产，正在从模具结构设计、模具材料及热处理、模具表面强化、模具制造等方面提高模具寿命。

当前正研究和推广应用易切削钢、预硬钢、耐蚀钢以及模具表面强化新技术，使塑料模的精度和寿命大大提高。同时，为了适应小批量生产，正在注意简易经济模具的应用。

(5) 模具制造先进设备及先进工艺 现在高效、精密、数控、自动化的模具加工设备发展很快，数控铣床、仿形铣床、各种加工中心、坐标磨床、各种数控电加工机床及模具装配与检测机械和仪器不断开发和应用，这对于保证塑料模具的加工精度和缩短加工周期起了关键性的作用。与此同时，其它模具加工的新工艺也不断涌现，如超塑性成形和电铸成型型腔以及简易制模工艺等。

(6) 模具的标准化与专业化生产 这是提高模具质量，缩短模具制造周期的根本性措施，也是塑料模发展的方向，已引起国内、外极大重视。近年来，我国在这方面已取得了可喜的进展。

(7) 计算机辅助设计和计算机辅助制造模具技术 虽然在塑料模方面应用这种新技术比在冷冲模方面缓慢，但同样被塑料模行业所重视，成为塑料模设计与制造的发展方向。

此外，对于一些特殊塑料制品，采用了各种特殊成型工艺、模具及设备。如低发泡制品注射成型、双色注射成型、大型塑料零件的热压成型法、流动性差难以成型的塑料的锻造成型法等。

## 第二章 塑料模塑成型原理

为了更好地理解塑料的性能，尤其是工艺性能，首先应该了解几种主要模塑成型的基本原理及特点。

### 一、注射模塑

注射模塑又称为注射成型，是热塑性塑料制品生产的一种重要方法。除少数热塑性塑料外，几乎所有的热塑性塑料都可以用注射成型方法生产塑料制品。注射模塑不仅用于热塑性塑料的成型，而且已经成功地应用于热固性塑料的成型。

注射模塑是通过注射机来实现的。目前，注射机的类型很多，并且为了适应塑料制品的不断更新，注射机的结构不断得到改进和发展。但无论哪一种注射机，其基本作用均有两个：①加热熔融塑料，使其达到粘流状态；②对粘流的塑料施加高压，使其射入模具型腔。以下分别叙述两类注射机的注射模塑工作原理。

#### 1. 柱塞式注射机的注射模塑

柱塞式注射机的注射模塑工作原理如图 2-1 所示。首先由注射机合模机构带动模具的活动部分（动模）与固定部分（定模）闭合（图 b），然后注射机的柱塞将料斗中落入料筒的粒料或粉料推进到加热料筒中，同时，料筒中已经熔融成粘流状态的塑料，由于柱塞的高压高速推动，通过料筒端部喷嘴和模具的浇注系统而射入已经闭合的型腔中。充满型腔的熔体在受压情况下，经冷却固化而保持型腔所赋予的形状。最后，柱塞复位，料斗中的料又落入料筒，合模机构带动动模部分打开模具，并由推件板将塑料制品推出模具（图 c），即完成一个模塑周期。以后周而复始不断重复上述动作，继续进行注射成型。

柱塞式注射机结构简单，但注射成型中存在如下问题：

（1）塑化不均匀 所谓塑化是指塑料在料筒内借助加热和机械功使其软化成具有良好可塑性的均匀熔体的过程。塑料在柱塞式注射机料筒中的移动只靠柱塞的推动，而几乎没有混合作用，因此塑料与料筒和分流梭接触的外层温度较高，由于塑料导热性差，所以外层塑料熔融时，内层尚未熔融，待到塑料内层熔融时，其外层可能长时间高温受热而降解，这点对热敏性塑料更为突出。塑化不均匀，塑料制品内应力较大。

（2）注射压力损失大 柱塞式注射机名义注射压力虽然很高，但由于在注射时，柱塞相当部分的压力消耗于压实固体塑料和克服塑料与料筒内壁之间的摩擦阻力，所以传到型腔内的有效压力仅为原来的30~50%左右。

