

塑料成型加工技术读本

泡沫塑料成型加工

张京珍 编著

PLASTIC

06



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

泡沫塑料成型加工

张京珍 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

泡沫塑料成型加工/张京珍编著. —北京:化学工业出版社, 2005.6

(塑料成型加工技术读本)

ISBN 7-5025-7283-X

I. 泡… II. 张… III. 泡沫塑料-塑料成型
IV. TQ328.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 063298 号

塑料成型加工技术读本

泡沫塑料成型加工

张京珍 编著

责任编辑: 白艳云 李晓文 王苏平

文字编辑: 林丹

责任校对: 王素芹

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 11 $\frac{1}{4}$ 字数 315 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7283-X

定 价: 25.00 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

随着科学技术的飞速发展，泡沫塑料已成为重要材料之一，以塑料为基本成分，通过物理或化学方法填充大量气泡，制得的泡沫塑料，与纯塑料相比，具有密度小、比强度高、能量吸收能力强、隔音隔热性能好、美观实用等一系列特点，已在工业、农业、建筑、交通运输、军工、航空航天、日用品等领域获得了广泛应用，如制作各种坐垫、衬垫、床垫、保温隔热材料、包装材料、防撞防震材料、建筑材料及装饰材料等，已成为人们生产和生活不可缺少的材料。随着人们对泡沫塑料认识的进一步加深，新的品种将不断地被开发出来，其应用范围将进一步得到拓展。

本书全面系统地介绍了泡沫塑料所涉及原材料的性能，泡沫塑料的发泡方法及成型原理，常见泡沫塑料的成型方法及生产加工过程如聚苯乙烯（PS）、聚氨酯（PUR）、聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC）、酚醛（PF）、脲醛（UF）等泡沫塑料以及一些典型制品成型方法的讨论。还简要介绍了环氧泡沫塑料、不饱和聚酯泡沫塑料、聚乙烯醇缩甲醛泡沫塑料、聚四氟乙烯泡沫塑料、有机硅泡沫塑料等。本书适合于从事泡沫塑料成型加工的工程技术人员及生产一线的技术工人阅读。

由于编者的经验和水平有限，书中肯定会存在不足和不当之处，衷心希望读者给予批评指正。

编著者

2005年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 塑料概述	1
一、基本概念	1
二、塑料定义和组成	2
三、塑料分类	3
四、塑料基本性能	4
第二节 泡沫塑料概述	5
一、泡沫塑料定义	5
二、泡沫塑料分类	5
三、泡沫塑料特性	6
第三节 泡沫塑料加工方法简介	7
一、挤出成型	8
二、注射成型	8
三、模压成型	11
四、浇铸成型	12
五、压延成型	12
第四节 泡沫塑料应用及进展	13
一、泡沫塑料应用	13
二、泡沫塑料进展	14
思考题	16
第二章 泡沫塑料用原材料	18
第一节 树脂	18
一、聚乙烯	18
二、聚丙烯	20
三、聚氯乙烯	23

四、聚苯乙烯	24
五、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	26
六、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	27
七、聚氨酯	28
八、酚醛树脂	29
九、脲醛树脂	30
十、环氧树脂	31
十一、不饱和聚酯	32
十二、聚四氟乙烯	32
第二节 助剂	33
一、发泡剂	33
二、增塑剂	34
三、稳定剂	36
四、润滑剂	39
五、阻燃剂	40
六、交联剂	40
七、填充剂	42
八、着色剂	43
九、成核剂	46
思考题	46
第三章 泡沫塑料发泡方法及成型原理	47
第一节 泡沫塑料发泡方法	47
一、物理发泡法	47
二、化学发泡法	48
三、机械发泡法	48
第二节 泡沫塑料成型原理	49
一、气泡核的形成	49
二、气泡的增长	50
三、气泡的稳定	51
四、热固性泡沫塑料的固化定型过程	52
第三节 影响泡沫塑料性能的因素	53

