

塑料加工实用技术丛书

# Plastic

## 塑料成型 设备与模具

SULIAOCHENGXINGSHEBEIYUMUJU

金 灿◎主编



中国纺织出版社

策划编辑：朱萍萍

责任编辑：赫九宏

封面设计：書子 中子画艺术设计

# 塑料加工实用技术丛书

# Plastic

## 塑料成型 设备与模具

SULIAOCHENGXINGSHEBEIJYUMUJU

上架分类：化工/材料/树脂与塑料

ISBN 978-7-5064-4679-2



9 787506 446792 >

定价：36.00元

■ 塑料加工实用技术丛书

# 塑料成型设备与模具

金 灿 主编

 中国纺织出版社

## 内 容 提 要

本书以常见塑料成型工艺为纽带,对塑料成型设备与模具的组成、工作原理、结构特点、安装操作、维护保养以及质量问题等方面做了较详细的介绍,并对一些塑料成型的新工艺、新设备和发展趋势进行了较详细的分析。

本书可供塑料加工企业工作人员、塑料设备生产企业工作人员和设备维修人员阅读,也可作为塑料行业职业技能鉴定的参考读物,并可作为大专院校相关专业师生的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

塑料成型设备与模具/金灿主编. —北京:中国纺织出版社, 2008. 1

(塑料加工实用技术丛书)

ISBN 978-7-5064-4679-2

I. 塑… II. 金… III. ①塑料成型加工设备②塑料模具—塑料成型 IV. TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 162985 号

---

策划编辑:朱萍萍 责任编辑:赫九宏 责任校对:陈 红  
责任设计:李 歆 责任印制:何 艳

---

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街 6 号 邮政编码:100027

邮购电话:010—64168110 传真:010—64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:18.25

字数:372 千字 定价:36.00 元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

## 前言

质量优良的塑料制品是通过合理的成型工艺取得的。合理工艺的可靠实施,离不开正常运行的设备与模具。塑料成型设备与模具是塑料工业中的一个重要组成部分,是保质、保量完成塑料制品生产的必要基础。一个国家的塑料成型设备与模具的设计和制造水平是衡量这个国家塑料工业整体技术水平高低的标准之一。塑料成型设备与模具的完善程度和潜力的发挥,对促进塑料制品的质量、提高劳动生产率、降低产品成本及能源的消耗、加强安全生产及环保、实现新工艺和产品开发等都具有十分重要的作用。

成型工艺与设备是相互服务的,设备的产生是由于工艺的需要,工艺的进步推动着设备的发展,而发展的设备又不断促使工艺的改进和更新。随着新材料、新工艺、新产品的开发与成熟,尤其是计算机的广泛应用,塑料成型设备和模具已经有了很大的发展。

本书共分七章。第一章介绍了塑料成型设备的基本情况以及常见的成型方法和设备的分类与特点,并对常用的材料作了简要介绍。第二章对挤出成型设备、工艺和所用的模具等进行了介绍。第三章对挤出吹塑成型设备、工艺和模具等进行了介绍。第四章介绍压延成型设备和工艺等内容。第五章介绍模压成型设备、工艺和模具。第六章对注射成型设备、工艺、模具以及液压与电气控制系统等进行了介绍。第七章介绍塑料模具的结构、设计、材料和使用,并简要介绍了塑料模具 CAD/CAM。

本书重点为塑料成型设备与模具组成、工作原理、结构特点、安装与操作、维护保养知识,并对质量问题的分析作了较详细的介绍。此外,本书对一些塑料成型的新工艺、新设备和发展趋势也作了一些分析和介绍。

本书由金灿主编。参加编写的同志有杨东洁(第一章)、金灿(第二章、第三章、第四章、第五章)、罗刚(第六章)、夏平(第七章),全书由金灿统稿。本书由四川中邦模具有限公司皮体斌主审。

由于编者水平有限,编写时间比较匆忙,书中的缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评、指正。对本书参考文献中所列出资料的作者和未列出的作者均表示感谢。

