

塑料成型加工技术读本

塑料挤出成型

刘瑞霞 编著

PLASTIC

0.66



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

塑料成型加工技术读本

塑料挤出成型

刘瑞霞 编著



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

塑料挤出成型/刘瑞霞编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5

(塑料成型加工技术读本)

ISBN 7-5025-7039-X

I. 塑… II. 刘… III. 塑料成型: 挤出成型
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046016 号

塑料成型加工技术读本

塑料挤出成型

刘瑞霞 编著

责任编辑: 白艳云 李晓文 王苏平

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 边涛

封面设计: 潘峰

*

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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 276 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7039-X

定 价: 21.00 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

出版者的话

近年来我国塑料加工工业一直持续快速发展，塑料制品在各个领域得到越来越广泛的应用，从事和关注塑料研究、生产与应用的人也日益增多。随着新技术、新材料和新工艺的不断涌现，特别是技术力量相对薄弱的民营企业逐渐成为行业中的重要生力军，使得塑料加工从业人员技术培训显得日益重要。为适应市场的迫切需求，我们特组织全国塑料技工培训中心、北京塑料工业学校和北京化工学校的教师编写了这套《塑料成型加工技术读本》。

本套书根据塑料加工的特点选择相关内容确定了 11 个分册，分别为《塑料注射成型》、《塑料挤出成型》、《塑料中空吹塑成型》、《塑料压延成型》、《塑料压制成型》、《泡沫塑料成型》、《塑料装饰》、《塑料热成型》、《塑料浇铸成型与旋转成型》、《塑料配混》、《塑料回收利用》。各分册在保证编写体例统一、内容格局基本一致前提下，各有侧重和特色。每册内容一般包括加工原理、常用原材料性能、典型工艺、生产设备、操作规程、常见问题分析与解决办法等。整套书的编写原则为实用性、先进性相结合，特别强调可操作性。为适应企业培训和技术人员自学，在书中还安排了思考题，希望《塑料成型加工技术读本》的出版对行业有促进作用。

化学工业出版社

前 言

半个世纪以来,我国的塑料工业经历了从无到有、从小到大的发展过程,尤其是改革开放 20 多年的高速发展,已初步形成了门类齐全的工业体系,从产量上已跻身于世界先进行列。在我国塑料加工业中,几乎 $1/3\sim 1/2$ 的塑料制品是通过挤出成型来完成的。尤其是塑料工业的迅速发展和新型材料的涌现,更加促进了挤出成型技术的发展。与其他塑料成型方法相比,对挤出成型理论的研究和技术的开发是较为深入的。

本书介绍了与挤出成型有关的树脂、助剂的品种及性能;挤出成型工艺过程;挤出机结构和造粒技术,同时详细阐述了典型挤出产品的生产与加工,是一本实用性很强的关于塑料挤出生产技术的书籍。涉及了挤出成型加工原材料、挤出成型设备及常见挤出制品的加工。本书共分九章,第一章阐述了挤出成型及塑料基础知识,第二章阐述了常用树脂及加工助剂的品种和用途,第三章简述了挤出机的结构和组成,第四章~第九章分别地阐述了塑料管材、塑料吹塑薄膜、塑料流延薄膜和双向拉伸薄膜、塑料板材与片材、塑料异型材、塑料丝及单向拉伸制品等几大类塑料制品的挤出生产技术问题。本书内容翔实、图文并茂、通俗易懂,其许多内容与工厂中的实际情况相联系,可供从事塑料挤出成型的工程技术人员及相关院校师生阅读参考。

北京市塑料工业学校于丽霞老师为本书提供了大量的技术资料,在此表示衷心感谢。在编写过程中,力图从实际出发,尽量编入一些比较新的内容,但由于本人水平有限,时间仓促,一定存在一些不妥和错误,希望读者批评指正。