（3）注射量的提高受到限制 因为注射机的一次最大注射量决定于料筒的塑化能力以及柱塞的直径和行程，而塑化能力又与塑料受热面积有关，要提高塑化能力，主要依靠加大料筒直径和长度，这样将使塑化更不均匀，塑料产生降解的可能性更大，故塑化能力提高受到限制。另外，柱塞式注射成型时，塑料流动状态也不理想，清理料筒也较困难。因此，柱塞式注射机的注射量不大，一般只在60g以下。

#### 2. 螺杆式注射机的注射模塑

为了克服柱塞式注射机注射成型存在的缺点，采用螺杆式注射机注射成型。目前移动螺

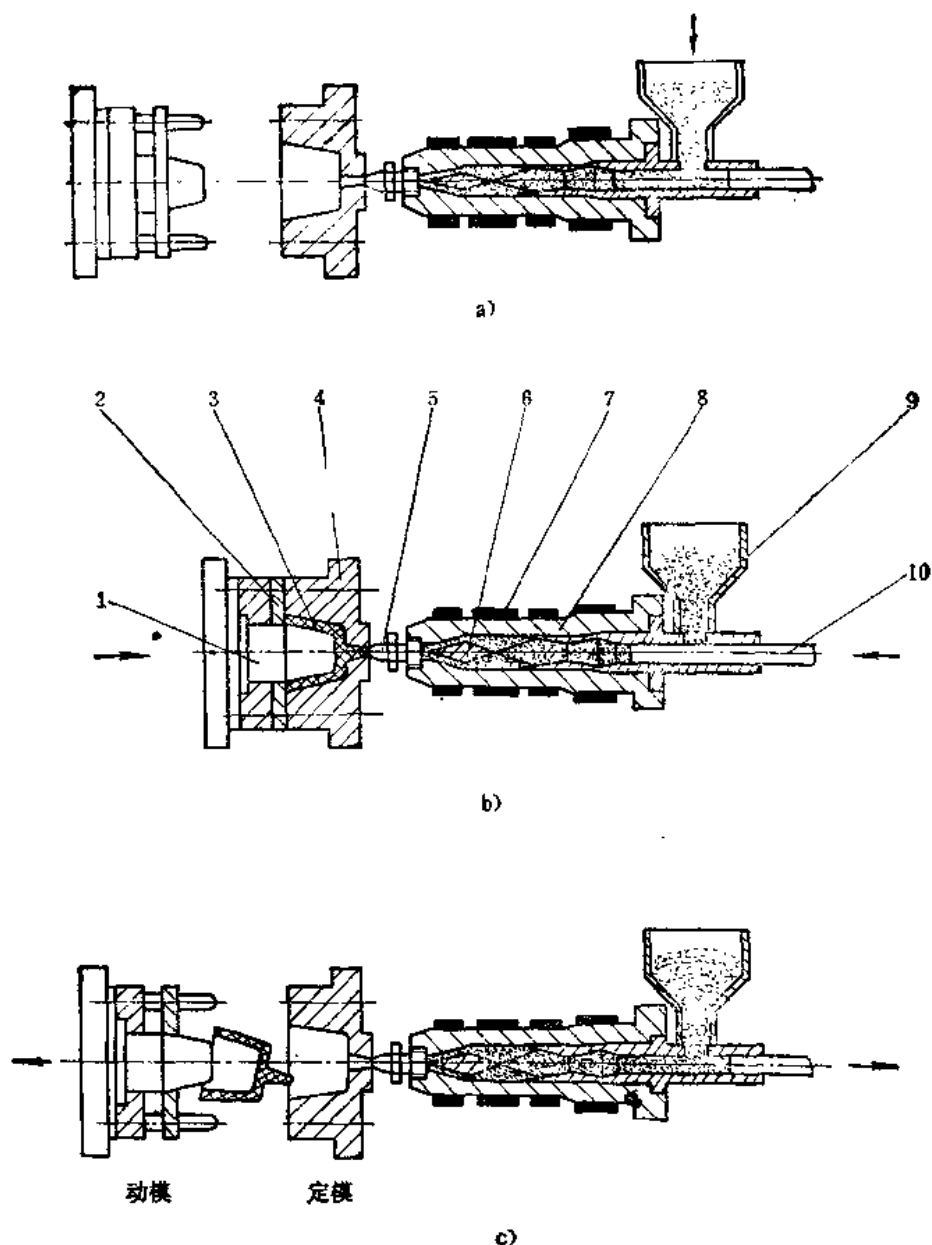


图2-1 柱塞式注射机注射模型原理图

1—型芯 2—推件板 3—塑料件 4—凹模 5—喷嘴 6—分流梭  
7—加热器 8—料筒 9—料斗 10—柱塞

杆式注射机在注射机中占有压倒优势的比例，其工作原理如图 2-2 所示。

首先是动模与定模闭合，接着油缸活塞带动螺杆按要求的压力和速度，将已经熔融并积存于料筒端部的塑料经喷嘴射入模具型腔中。此时螺杆不转动（图 a）。当熔融塑料充满模具型腔后，螺杆对熔体仍保持一定压力（即保压），以阻止塑料的倒流，并向型腔内补充因制品冷却收缩所需要的塑料（图 b）。经一定时间的保压后，活塞的压力消失，螺杆开始转动。此时由料斗落入料筒的塑料，随着螺杆的转动沿着螺杆向前输送。在塑料向料筒前端输送的过程中，塑料受加热器加热和螺杆剪切摩擦热的影响而逐渐升温直至熔融成粘流状态，并建立起一定压力。当螺杆头部的熔体压力达到能够克服注射油缸活塞退回的阻力时，在螺