编者

2007年9月

# 目 录

|                            |      |
|----------------------------|------|
| <b>第一章 绪论</b> .....        | (1)  |
| <b>第一节 塑料成型设备概述</b> .....  | (1)  |
| 一、塑料成型设备的发展情况 .....        | (1)  |
| 二、塑料成型常用的方法 .....          | (2)  |
| 三、塑料成型设备的分类 .....          | (4)  |
| <b>第二节 塑料成型常用原材料</b> ..... | (5)  |
| 一、常用合成树脂 .....             | (5)  |
| 二、常用添加剂 .....              | (10) |
| 三、色母料 .....                | (13) |
| <b>第三节 塑料成型的新技术</b> .....  | (14) |
| 一、挤出成型的新技术 .....           | (14) |
| 二、注射成型的新技术 .....           | (16) |
| 三、压延成型的新进展 .....           | (18) |
| 四、泡沫塑料成型的新技术 .....         | (18) |
| 五、中空吹塑成型的新技术 .....         | (19) |
| <b>第二章 挤出成型</b> .....      | (21) |
| <b>第一节 挤出机</b> .....       | (21) |
| 一、挤出机的选择与应用 .....          | (21) |
| 二、单螺杆挤出机 .....             | (23) |
| 三、双螺杆挤出机 .....             | (34) |
| 四、排气式挤出机 .....             | (36) |
| 五、喂料型挤出机 .....             | (38) |
| 六、其他类型挤出机 .....            | (39) |
| 七、挤出机安装、试车、操作与维护 .....     | (42) |
| <b>第二节 挤出管材</b> .....      | (47) |
| 一、挤出管材工艺流程 .....           | (47) |
| 二、挤出管材设备 .....             | (48) |
| 三、塑料管材质量问题分析 .....         | (59) |
| 四、管材挤出机生产操作及注意事项 .....     | (61) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第三节 挤出板材 .....            | (63)  |
| 一、挤出板材工艺流程 .....          | (63)  |
| 二、挤出板材成型设备 .....          | (63)  |
| 三、塑料板材质量问题分析 .....        | (71)  |
| 四、挤出板材生产操作与注意事项 .....     | (72)  |
| 第四节 挤出异型材 .....           | (72)  |
| 一、聚氯乙烯异型材挤出成型生产工艺流程 ..... | (73)  |
| 二、异型材挤出成型设备选择 .....       | (73)  |
| 三、挤出异型材质量问题分析 .....       | (75)  |
| 四、挤出异型材生产操作注意事项 .....     | (76)  |
| 第五节 挤出流延薄膜 .....          | (76)  |
| 一、挤出流延薄膜工艺流程 .....        | (77)  |
| 二、挤出流延薄膜成型设备 .....        | (77)  |
| 三、挤出流延薄膜质量问题分析 .....      | (79)  |
| <br>第三章 挤出吹塑成型 .....      | (81)  |
| 第一节 挤出吹塑成型工艺 .....        | (81)  |
| 第二节 型坯机头 .....            | (81)  |
| 一、型坯机头的形式 .....           | (82)  |
| 二、型坯机头要求 .....            | (86)  |
| 第三节 挤出吹塑模具 .....          | (89)  |
| 一、吹塑模具的结构与特点 .....        | (89)  |
| 二、吹塑模具制造的工艺要求 .....       | (90)  |
| 三、吹塑成型模具的使用 .....         | (93)  |
| 第四节 挤出吹塑成型机的操作与维护 .....   | (94)  |
| 一、挤出吹塑机的操作 .....          | (94)  |
| 二、挤出吹塑机常见故障的排除 .....      | (96)  |
| 三、挤出吹塑机的保养与维护 .....       | (97)  |
| 第五节 挤出吹塑薄膜 .....          | (99)  |
| 一、挤出吹塑薄膜工艺流程 .....        | (99)  |
| 二、挤出吹塑薄膜成型设备 .....        | (101) |
| 三、挤出吹塑薄膜质量问题分析 .....      | (109) |
| 四、挤出吹塑薄膜生产操作注意事项 .....    | (109) |
| <br>第四章 压延成型 .....        | (111) |
| 第一节 压延工艺流程 .....          | (111) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 一、塑炼 .....              | (111) |
| 二、压延成型 .....            | (116) |
| 第二节 压延成型前工序设备及装置 .....  | (119) |
| 一、树脂的预处理设备 .....        | (119) |
| 二、捏合设备 .....            | (123) |
| 三、塑炼设备 .....            | (124) |
| 第三节 压延机 .....           | (128) |
| 一、压延机规格型号及主要参数 .....    | (128) |
| 二、压延机的构造 .....          | (130) |
| 三、压延机辊筒 .....           | (135) |
| 第四节 压延成型后工序装置 .....     | (138) |
| 一、引离装置 .....            | (139) |
| 二、轧花装置 .....            | (139) |
| 三、冷却装置 .....            | (141) |
| 四、测厚装置 .....            | (141) |
| 五、切边装置 .....            | (141) |
| 六、卷取装置 .....            | (142) |
| 第五节 压延设备操作与维修 .....     | (142) |
| 一、生产操作注意事项 .....        | (142) |
| 二、压延机主要零件维护与保养 .....    | (143) |
| <br>第五章 模压成型 .....      | (146) |
| 第一节 模压成型工艺 .....        | (146) |
| 一、模压成型前的准备工作 .....      | (146) |
| 二、模压成型过程 .....          | (147) |
| 三、模压成型工艺条件的确定 .....     | (148) |
| 第二节 液压机 .....           | (149) |
| 一、液压机的要求 .....          | (149) |
| 二、液压机的结构与分类 .....       | (149) |
| 三、液压机的主要零部件 .....       | (151) |
| 四、液压系统 .....            | (153) |
| 第三节 压缩模 .....           | (156) |
| 一、压缩模的分类 .....          | (156) |
| 二、塑件在模具内加压方向的确定 .....   | (159) |
| 三、型芯、型腔的配合形式及有关尺寸 ..... | (160) |
| 四、压缩模推出机构 .....         | (163) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 五、导向机构 .....                 | (166) |
| 六、压缩模的侧向分型抽芯机构 .....         | (166) |
| 七、模压成型制品常见缺陷、产生原因及排除方法 ..... | (167) |