作 者

2005 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
一、挤出成型概述	1
二、挤出成型制品及其应用	3
三、挤出成型的发展趋势	5
思考题	6
第二章 挤出用塑料原材料	7
第一节 热塑性塑料	8
一、聚氯乙烯	8
二、聚乙烯	12
三、聚丙烯	14
四、聚苯乙烯	16
五、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	18
六、聚酰胺	19
七、聚碳酸酯	21
八、聚甲醛	22
九、氟塑料	24
第二节 常用塑料加工助剂	25
一、增塑剂	26
二、稳定剂	28
三、阻燃剂	29
四、发泡剂	30
五、润滑剂	30
六、抗静电剂	31
七、填充剂及增强剂	31
八、交联剂	32

九、着色剂	33
十、成核剂	34
十一、加工改性剂	34
思考题	35
第三章 挤出机	37
第一节 单螺杆挤出机	39
一、概述	39
二、挤出机传动系统	48
三、挤出系统	49
四、挤出机加料系统	58
五、挤出机加热和冷却系统	60
六、挤出机温度控制	62
七、其他部件	63
第二节 双螺杆挤出机	64
一、双螺杆挤出机的结构和分类	66
二、双螺杆挤出机的螺杆结构	69
三、双螺杆挤出机工作特性	70
四、双螺杆挤出机主要参数	72
第三节 排气式挤出机	75
一、排气式挤出机结构及工作原理	75
二、排气口的设计	76
三、排气式挤出机的分类及技术参数	76
第四节 多螺杆挤出机	79
一、行星螺杆挤出机	79
二、四螺杆挤出机	81
第五节 挤出机的试车、操作和维修	81
一、挤出机试车	81
二、挤出机操作步骤	83
三、挤出机维护保养及维修	85
思考题	86
第四章 挤出管材	88

第一节 挤出管材设备	90
一、挤出管材工艺流程	90
二、挤出机	91
三、管机头	92
四、挤管辅机	98
第二节 挤出管材成型工艺	108
一、挤出管材工艺控制要点	108
二、挤出管材常出现的不正常现象	110
三、挤出管材操作规程	111
第三节 典型塑料管材制品	112
一、聚氯乙烯塑料管材	112
二、聚乙烯管	135
三、其他几种热塑性塑料管材	142
思考题	153
第五章 挤出吹塑薄膜	154
第一节 挤出吹塑薄膜成型设备	156
一、挤出吹塑薄膜工艺流程	156
二、挤出机及螺杆	158
三、机头	161
四、挤出吹塑薄膜辅机	167
第二节 挤出吹塑薄膜成型工艺	176
一、挤出吹塑薄膜工艺控制点	176
二、挤出吹塑薄膜常出现的不正常现象	181
三、挤出吹塑薄膜操作规程	182
第三节 典型挤出吹塑薄膜制品	184
一、聚乙烯薄膜	184
二、聚丙烯吹塑薄膜	187
三、聚氯乙烯吹塑薄膜	193
四、共挤复合薄膜	197
思考题	198
第六章 挤出流延薄膜和拉伸薄膜	199

第一节 流延薄膜成型设备	199
一、生产工艺流程	199
二、流延薄膜成型设备	200
第二节 典型流延薄膜及拉伸薄膜	207
一、聚丙烯流延薄膜	207
二、单向拉伸扭结膜	209
三、双向拉伸薄膜	211
思考题	215
第七章 挤出板(片)材	216
第一节 挤出板(片)成型设备	217
一、挤出板(片)工艺流程	217
二、挤出机及螺杆	218
三、机头	219
四、挤出板(片)辅机	226
第二节 挤出板(片)成型工艺	229
一、挤出板(片)成型工艺控制要点	229
二、挤出板(片)常出现的不正常现象	232
第三节 典型挤出板(片)制品	234
一、平板	234
二、波纹板	244
三、发泡板	244
四、多层复合板材	250
思考题	252
第八章 挤出异型材	254
第一节 概述	254
一、塑料异型材	254
二、异型材截面形状与结构设计	256
第二节 挤出异型材设备	258
一、异型材生产用挤出机	258
二、异型材机头	259
三、冷却定型装置	264