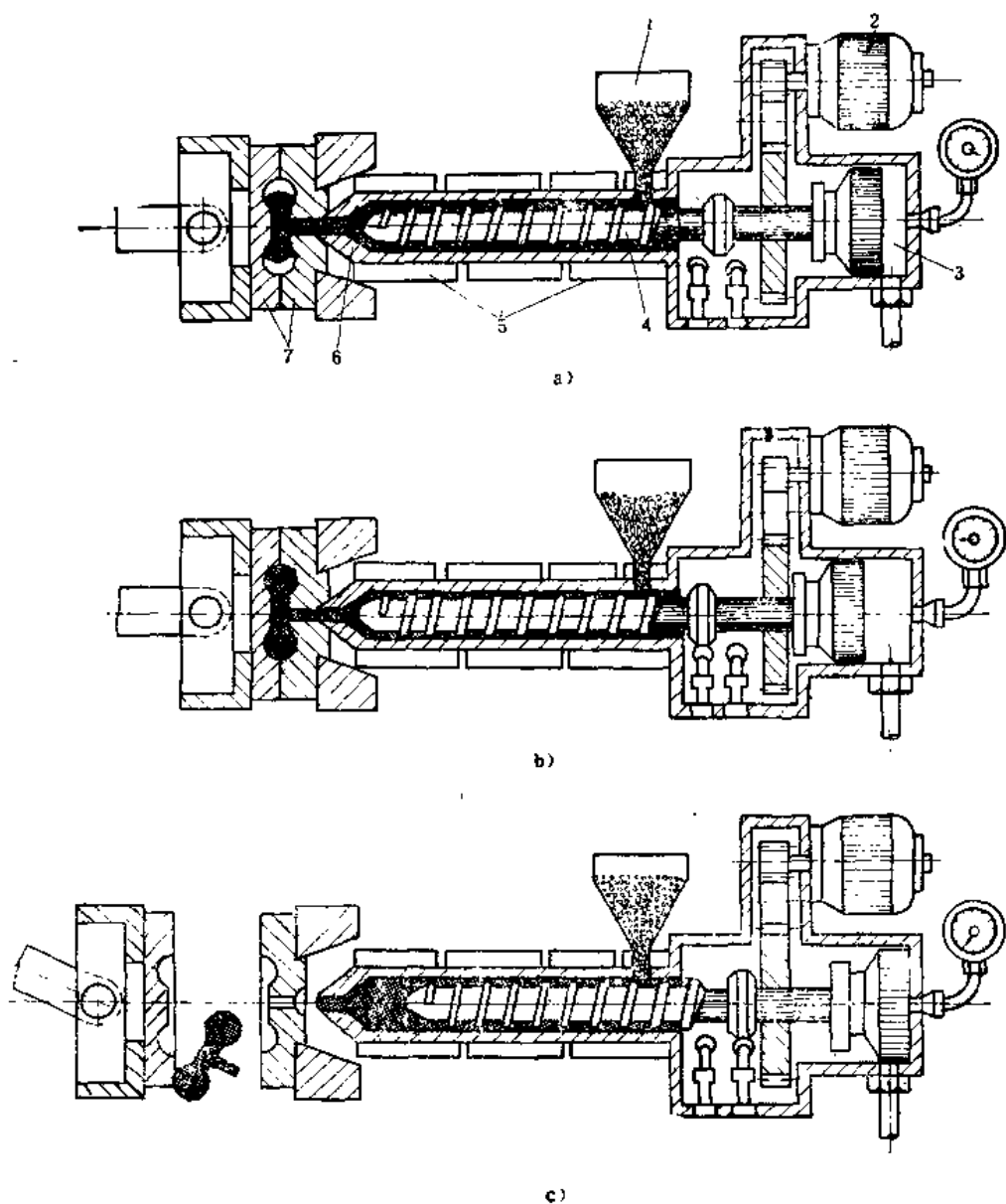


图2-2 螺杆式注射机注射模塑原理图

1—料斗 2—螺杆转动传动装置 3—注射油缸 4—螺杆 5—加热器 6—喷嘴 7—模具

杆转动的同时，逐步向后退回，料筒前端的熔体逐渐增多，当螺杆退到预定位置时，即停止转动和后退。以上过程称为预塑（图a）。

在预塑过程或再稍长一些时间内，已成型的塑料件在模具内冷却硬化。当塑料件完全冷却硬化后，模具打开，在推出机构作用下，塑料制品被推出模具（图c），即完成一个工作循环。移动螺杆式注射机工作循环可以用图2-3表示。

与柱塞式注射模塑相比，螺杆式注射机注射成型可使塑料在料筒内得到良好的混合与塑化，改善了模塑工艺，提高了塑料制品质量。同时还扩大了注射成型塑料品种的范围和最大注射量，对于热敏性塑料和流动性差的塑料以及大、中型塑料制品，一般可用移动螺杆式注射机注射成型。

从注射成型过程可以看出，注射模塑生产周期短，生产率高，容易实现自动化生产，塑料制品精度容易保证，适用的范围广。但设备昂贵，模具较复杂。

## 二、压缩模塑

压缩模塑又称为模压成型或压制。它的成型方法是先将粉状、粒状、碎屑状或纤维状的塑料放入成型温度下的模具加料腔中（图1-4 a），然后合模加压（图1-4 b），使其成型并固化，从而获得所需要的塑料制品，如图1-4 c）所示。