## 第六章 注射成型 .....

### 第一节 注射机 .....

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 一、注射机的基本结构组成 .....  | (169) |
| 二、注射成型机的工作原理 .....  | (171) |
| 三、注射机的分类 .....      | (174) |
| 四、注射机的基本参数与型号 ..... | (175) |

### 第二节 注射机注射部分 .....

|              |       |
|--------------|-------|
| 一、塑化部件 ..... | (179) |
| 二、注射部件 ..... | (185) |

### 第三节 注射机合模部分 .....

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 一、合模机构 .....       | (187) |
| 二、合模系统的主要零部件 ..... | (191) |
| 三、调模装置 .....       | (193) |
| 四、顶出装置 .....       | (194) |

### 第四节 注射机液压系统与电气控制系统 .....

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 一、注射机液压系统 .....   | (195) |
| 二、注射机电气控制系统 ..... | (198) |

### 第五节 注射机调试运转 .....

|               |       |
|---------------|-------|
| 一、新机调试 .....  | (205) |
| 二、装、拆模具 ..... | (206) |

### 第六节 注射机维护 .....

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 一、润滑 .....      | (206) |
| 二、日常检查 .....    | (207) |
| 三、管路检测 .....    | (207) |
| 四、螺杆、机筒清洗 ..... | (207) |

### 第七节 注射制品质量 .....

|                  |       |
|------------------|-------|
| 一、注射制品内部质量 ..... | (209) |
| 二、注射制品表现质量 ..... | (212) |

## 第七章 塑料模具 .....

### 第一节 模具的结构 .....

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 一、塑料模具的结构 ..... | (215) |
|-----------------|-------|

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 二、塑料模具的典型结构与组成 .....  | (219) |
| 第二节 注射模具的设计 .....     | (221) |
| 一、成型零部件的设计 .....      | (221) |
| 二、浇注系统的设计 .....       | (223) |
| 三、导向机构的设计 .....       | (227) |
| 四、脱模机构的设计 .....       | (228) |
| 五、侧向分型与抽芯机构的设计 .....  | (232) |
| 六、冷却系统设计 .....        | (235) |
| 七、加热装置的设计 .....       | (241) |
| 八、排气及引气系统设计 .....     | (243) |
| 九、注射模模架 .....         | (247) |
| 第三节 模具的材料 .....       | (250) |
| 一、模具材料的选择原则 .....     | (250) |
| 二、塑料模具材料 .....        | (251) |
| 三、塑料模具零件的热处理 .....    | (256) |
| 第四节 模具的生产、使用和维修 ..... | (258) |
| 一、模具的设计和生产过程 .....    | (258) |
| 二、塑料模具装配 .....        | (260) |
| 三、塑料模具的工作条件 .....     | (261) |
| 四、塑料模具操作使用 .....      | (261) |
| 五、塑料模具的失效形式 .....     | (262) |
| 六、模具常用的维修方法 .....     | (263) |
| 第五节 模具实例 .....        | (264) |
| 一、盒盖注射成型模具 .....      | (264) |
| 二、肥皂盒注射成型模具 .....     | (264) |
| 三、发泡成型模具 .....        | (265) |
| 四、酚醛杯压缩模具 .....       | (266) |
| 第六节 模具 CAD 简介 .....   | (267) |
| 一、CAD 技术定义 .....      | (267) |
| 二、CAD 技术的发展及展望 .....  | (268) |
| 三、CAD 系统的构成 .....     | (269) |
| 四、CAD 系统工作过程 .....    | (272) |
| 五、注射模 CAD 的工作内容 ..... | (273) |
| 参考文献 .....            | (279) |