四、牵引装置	266
五、切割装置	266
第三节 挤出异型材	266
一、异型材成型工艺流程	266
二、原材料的选择	266
三、异型材典型配方	269
四、生产工艺参数	270
五、挤出异型材及复合型材常出现的不正常现象、产生 原因及解决办法	272
第四节 挤出塑料门窗	279
一、U-PVC 门窗异型材	279
二、聚氯乙烯发泡异型材	283
思考题	288
第九章 其他挤出塑料制品	289
第一节 电线电缆	289
一、原材料的选择	289
二、电缆料及电线电缆生产工艺流程	292
三、电缆料及电线电缆生产工艺参数	293
四、电线电缆生产中出现的不正常现象、产生原因及解决 方法	293
第二节 塑料丝、绳、带、网	294
一、塑料丝	295
二、塑料绳、带	303
三、塑料网	309
思考题	315
参考文献	316

第一章 绪 论

一、挤出成型概述

20世纪50年代,石油化工的发展使得高分子工业迅速成熟。60年代,合成树脂、合成橡胶、合成纤维三大合成材料的生产向规模化转变。70年代,世界上合成材料在总体上已超过了金属材料。特别是作为高分子材料的塑料,因为其原料丰富、成型容易、价格低廉、比强度大、性能优异、应用范围非常广泛等被称为重要的新型材料之一。在建筑工业中塑料已被列为金属、木材、水泥以外的第四类建材。在我国,半个多世纪以来塑料工业经历了从无到有,从小到大的发展过程,已经初步形成了门类齐全的工业体系,从产量上已经跻身于世界先进行列。

塑料制品是一种用各种不同性质的合成树脂为主要原料,加入或不加入助剂,按照制品的形状和使用要求,选用不同的设备,制成各种制品的统称。如挤出成型的管材、板材和异型材等;注射成型的盆、管件、齿轮等;压延成型的片材、人造革等,都称为塑料制品。塑料原料只有通过成型加工才能成为制品,成型加工是高分子材料不可缺少的生产环节。塑料制品的成型方法有很多:如挤出成型、注射成型、压延成型、吹塑成型、中空成型、流延成型、发泡成型、热成型和真空成型等。

挤出成型又称挤出模塑成型。是指把粉状或粒状物料由料斗加入到挤出机的机筒内,物料在螺杆旋转的挤压、推动作用下,通过机筒内壁和螺杆表面的摩擦作用向前输送和压实,通过机筒外部的加热装置和摩擦预热,在高温、高压条件下熔融塑化,然后,连续转动的螺杆再把熔融物料推入机头模具,从机头模具挤出的熔融物料经冷却定型成为所需要的塑料制品。可将挤出过程分为两个阶

段：第一个阶段是使固态塑料塑化，即使其变成黏流态并在加压的情况下使其通过特殊形状的口模而成为截面与口模形状相同的连续体；第二个阶段是采用适当的冷却方法使挤出的连续体失去塑性而变为固态，即所需制品。通常挤出成型的生产工艺过程为：塑料原料熔融塑化→挤出成型→冷却定型→冷却→牵引→切割→检验→包装→入库。

挤出成型是塑料加工工业中最早出现的成型方法之一，早在19世纪初期，挤出机就已用来生产铅管、面条等产品。早期的挤出机是柱塞式的，直到1936年才研制成功电加热的单螺杆挤出机，这就是现代塑料挤出机的起源。目前，我国塑料挤出成型在塑料制品成型加工工业中占有很重要的地位，已占到整个塑料工业的 $1/3\sim 1/2$ 左右，据统计，在塑料制品成型加工中，挤出成型制品的产量居于首位。大部分热塑性塑料都可用挤出成型，制品更是各种各样，其发展速度非常迅猛。