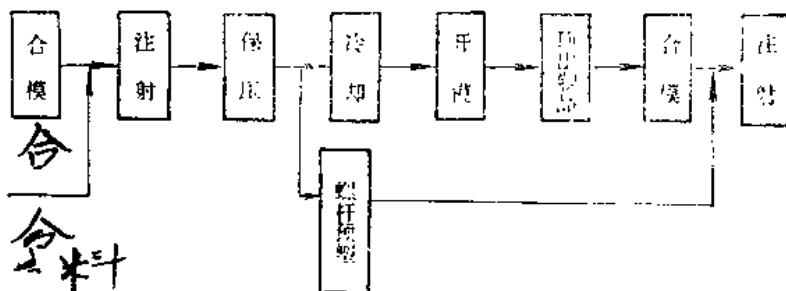


图2-3 螺杆式注射机模塑工作循环

压缩模塑主要用于热固性塑料的成型，也可用于热塑性塑料的成型。压制热固性塑料时，置于模腔中的热固性塑料处于高温高压的作用下，由固态变为粘流状态的半液体，并在这种

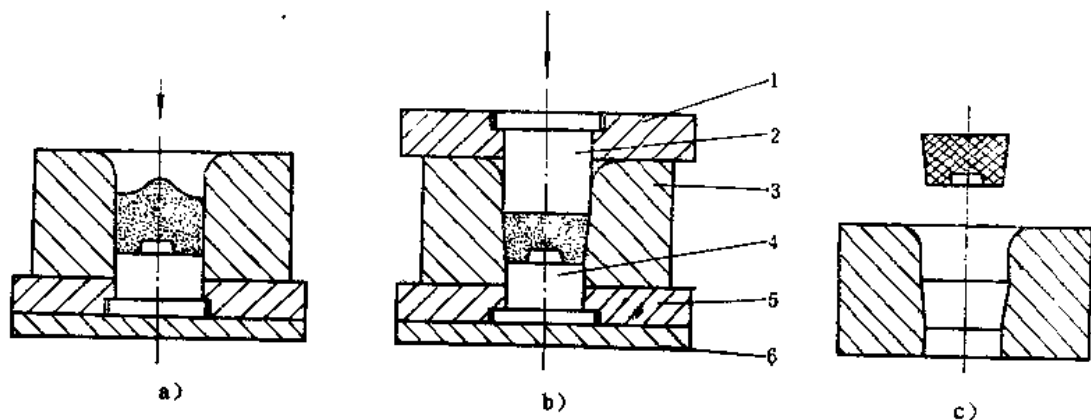


图2-4 压缩模塑原理图

1—凸模固定板 2—上凸模 3—凹模 4—下凸模 5—凸模固定板 6—垫板

状态下充满型腔，同时高聚物产生交联反应，随着交联反应的深化，半液体的塑料逐步变为固体，最后脱模获得塑料制品。压缩模塑的工作循环如图 2-5 所示。

热塑性塑料的模压成型同样存在固态变为粘流态而充满型腔，但不存在交联反应，所以在充满型腔后，需将模具冷却使其凝固，才能脱模而获得塑料制品。由于热塑性塑料模压成型时模具需要交替地加热和冷却，生产周期长、效率低，因此，热塑性塑料的成型以注射模塑更经济，只有较大平面的塑料制品才采用模压成型。

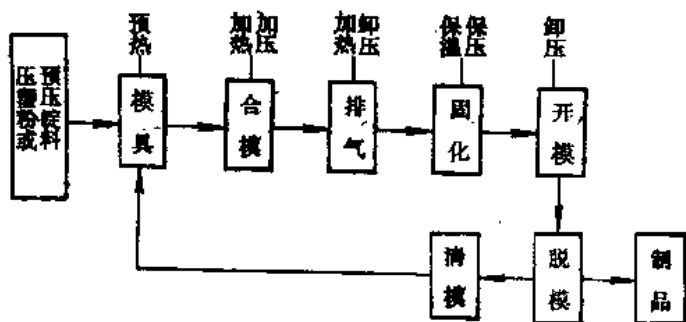


图2-5 压缩模塑工作循环图

压缩模塑的特点是，塑料直接加入型腔内，压力机的压力是通过凸模直接传递给塑料，模具是在塑料最终成型时才完全闭合。其优点是，没有浇注系统，料耗少，使用的设备为一般的压力机，模具比较简单，可以压制较大平面的塑料制品或利用多型腔模，一次压制多个制品。压制时，由于塑料在型腔内直接受压成型，所以有利于模压成型流动性较差的以纤维为填料的塑料，而且塑料制品收缩较小、变形小、各向性能比较均匀。压缩模塑的缺点是，生产周期长、效率低，不容易压制形状复杂、壁厚相差较大的塑料制品，不容易获得尺寸精确尤其是高度尺寸精确的塑料制品，而且不能压制带有精细和易断嵌件的塑料件。