一、加工因素	53
二、泡孔尺寸	53
三、泡孔结构	54
四、发泡倍率	54
第四节 各种泡沫塑料的成型原理	54
一、微孔泡沫体	54
二、结构泡沫体	55
三、交联泡沫体	56
四、合成泡沫体	57
思考题	58
第四章 聚苯乙烯泡沫塑料	59
第一节 聚苯乙烯泡沫塑料发泡方法	59
一、可发性珠粒发泡法	59
二、直接加入低沸点液体挤出发泡法	67
三、自由与可控发泡方法	68
第二节 聚苯乙烯泡沫塑料成型方法	72
一、聚苯乙烯泡沫塑料模压成型	72
二、可发性珠粒模压成型	75
三、聚苯乙烯泡沫塑料挤出成型	82
第三节 聚苯乙烯泡沫塑料典型制品生产	88
一、聚苯乙烯泡沫塑料在建筑上的应用	88
二、聚苯乙烯泡沫包装垫块	108
三、聚苯乙烯泡沫浮材	109
四、可发性聚苯乙烯泡沫层合板	110
五、可降解发泡餐具	111
思考题	115
第五章 聚氨酯泡沫塑料	116
第一节 聚氨酯泡沫塑料成型原理	117
一、原料	117
二、发泡原理	119
三、发泡成型方法	121

第二节 软质聚氨酯泡沫塑料成型	131
一、块状发泡成型	131
二、模塑发泡成型	137
第三节 硬质聚氨酯泡沫塑料成型	141
一、浇铸成型	141
二、喷涂成型	145
三、低密度硬质聚氨酯泡沫塑料成型	154
四、高强度聚氨酯结构泡沫塑料成型	155
五、硬质聚氨酯-异氰脲酸酯泡沫塑料成型	156
六、生产中安全技术措施	158
第四节 聚氨酯泡沫塑料典型制品生产	159
一、聚氨酯泡沫保温管在保温管道中的应用	159
二、聚氨酯泡沫塑料在建筑上的应用	165
三、聚氨酯泡沫塑料垫	169
四、聚氨酯合成革	174
五、聚氨酯地面铺装材料	176
思考题	181
第六章 聚乙烯泡沫塑料	182
第一节 聚乙烯交联发泡原理	183
一、聚乙烯加工过程特点	183
二、聚乙烯交联发泡方法	184
第二节 聚乙烯泡沫塑料成型方法	186
一、挤出法	186
二、模压法	187
三、其他成型方法	188
第三节 聚乙烯泡沫塑料典型制品生产	190
一、聚乙烯管状吹塑发泡膜	190
二、挤出高发泡片材	194
三、高密度聚乙烯发泡板材	201
四、聚乙烯泡沫天花板	204
五、聚乙烯泡沫救生衣芯材	207

六、聚乙烯挤出发泡网	211
思考题	217
第七章 聚氯乙烯泡沫塑料	218
第一节 聚氯乙烯泡沫塑料发泡方法	218
一、软质聚氯乙烯泡沫塑料发泡方法	218
二、硬质聚氯乙烯泡沫塑料发泡方法	221
第二节 聚氯乙烯泡沫塑料成型方法	224
一、模压成型	224
二、注射成型	226
三、压延成型	229
第三节 聚氯乙烯泡沫塑料典型制品生产	231
一、低发泡聚氯乙烯管材	231
二、聚氯乙烯芯层发泡复合管材	237
三、聚氯乙烯低发泡异型材	247
四、聚氯乙烯泡沫人造革	252
五、聚氯乙烯发泡塑料壁纸	263
思考题	272
第八章 热固性泡沫塑料	273
第一节 脲醛泡沫塑料	273
一、原料	273
二、生产过程	274
三、性能	281
四、应用	283
第二节 酚醛泡沫塑料	283
一、原料	284
二、生产过程	287
三、应用	298
四、开发前景	300
第三节 环氧泡沫塑料	301
一、原料	301
二、发泡方法	303

三、性能	306
四、应用	307
第四节 不饱和聚酯泡沫塑料	307
一、原料	308
二、生产过程	308
三、性能	309
四、应用	309
思考题	309
第九章 其他泡沫塑料	311
第一节 聚丙烯泡沫塑料	311
一、原料	311
二、发泡方法	312
三、生产工艺	314
四、性能及应用	318
第二节 乙烯-乙酸乙酯共聚物泡沫塑料	319
一、原料	320
二、配方	321
三、生产工艺	322
四、性能及应用	323
第三节 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物泡沫塑料	324
一、原料	324
二、生产工艺	324
三、性能及应用	326
第四节 聚乙烯醇缩甲醛泡沫塑料	326
一、原料	327
二、发泡机理	327
三、生产工艺	327
四、性能及应用	329
第五节 聚四氟乙烯泡沫塑料	330
一、原料	330
二、生产工艺	331