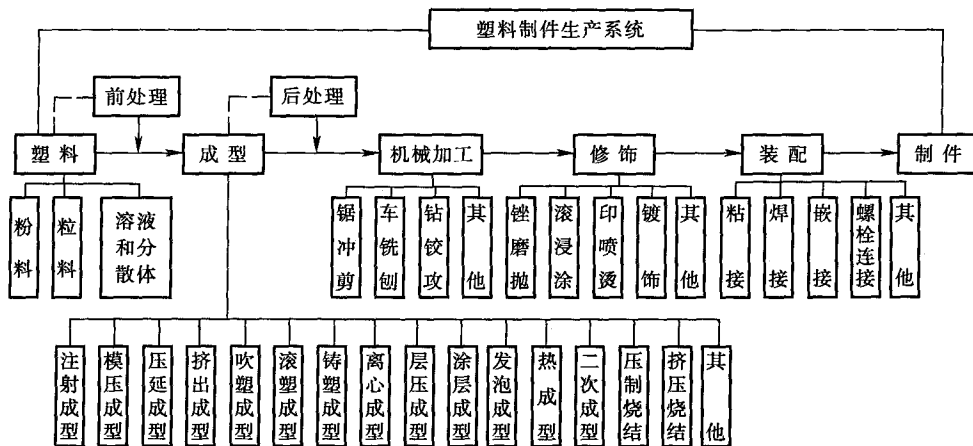
# 第一章 绪论

## 第一节 塑料成型设备概述

### 一、塑料成型设备的发展情况

GB/T 2035—1996 对塑料的定义是:以高聚物为主要成分,并在加工为成品的某阶段可流动成型材料。弹性材料虽然也可以流动成型,但它并不是塑料。

塑料制品的生产是一个复杂的过程,它主要由成型、机械加工、修饰和装配等过程组成,如下图所示。成型是将各种形态的塑料(粉料、粒料、溶液或分散体)制成所需形样的制品或坯件的过程,塑料制品生产的重要环节和必经过程。成型的种类较多,如挤出成型、注射成型、模压成型、传递成型、吹塑成型和热成型等。机械加工、修饰和装配三者统称为加工过程,视制品的成型情况和最终要求不同,可选择其中一种或两种加工操作,有时甚至不必经过加工而直接成型出最终制品。



塑料制件生产系统的组成

世界范围的塑料成型工业自 1872 年开始到现在已度过仿制、扩展和变革时期。从第一个塑料产品赛璐珞诞生算起,塑料成型工业迄今已有 130 多年的历史。塑料成型设备也是在实践中产生和发展起来的。

### (一) 塑料成型设备的发展历史

早在 18 世纪 50 年代,橡胶设备工业已经有了一定的水平和规模,但直至 19 世纪 70 年代,才出现聚合物注塑成型工艺和简单的工艺装备。10 年后,英国发明了第一台适用于聚合物的

螺杆挤出机。差不多在同一时期,有人设计出多种适应于塑料加工的机型。作为一个产业,塑料成型设备在 20 世纪 30 年代获得了较快发展,注射成型和挤出成型已成为工业化的加工方法。

## (二) 塑料成型设备的现状及发展趋势

20 世纪 70 年代是整个塑料工业发展的新时期,塑料加工设备的技术水平、品种、规格和产量都取得了突飞猛进的发展。塑料制品的应用也从以民用制品为主转向以工程塑料为主,与此同时,塑料加工设备的性能和自动化水平也日益提高,已经形成了一个引人注目的新兴产业。

我国塑料加工设备的研制始于 20 世纪 50 年代,是从测绘当时引进的设备起步的。20 世纪 60 年代末,塑料加工设备的发展十分迅速,目前已经能够生产理论注射量  $2.5 \sim 12000 \text{ cm}^3$ ,合模力为  $30 \sim 20000 \text{ kN}$  的普通塑料注射成型机。单螺杆挤出机的螺杆直径范围为  $20 \sim 300 \text{ mm}$ ,共有 10 个标准规格系列的产品。平行双螺杆、锥形双螺杆挤出机也先后开发出来,并投放市场;排气挤出机、发泡挤出机、喂料挤出机、鞋用挤出机、阶式挤出机等特殊挤出机也都具备了工业化生产的能力。圆盘式挤出机、无螺杆挤出机等新型挤出机的研制工作也取得了较大进展。对各种具有特殊性能的螺杆的研究,已经取得了显著的成果。这些先进螺杆的推广与应用,对提高挤出机和注射机的水平起到了很好的促进作用。

我国的塑料工业发展非常迅速,特别是近几年来,产量和品种都大大增加。目前,塑料的体积产量已和钢铁的产量持平,塑料工业的发展迅速带动了塑料成型设备和塑料模具的发展,但与先进国家相比还存在着较大差距。如:国产模具精度低、寿命短、制造周期长;塑料成型设备较陈旧、规格品种少;塑料材料及模具材料性能差,远不能适应工业高速发展的需要。为改变我国塑料行业的落后状况,赶超世界先进水平,我们必须加深塑料成型基础理论和工艺原理的研究,引进和开发新技术、新工艺,大力发展大型、微型、高精度、高寿命、高效率的模具,以适应不断扩大的塑料应用领域的需要。这需要努力提高机电一体化程度,广泛采用计算机,在工艺设计、设备与模具制造、材料研究、生产管理、在线检测、工艺自控、节能降耗和环境保护等方面协同发展才能实现。