用于压缩模塑的塑料有：酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯塑料、聚酰亚胺等，其中酚醛塑料和氨基塑料使用最广泛。

### 三、传递模塑

传递模塑又称挤塑。它的成型原理如图 2-6 所示。先将塑料（最好是经预压成锭料和预热的塑料）加入模具的加料腔内（图 a），使其受热成为粘流状态，在柱塞压力的作用下，粘流态的塑料经过浇注系统，进入并充满闭合的型腔，塑料在型腔内继续受热受压，经过一定时间的固化后（图 b），打开模具取出塑料制品（图 c）。

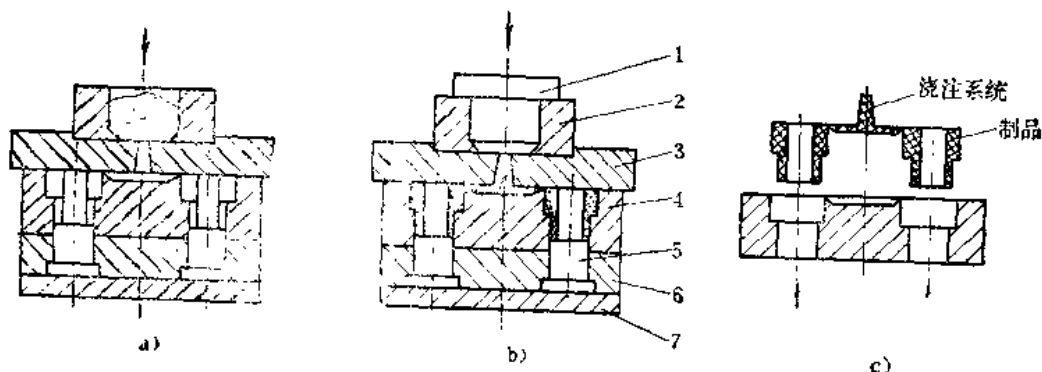


图2-6 传递模塑原理图

1—柱塞 2—加料腔 3—上模板 4—凹模 5—型芯 6—型芯固定板 7—垫板

传递模塑的工作循环如图 2-7 所示。

塑料传递模塑是为了改进压缩模塑的缺点，在吸收了注射模塑经验的基础上发展起来的一种模塑方法。它的成型特点是，模具在塑料开始成型以前就已完全闭合，塑料的加热熔融是在加料腔内进行，压力机在成型开始时只施压于加料腔内的塑料，使之通过浇注系统而快速射入型腔，当塑料完全充满型腔后，型腔内与加料腔中的压力趋于平衡。

传递模塑的优点是，可以模塑成型深孔及其它复杂形状的塑料制品，

也可以模塑带有精细或易碎嵌件的制品。塑料制品飞边较小，尺寸准确，性能均匀，质量较

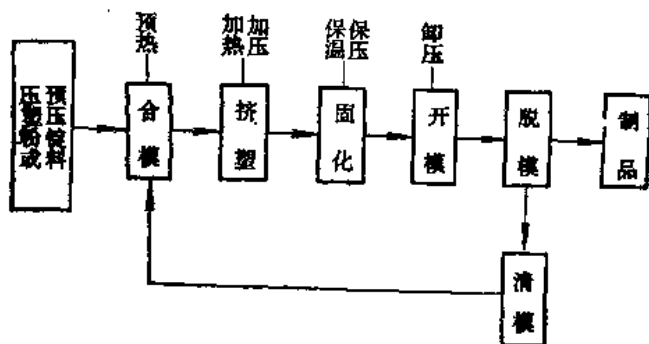


图2-7 传递模塑工作循环图

高。模具的磨损较小。其缺点是，模具制造成本比压缩模高，成型压力比压缩模塑大，操作也较复杂，料耗比压缩模塑多。如果模塑带有以纤维为填料的塑料，会在制品中引起纤维定向分布，从而导致制品性能各向异性等。