用于挤出成型加工的主要原料有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等绝大多数热塑性塑料；酚醛树脂、环氧树脂等热固性塑料。挤出成型虽然也用于热固性塑料的成型，但仅限于少数的几种。挤出成型加工的主要设备有挤出机，此外还有机头、口模及冷却定型、牵引、切割、卷取等辅机。挤出成型能连续生产各种不同截面几何形状的塑料制品，产品主要有硬管、软管、波纹管、棒材、丝、包装带、网、薄膜、复合膜、板材、片材、电线电缆的涂覆和涂层制品、异型材等。挤出机可周期性重复生产中空制品，如瓶、桶等。

挤出成型分类方法很多。根据塑料塑化方式的不同，挤出工艺可分为干法和湿法两种。干法的塑化是靠加热将塑料变成熔体，而塑化和加压可在同一个设备中进行，其定型方式仅为简单的冷却即可。而湿法的塑化是用溶剂将塑料软化均匀，因此塑化和加压是在两个设备中完成的，而且定型必须将溶剂脱除，同时还要回收溶剂，基于以上过程湿法仅限于硝酸纤维素和少数醋酸纤维素填料的挤出。下面介绍的方法均为干法。

挤出过程中，根据对塑料加压方式的不同，可以将挤出工艺分

为连续和间歇两种方式。前一种所用设备为螺杆式挤出机，后一种所用设备为柱塞式挤出机。柱塞式挤出机的主要部件是料筒和柱塞。操作时，料筒中已经塑化好的物料在柱塞的压力下挤出口模外，柱塞退回以便下一次操作。此方法的最大优点是能给予塑料较大的压力，而缺点是不连续性，而且物料需要预先塑化好，因此使用较少，只有在挤出聚四氟乙烯塑料和硬聚氯乙烯大型管材方面使用。本书介绍的为连续挤出成型。

与其他成型方法相比，挤出成型具有如下许多突出的优点。

(1) 连续化生产 挤出成型可以根据需要生产任意长的管材、板材、棒材、异型材、薄膜、电缆及单丝等，而且产品质量均匀、稳定、密实。

(2) 生产效率高 挤出机的单机产量较高，如一台直径 65mm 的挤出机组，生产聚氯乙烯薄膜，年产量可达 450t 以上。特别是近几年对螺杆结构的改进，使生产效率进一步提高。

(3) 可一机多用 根据产品的不同要求，改变产品的断面形状。一台挤出机，只要根据物料性能特点、制品尺寸要求更换螺杆、机头、口模，就能加工多种多样的塑料制品。如上面提到的管材、棒材、片材、板材、薄膜、电缆、单丝、中空制品以及异型材等。挤出机还能够进行混炼、塑化、造粒。挤出机与压延机配合，可以喂料生产压延薄膜，与油压机配合生产模压制品。

(4) 设备简单，投资少，操作容易 与注射成型、压延成型相比，挤出设备比较简单，造价低、制造较容易，挤出成型生产线设备费用较低，安装调试较方便。设备占地面积较小，对厂房及配套设备要求也相对简单，上马快。生产操作较简单，工艺控制容易，易于实现自动化生产。

综上所述，挤出成型是塑料制品重要的成型方法之一，伴随着塑料工业的迅速发展，还将具有更广泛的应用前景。

二、挤出成型制品及其应用

挤出成型可以加工绝大部分热塑性塑料和热固性塑料以及弹性体。挤出制品主要有薄膜、管材、板材、片材、异型材、棒材、

丝、网、带、电线、电缆包覆、中空容器、泡沫塑料、复合材料等，它们广泛用于国民经济各个部分。

在农业方面，农膜作为重要的塑料制品起到了举足轻重的作用。我国 20 世纪 60 年代初生产和使用 PVC 塑料棚膜，80 年代初研制开发和使用防老化聚乙烯塑料棚膜，80 年代末期研制和使用防老化防雾滴塑料棚膜，90 年代初开始研制和使用 EVA 多层共挤多功能塑料棚膜，90 年代后期开始研制和使用茂金属线性低密度聚乙烯（MLLDPE）与 EVA 多层共挤多功能塑料棚膜。目前，我国农用地膜的产量接近 1000kt，我国农用地膜、耐候地膜的使用量几乎占有国家总和的 1.6 倍。棚膜产量约为 130kt，棚膜的覆盖面积已超过 1000 万亩，我国的农用塑料棚膜与世界同步发展。此外塑料管可用于农田排灌，塑料网用于养殖业可大大提高珍珠、蚌贝等的产量，也可用于捕鱼业、水产业。