## 二、塑料成型常用的方法

成型是将各种形状的塑料(粉料、粒料、溶液和分散体)制成所需形状的制品或坯体的过程。成型的方法较多,主要有挤出、注射、压延、压制、压铸、中空、热成型等。

### (一) 挤出成型

挤出成型又称挤压成型或挤出模塑。该方法采用的设备为挤出机和挤出成型模具。加工塑料时,塑料原料通常在挤出机的机筒中完成加热和加压过程,熔体经过装在挤出机机头上的成型口模挤出,然后冷却定型,借助牵引装置拉出,成为具有一定横截面形状连续制件。挤出成型在塑料的加工工业中占有相当重要的地位,是最早的成型方法之一,其制品约占塑料总产量的三分之一以上。挤出成型可以加工绝大多数热塑性塑料和少数热固性塑料,其加工所得制品主要有薄膜、板(片)材、管、棒、丝、网、电线和电缆包层以及异型材等。配以其他设备,挤出成型也可生产中空容器、复合材料等。另外,挤出成型可用于塑料的混炼加工,通过挤出造粒工

序来完成塑料的着色、填充和共混等。它的主要特点是可以连续化生产,生产效率高,产品的质量均匀,生产操作简单,工艺控制容易,可一机多用。

## (二) 注射成型

注射成型又称注射模塑。该方法采用设备为注射成型机和注射成型模具。加工塑料时,用注射成型机将粒状或粉状的塑料原料连续输入到注射成型机的机筒中,经加热熔化呈流动状态后,在柱塞或螺杆的推动下通过机筒端部的喷嘴注入温度较低的闭合模具内。充满塑模的熔料在受压的情况下,经冷却、固化后即可保持模具型腔所赋予的形状,从而得到制品。热固性塑料的注射成型在塑模中是通过加热固化的。注射成型的生产是周期性的,适用于全部热塑性塑料和部分热固性塑料。注射成型是目前塑料加工中最普遍采用的方法之一,半数以上产量的塑料成型模具是注射成型模具,其生产的制品约占塑料制品总量的20%~30%。产品用途已从民用扩大到国民经济各个领域,并将逐步代替传统的金属和非金属材料的制品。这些制品主要包括各种工业配件、仪器仪表的零件和壳体等。注射成型的主要特点是生产周期短,生产效率高;成型制品的形状由简到繁、尺寸由小到大,但尺寸精确;可以自动化、高速化生产,具有极高的经济效益。

## (三) 压延成型

压延成型是热塑性塑料主要成型方法,它是将已熔融塑化好的接近黏流温度的熔体挤进两个以上的平行辊筒间,使物料在通过旋转的辊筒时承受挤压和延展作用,而使其成为规定尺寸的连续片状制品的成型方法(其中辊筒为成型模具)。它与挤出成型、注射成型一起称为热塑性塑料的三大成型方法。压延成型塑料制品在塑料成型制品的总产量中约占1/5,如薄膜、片材、人造革和压延复合地板等塑料制品。适用于压延成型的热塑性塑料有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、ABS、聚乙烯醇等;但目前使用最多的是聚氯乙烯。压延成型具有加工能力大,生产速度快,产品质量好,连续化生产,自动化程度高的特点。但其设备庞大、生产流程长、投资高、维修复杂,制品宽度受辊筒长度限制,在连续板(片)材的生产方面不如挤出法发展的速度快。

## (四) 压制成型

压制成型可分为模压成型和层压成型两种。

**1. 模压成型** 模压成型是成型时把由上、下模(或凹、凸模)组成的压缩模具安装在压力机的上、下模板之间,将塑料原料直接加入温度已经达到成型温度的模具型腔内,然后将模具闭合,塑料粒料、粉料或预制坯料在受压和受热的作用下逐渐塑化并充满闭合的模具型腔,最终经固化定型后转变为塑料制品。模压成型可用于热固性塑料和热塑性塑料,但主要用于热固性塑料。模压成型的设备和模具结构简单、制造费用低、精度要求低;压机占地面积小、收益显著;成型压力低、原料损耗小;纤维状填料的定向性小,受塑料种类和填料种类影响少,是制备高强度制品的有效方法。但该法生产效率低,制品精度低,劳动强度大,以手工操作为主。模压成型随着其他成型方法的发展和普及而逐渐减少。

**2. 层压成型** 层压成型是指在一定压力和温度下将多层浸有热塑性树脂或热固性树脂的薄片状材料黏结和熔合,压制成层状塑料制品的成型方法。对于热塑性塑料可将压延成型所得片材通过层压成型制成板材,但层压成型较多的是用来制造增强热固性塑料制品。采用层压工