传递模塑用于热固性塑料的成型。它对塑料的要求是，在未达到硬化温度之前，即在加料腔熔融至充满模具型腔期间，应具有较大的流动性，达到硬化温度后，即充满型腔之后，又须具有较快的硬化速度。能够符合这种要求的热固性塑料有酚醛、三聚氰胺甲醛和环氧树脂等塑料。而不饱和聚酯和脲醛塑料因在较低温度下有较大的硬化速率，所以不能用这种模塑方法制造较大的制品。

#### 四、挤出

挤出又称挤出模塑或挤出成型。它在热塑性塑料成型中，是一种用途广泛、所占比例很大的加工方法。挤出成型主要用于生产连续的型材，如管、棒、丝、板、薄膜、电线电缆的涂覆和涂层制品等，还可用于中空制品型坯、粒料等的加工。挤出成型也可用于酚醛、脲甲醛等不含矿物质、以石棉、碎布等为填料的热固性塑料的成型，但能用挤出成型的热固性塑料的品种和挤出制品的种类有限。

图 2-8 为实心型材挤出模型示意图。该图表明挤出成型大致可分为三个阶段：

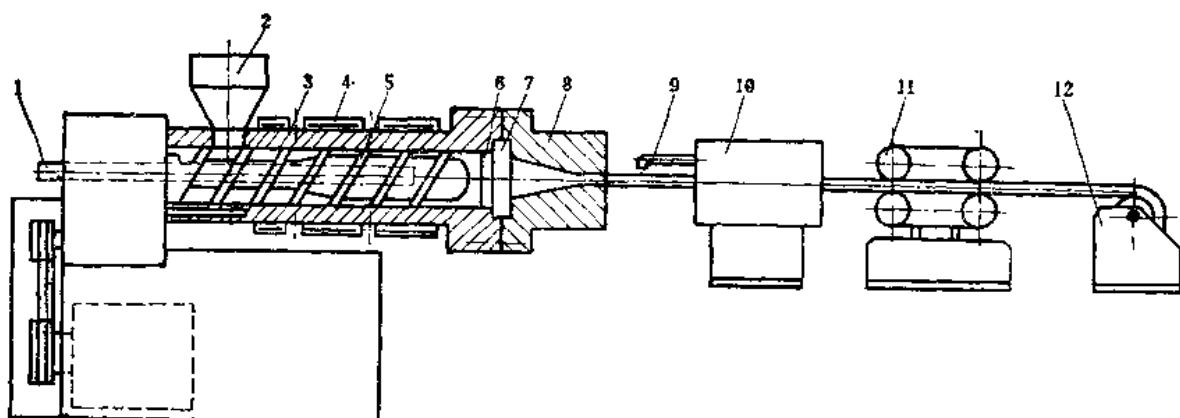


图2-8 实心型材挤出模型示意图

1—冷却水入口 2—料斗 3—料筒 4—加热器 5—螺杆 6—滤网 7—过滤板(筛板)  
8—机头 9—喷水装置 10—冷却装置 11—牵引装置 12—卷料装置

第一阶段是固态塑料的塑化。即通过挤出机加热器的加热和螺杆、料筒对塑料的混合、剪切作用所产生的摩擦热使固态塑料变成均匀的粘流态塑料。

第二阶段是成型。即粘流态塑料在螺杆推动下，以一定的压力和速度连续地通过成型机头，从而获得一定截面形状连续形体。

第三阶段是定型。通过冷却等方法使已成型的形状固定下来，成为所需要的塑料制品。

以上挤出过程中，加热塑化、加压成型、定型均在同一设备内进行，以这种塑化方式工作的挤出工艺叫做干法挤出。另一种是湿法挤出，湿法挤出的塑化方式是用溶剂将塑料充分塑化，塑化和加压成型是两个独立的过程。其塑化较均匀，并避免了塑料的过度受热，但定型处理时必须脱除溶剂和回收溶剂，工艺过程较复杂。故湿法挤出的适用范围仅限于硝酸纤