在包装行业，包装薄膜的发展很快。包装薄膜主要有扭结包装膜、收缩包装膜、缠绕包装膜、贴体包装膜、充气包装膜、高阻透性膜、高耐热性膜、选择渗透性膜、保鲜膜、抗菌膜等。我国包装膜生产能力在 1000kt 以上，产量也在 800kt 左右。据有关资料显示，食品包装将成为我国塑料包装产品发展重点，功能性阻透性包装材料将成为发展热点。此外，复合材料、中空容器、编织袋、塑料网、打包带、捆扎绳等广泛用于粮食、农副产品、纺织、食品、药品、化工产品、化肥、水泥、精密仪器、日用品、体育用品、文化用品等的包装。

在机械制造业及交通运输业，塑料制品的应用也十分广泛，塑料棒材可加工成轴承，齿轮、管件等机械零件，各种塑料管、板、异型材可制造仪表盘、车门内壁、挡泥板内衬、水管、油管、气管、装饰件、门、窗、顶板、扶手、地板等。

在化学工业上，由于塑料制品具有优异的耐化学腐蚀性，塑料管、板、棒、中空容器作为防腐蚀料，而且可制造各种槽、罐、釜、管道、泵、风机、塔等的内衬，可以节约大量金属材料。如 1t 塑料可以代替 6t 左右不锈钢、铜等金属。

在电子、电讯工业上，利用塑料的电绝缘性能好的优点，大量采用塑料作绝缘材料。如电线、电缆的绝缘层、防护层，各种电器的绝缘件、绝缘板等。

建筑行业越来越多地采用塑料板材、型材制造门窗、地板、壁板、层顶板、上下水管、隔声隔热材料、家具等。

在医疗卫生业方面，塑料薄膜用于制造输血袋，塑料管材可以制造输血管、输液管、氧气管、食道、尿道及手术器具等。

当然，在日常生活中使用的塑料制品更是琳琅满目，比比皆是，如人造革、塑料容器、装饰用品、塑料鞋等。

三、挤出成型的发展趋势

目前，世界上塑料产量已达 1 亿吨，年增长率在 5% 左右。在我国每年 1500 万吨的塑料制品中，用于包装业占 29%，农业占 23%，工业占 20%。而挤出成型是塑料制品成型的主要方法之一，其发展速度相当快，20 世纪 70 年代，挤出机的发展是以高速高效为特征的；20 世纪 80 年代，挤出机则以采用先进的控制技术、增强辅机性能、提高产品质量及性能、提高机械自动化程度等多方面为特征发展；进入 20 世纪 90 年代，挤出成型以微电子技术应用为突破口，拓宽了多个新技术领域。

挤出产品形形色色，如先前的硬 PVC 管、包覆电缆、聚苯乙烯、聚丙烯和 ABS 片材与板材、聚乙烯吹塑薄膜和涂覆薄膜等，如今的 PVC 型材、交联聚乙烯、铝塑复合、PPR 管材、双向拉伸聚丙烯薄膜，例如 PVC 型材其发展趋势是向多样化、高速化、自动化方面发展。多样化是为了满足经济发展的需要，如品种、规格、花色的多样化，而高速化、自动化是为了提高生产效率，稳定产品质量，改善劳动条件。挤出成型的发展可以归纳成以下几个方面。

(1) 产品向多样化发展 如薄膜有民用、农业用、包装用之分。民用膜有单色、多色、彩虹、易撕等薄膜，如再加上不同的材质，花色品种更加繁多。农业用膜分为蔬菜大棚膜、地膜、功能性农膜等。包装用膜也有食品包装膜、重包装膜、气垫膜、防滑膜、