艺可生产各种层压板、绝缘板、波形板、覆铜箔层压板等。

### (五) 压铸成型

压铸成型又称传递成型,它是以模压成型为基础,吸收了热塑性塑料注射成型的经验发展起来的一种利用热固性树脂成型复合材料的方法。该方法将塑料粒料或坯料装入模具的加料室内,在受热、受压下熔融的塑料通过模具加料室底部的浇注系统(流道与浇口)充满闭合的模具型腔,然后固化成型。该法适用于形状复杂或带有较多嵌件的热固性塑料制件。压铸成型与模压成型的区别是,前者所用的模具在成型模腔之外另有一加料室,物料的熔融在加料室完成,成型在模腔内完成。压铸成型与注射成型的区别是,前者塑料是在压模上的加料室内受热熔融,而注射成型时物料是在注射机的机筒内塑化。

### (六) 中空成型

中空成型又称吹塑成型,是制造管筒形薄膜和中空制件的方法。成型时,先用挤出机或注射机挤出或注射出处于高弹性状态的管筒形状型坯,然后将其放入吹塑模具内,向坯料内吹入压缩空气将其吹胀,使之紧贴于模腔壁上,经冷却脱模得到中空吹塑制品。这种成型方法可以生产口径不同、容量不同的瓶、壶、桶等各种包装容器、日常用品和儿童玩具等。若向从挤出机中连续不断挤出的熔融塑料管内趁热通入压缩空气,把管筒胀大撑薄,然后冷却定型,即可得到管形薄膜。将其截断热封可制成塑料袋,将其纵向剖开可制成塑料薄膜。用于中空成型的塑料品种有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、线性聚酯和聚碳酸酯等。

热成型是利用热塑性塑料的片材作为原料制造制品的一种方法,可归于塑料的二次成型。首先将裁成一定尺寸和形状的片材夹在模具的框架上,将其加热到  $T_g$  (玻璃化温度)  $\sim T_f$  (流动温度) 间的温度,片材一边受热,一边延伸,然后凭借施加的压力,使其紧贴模具的型面,从而取得与型面相仿的型样,经冷却定型和修正后即得制品。适应于热成型的塑料品种较多,如各种类型的聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚丙烯、聚乙烯、聚碳酸酯、ABS 等。热成型制品的应用范围越来越广,已广泛用于工业、农业、食品、医药、电子等各个领域,在包装行业的发展尤其迅速。热成型的成型压力较低,因此对模具要求低,工艺简单、生产率高,设备投资少,能制造面积较大的制品。但热成型制品的结构不能太复杂,壁厚均匀度较差,边角废料多,所用原料必须一次性成型,制品的后加工较多,故成本较高。虽然如此,热成型仍属于很有经济价值和实用价值的成型方法,近年来取得了较大的发展。

## 三、塑料成型设备的分类

### (一) 按工艺流程分类

塑料加工设备按工艺流程可划分为塑料加工准备设备、塑料成型加工设备、塑料二次加工设备、塑料加工辅助设备和废旧塑料再生、回收设备。

塑料加工准备设备主要包括捏合机、各种混合机、开放式炼塑机和密闭式炼塑机等。塑料成型加工设备是塑料加工设备的重点,它主要包括各种挤出机及其辅机、压延机及其辅机、塑料注射成型机、吹塑中空成型机、压制成型机、旋转(滚塑)模塑成型机、泡沫塑料成型及反应注射成型机、热成型机等。

在成型加工设备中,有的单机加上相应的模具就可生产出所需要的制品。有的成型机则必须配备机头和各种辅助设备才能生产出所需的制品。而有的成型加工设备,如压延机,在其前面还需配备必要的塑料加工准备设备,后面又必须配备成型辅助设备,组成一条较长、较复杂的生产线。所以塑料加工设备又可分为单机、机组和生产线。

二次加工设备是将成型的各种塑料产品再经过深加工,以生产出各种用户需要的最终制品。塑料二次加工设备比较复杂,主要包括热成型机、各种复合设备、塑料圆织机、植绒机、薄膜分切机、印刷机、制袋机、扩管机、焊接机等。

塑料加工的辅助设备主要包括干燥设备、温控设备及加热元件和机械手等。

随着塑料工业的发展,人均消耗塑料逐年增加,大量的塑料废弃物对环境造成了严重污染,在某种程度上已经成为一种公害,并引起全世界重视。目前关于废弃塑料回收、粉碎、清洗、烘干、造粒、再生利用等设备已取得了较快的发展,已经在塑料加工设备中占有一席之地,并引起人们的普遍关注,但采用化学方法的回收仍是目前发展的趋势。

### (二)按成型工艺方法分类

塑料成型设备发展到今天,已有数十种类型,最普通的分类是根据塑料的成型工艺方法进行划分。下表列出了常用的成型加工方法与模具。

常用的塑料成型方法及模具

| 成型方法 | 成型模具     | 用 途                                      |
|------|----------|------------------------------------------|
| 注射成型 | 注射模      | 电视机外壳、食品周转箱、塑料盆、桶、汽车仪表盘等                 |
| 挤出成型 | 口模       | 如棒、管、板、薄膜、电缆护套、异形型材(百叶窗叶片、扶手)等           |
| 模压成型 | 压缩模      | 适于生产非常复杂的制品,如含有凹槽、侧抽芯、小孔、嵌件等,不适合生产精度高的制品 |
| 传递模塑 | 传递模      | 设备和模具成本高,原料损失大,生产大尺寸制品受到限制               |
| 中空吹塑 | 口模、吹塑模具  | 适于生产中空或管状制品,如瓶子、容器及形状较复杂的中空制品(如玩具等)      |
| 热成型  | 真空成型模具   | 适于生产形状简单的制品,此方法可供选择的原料较少                 |
|      | 压缩空气成型模具 |                                          |

## 第二节 塑料成型常用原材料

### 一、常用合成树脂

#### (一)聚乙烯

聚乙烯(PE)是以乙烯单体聚合而制得的聚合物,分乙烯均聚物和乙烯与 $\alpha$ -烯烃( $<8\%$ )共聚物两种,是主要的热塑性塑料品种之一,也是塑料工业中产量最高的品种,用途极为广泛。聚乙烯是不透明或半透明、质轻的结晶性塑料,它原料来源丰富,价格低廉,无毒,具有优良的耐低温性能(最低使用温度可达 $-100\sim-70^{\circ}\text{C}$ ),电绝缘性,耐辐射,化学稳定性好,易于成型加

工,能耐大多数酸碱的侵蚀,但不耐热。

乙烯的聚合可以在高压、中压、低压下进行,由此可把 PE 分成高压聚乙烯、中压聚乙烯和低压聚乙烯。高压聚乙烯的分子结构与中压聚乙烯、低压聚乙烯相比较,其支链数目较多,结晶度和密度较低,而中压聚乙烯和低压聚乙烯的分子链接近线型结构,结晶度和密度较高。通常把高压聚乙烯称为低密度聚乙烯(LDPE,密度  $0.91 \sim 0.94 \text{ g/cm}^3$ ),中压聚乙烯和低压聚乙烯称为高密度聚乙烯(HDPE,密度  $0.94 \sim 0.97 \text{ g/cm}^3$ )。近年来,线型低密度聚乙烯(LLDPE)引起了世界塑料工业界的注意,给聚乙烯工业带来巨大影响。

聚乙烯的成型方法较多,使用最广泛的是挤出成型和注射成型,其次是压延成型、滚塑成型、喷涂成型、吹塑成型、发泡成型以及热成型。不同类型的聚乙烯,根据它的化学结构和性能其用途也不同。低密度聚乙烯(LDPE),具有良好的化学稳定性,对酸、碱、盐类的耐腐蚀性高,柔软性好,耐冲击强度较高,绝缘性能极好,介电强度高等优点,但耐热性能较差,不耐光和易热老化,对生产设备要求高,主要用在制造薄膜和农用膜上。由于制品无毒,可制作医疗器械和液体的包装容器,还可生产食品袋、涂层、管材、丝、片等;中密度聚乙烯,可用于制造瓶类,包装用的薄膜以及各种注射成型制品和旋转成型制品,也可用在电线电缆上面;高密度聚乙烯(HDPE)的支链短而且少,耐化学性能好,硬度和机械强度也较大,主要用在中空硬制品以及制作耐腐蚀零件和绝缘零件,如瓶、罐及工业用槽、桶、周转箱、瓦楞箱、管材管件、编织袋、复合塑料水泥袋等;超高分子量聚乙烯(UHMWPE)的相对分子质量一般在 100 万以上,耐磨性能极好,耐冲击性较高,耐疲劳,耐环境压力开裂性优良。抗拉强度高,对噪声的阻隔性能很好,电绝缘性好,耐低温性能优良,主要应用在化学工业、食品行业和机械、木材加工业中制作减震,耐磨及传动零件,如密封垫板、轴承衬瓦、齿轮等。

## (二) 聚丙烯

聚丙烯(PP)是由丙烯聚合而成的重要的热塑性塑料品种之一,其世界产量排在聚乙烯和聚氯乙烯之后,位居第三位。聚丙烯是无臭、无毒和无味的乳白色蜡状物,密度约为  $0.90 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$ ,是“最轻”的通用塑料。PP 为非晶性高聚物,PP 的透气、透水性差,收缩率较大,抗弯曲性能较好,可弯曲 10 万次;PP 对缺口效应十分敏感,因而在设计制品时应尽可能避开夹角、缺口,避免厚薄不匀;PP 的强度、刚度、硬度及耐热性均优于低压聚乙烯,可在  $100^\circ\text{C}$  左右使用;PP 具有良好的电性能,其高频绝缘性不受湿度影响;PP 具有在水中耐蒸煮的特性,耐腐蚀,强度、刚性和透明性都比聚乙烯好。PP 的缺点是韧性不够好,低温易脆裂,不耐磨,易老化,但可分别通过改性和添加助剂加以改进。