双向拉伸膜、热收缩膜等。产品规格也向多样化发展，如超宽薄膜，薄膜折径达 10m，超薄薄膜的厚度小于 0.01mm。

(2) 生产向高速化、自动化发展 高速化、自动化是为多样化服务，从而提高生产效率，稳定产品质量，满足各行各业的需要。

一些新技术的采用如辐射、射线、计算机、激光技术方法、流变仪、电子显微镜及高速摄影技术的使用使得制品能够达到更高质量，生产中可获得良好的经济效益。但是在对这些技术的运用中仍可以不断创新，开发新产品，制造新材料，形成新技术。如在激烈的市场竞争中，要求提高挤出制品性能和降低成本，因此，发泡、复合等多种多样的挤出方法应运而生，而且不断提高生产效率也成为降低成本的主要手段。图 1-1 为挤出成型技术发展进程图。

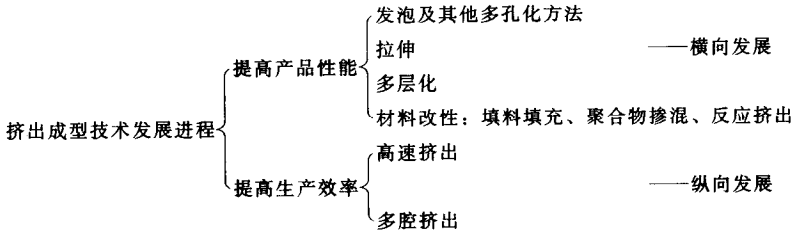


图 1-1 塑料挤出成型技术发展进程图

思考题

1. 什么是挤出成型？挤出成型有哪些优点？挤出成型在塑料加工业中的地位与作用有哪些？
2. 用于挤出成型的原料有哪些？挤出塑料制品主要有哪些？其主要用途是什么？
3. 挤出成型塑料制品在塑料制品中的产量比例占多大？
4. 挤出制品的发展趋势是什么？目前采用了哪些新的技术？挤出制品在塑料制品中的产量占多大？

第二章 挤出用塑料原材料

塑料是以树脂为主要成分，在一定的温度和压力下，可塑制成一定形状，并在常温下能保持一定形状的材料。塑料是一种具有可塑性的材料，绝大多数塑料都可用于挤出成型。

塑料种类很多，而常用的塑料约有几十种。分类方法也很多，一般根据加工性能将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料。

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料是塑料的一大类，指以热塑性树脂为主要成分，并加入各种助剂配制而成的塑料。它们具有链状的线性结构，在一定温度范围内可以软化乃至熔融流动，冷却后又能固化成一定形状的塑料，并且这个过程可以反复进行多次。其典型品种有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等聚合物、共聚物或共混物及合金等。这类塑料的特点是有较好的物理力学性能，成型加工容易，在品种和产量上发展很快，并且残次品和废旧塑料可以重复回收利用。有些热塑性塑料，如氟塑料、聚酰亚胺等具有较好的耐腐蚀性、耐高温性、绝缘性能，较低的摩擦系数，但大部分热塑性塑料耐热性能和刚性较差。

(2) 热固性塑料 热固性塑料是指树脂在制造或加工的某阶段常常是熔融状态，既可溶又可熔，通过加热、催化或其他方法，如紫外线、射线等，其会发生化学变化，材料由线形高分子变成体形高分子结构，此后遇热不再熔融，也不溶于有机溶剂。如果加热温度过高，只能炭化。代表品种有酚醛塑料、脲醛塑料、环氧塑料、不饱和聚酯、氨基塑料等。这类塑料的优点是耐热性高、尺寸稳定性好，价格便宜。但是很难做到连续化生产，生产效率较低。且本身力学性能较差，需要进行增强，用玻璃纤维增强后制成的增强塑料，俗称“玻璃钢”，其强度可与金属媲美。