聚丙烯塑料可以用作汽车发动机周围的部件,需要煮沸消毒和高压灭菌的餐具和医疗设备等。因它有突出的耐弯曲疲劳性能,可制成文件夹的封面、盖、各种容器和汽车的车轴踏板等。因它具有良好的耐化学介质性能与耐候性,用在制造化工管道、各种贮槽及装置的衬里和压滤机框等。因它具有优异的电绝缘性,可作耐温高频绝缘材料。

## (三) 聚氯乙烯

聚氯乙烯(PVC)由氯乙烯均聚制得,是主要的热塑性塑料品种之一,其产量仅次于聚乙烯塑料,位居各塑料品种的第二位。PVC 原料易得、价格低廉、成型性能良好、无毒、无味;化学稳

定性能良好,耐一般的酸、碱腐蚀,耐溶剂性好;聚氯乙烯的含氯量高达 56%,因而具有自熄性和阻燃性。其阻燃性能要优于聚乙烯、聚丙烯等塑料;在水汽作用下不会弯曲,容易染色,容易与其他材料相混。由于氯原子的存在增大了分子链间的作用力,不仅使分子链变刚,也使分子链间的距离变小,因而聚氯乙烯比聚乙烯具有更高的强度、刚性,但韧性、断裂伸长率和抗冲击强度均下降。聚氯乙烯分子链间的吸引力较大,其软化温度较高,接近于它的分解温度。低于软化温度时,PVC 可塑性差,流动性小,不易成型加工;高于软化温度时,易分解,同时分解时放出的 HCl 会加快聚氯乙烯的分解。为此,根据成型加工和使用性能的要求,PVC 材料在实际使用中经常加入稳定剂、润滑剂、增塑剂等辅助加工剂来满足制品要求。

聚氯乙烯塑料根据软、硬程度的不同,可以进行压延、模压、挤出、注射、吹塑等成型加工。聚氯乙烯薄膜通常是用吹塑、压延法制得;板材、管材、棒材、线材及型材以挤出法生产为主;大型板材、黏合材料采用模压法成型;工业零件则多用注射成型。聚氯乙烯制品广泛应用于工业、农业、包装业及日用品等领域。

#### (四) 苯乙烯系树脂

苯乙烯系树脂包括苯乙烯单体均聚物和与其他可聚单体共聚而制得的一系列树脂,是主要的热塑性塑料品种之一。

**1. 聚苯乙烯** 聚苯乙烯(PS)是苯乙烯均聚而得的产品,具有非常好的几何稳定性、热稳定性,光学透过特性(透光率仅次于有机玻璃)、耐电弧性、电绝缘特性(尤其高频绝缘性)以及很微小的吸湿倾向,质地坚硬、呈刚性。PS 成本低,加工方便,易成型出各类色彩鲜艳、表面光洁的制品。它能够抵抗水、稀释的无机酸,但能够被强氧化酸如浓硫酸所腐蚀,并且能够在一些有机溶剂中膨胀变形。缺点是质脆,力学强度不高,质硬而脆,耐热差,制品易产生应力开裂,不耐苯、汽油等有机溶剂,容易燃烧,这些缺陷在一定程度上限制了它的应用。通过对聚苯乙烯进行各种改性后,改善了上述性能,开创了一系列高抗冲击强度、耐气候、阻燃性好、高透明度、低发泡等出色性能的品种,形成了庞大的聚苯乙烯树脂体系。

聚苯乙烯主要用于注射、挤塑和中空吹塑成型,适于制作绝缘透明件、装饰件及化学仪器、光学仪器等零件,也适用于产品包装、家庭用品(餐具、托盘等)和电气产品(透明容器、光源散射器、绝缘薄膜等)。

**2. ABS** ABS 是由丙烯腈(A)、丁二烯(B)、苯乙烯(S)组成的三元共聚物,兼具三种组分的性能,既保持了聚苯乙烯的光泽性、成型加工流动性和良好的着色性,又表现出丙烯腈的耐油、耐化学腐蚀性和一定的表面硬度,同时还兼具橡胶组分的耐寒性、韧性和良好的冲击性能。因此,ABS 塑料综合性能较好,冲击强度较高,化学稳定性好,成型收缩率低,电绝缘性良好。ABS 与有机玻璃的熔接性良好,可制成双色塑件,且可表面镀铬,也可喷漆处理。ABS 成型性能良好,除用于挤出成型外还可用于注射、压延、吹塑、真空成型,而且也可用于发泡、层合、涂覆、粘接成型。ABS 塑料的最大不足之处是耐候性差,这是由于在 ABS 的丁二烯组分中残留有不饱和双键,在紫外光、热、氧的作用下易发生氧化降解所致。

由于 ABS 具有上述良好的综合性能,其应用领域非常广泛,如在机械制造业中可代替各种金属材料制造作为中等转速、载荷的机器零件,如齿轮、轴承等,此外,可用于生产各种管材和薄