三、主要设备	332
四、性能及应用	333
第六节 其他泡沫塑料	333
一、有机硅泡沫塑料	333
二、聚酰亚胺泡沫塑料	335
三、聚苯并咪唑泡沫塑料	336
思考题	337
第十章 泡沫塑料表面处理及回收利用	338
第一节 泡沫塑料表面处理	338
一、表面处理	339
二、涂料分类与选择	341
三、涂饰方法	343
四、涂层的固化与干燥	346
五、涂饰举例	347
第二节 泡沫塑料边角料的回收利用	349
一、物理回收方法	350
二、化学回收方法	352
思考题	356
附录 常用塑料品种特征辨别	357
参考文献	359

第一章 绪 论

第一节 塑料概述

一、基本概念

聚合物指相互连接的一种或一种以上原子或原子团（结构单元）的多次重复，其相对分子质量达到了足以使整体性能不随加入或除去几个结构单元而明显改变。由于聚合物是组成和结构相同的结构单元通过共价键多次重复连接而形成，因此相对分子质量大，但组成并不复杂。

高分子（大分子）指相对分子质量很高的有机分子或无机分子。有很多高分子链所组成的化合物称为高分子化合物，也称聚合物或高聚物。

聚合反应指单体或单体混合物转变成聚合物的过程。单体是指能提供一个或一个以上结构单元的分子组成的化合物。聚合反应按反应机理的不同，主要分为加聚反应和缩聚反应两大类反应。

① 加聚反应是按重复加成过程进行的聚合反应，反应特点是重复加成过程中无水或其他小分子生成。

② 缩聚反应是按重复缩聚过程进行的缩聚反应，反应特点是反应过程有小分子产生。

树脂指相对分子质量较高，呈现半固态、固态或假固态，有时也可以是液态的有机物质。无固定熔点，但有软化或熔融范围，在应力作用下有流动趋向。不导电，受热变软，并逐渐软化、熔化。大多数不溶于水，可溶于有机溶剂，是作为塑料的基础性材料。

聚合物分子链是由无数个小分子彼此之间连接在一起形成聚合物大分子的结构，聚合物分子链结构可以分为线型、支链型和体型三种结构。

① 线型聚合物是链节相互连接成分子链无分支的聚合物。

② 支链型聚合物是分子链上带有分支的聚合物。

③ 体型聚合物是分子链之间的共价键形成三维结构的聚合物。线型带支链的长链，大多呈卷曲的不规则的线团状，如聚乙烯、聚苯乙烯、尼龙等。

在通常情况下，物体有三种聚集状态，即固态、液态和气态。聚合物相对分子质量很大，在加热聚合物固体时，会出现固态转变为液态的变化，因聚合物汽化温度太高，在未达到汽化温度之前，高分子链已经发生分解。

常见线型聚合物在不同温度下经历三种物理力学状态，即玻璃态、高弹态、黏流态。

① 玻璃态。由于温度较低，大分子链段处于被冻结状态，这时聚合物受到外力后，变形量很小，表现出坚硬像小分子的玻璃一样的物理状态，故称为玻璃态。

② 高弹态。随着温度的升高，此时，大分子链还不能移动，只有长链中链段的运动所引起的物理性能的变化，聚合物的高弹性来源于链段运动。此时，聚合物材料受到外力拉伸时，大分子链可以通过链段运动来适应外力的作用，使分子链从卷曲状态被拉伸，外力解除后被拉直的分子链又可以恢复到卷曲状态，表现出很好的弹性，故称为高弹态。

③ 黏流态。温度上升至黏流化温度时，聚合物具有使整个大分子移动的能量，在外力作用下，分子链间产生滑动呈现黏性流动，此时聚合物的变形很大，且变形不能恢复。这种变形量很大，变形不可逆的力学现象称为塑性变形。聚合物处于黏性流动的力学状态称为黏流态。

二、塑料定义和组成

塑料是以树脂为基本成分，在一定的温度和压力下，在加工

过程中可塑制成一定的形状，并在常温下能保持既定形状的材料。

树脂是塑料最基本的，也是最重要的成分。树脂有天然树脂和合成树脂之分，天然树脂如松香、虫胶等；合成树脂如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等。助剂可改善塑料的加工性能和使用性能，有增塑剂、稳定剂、发泡剂、润滑剂、填充剂、着色剂等。

三、塑料分类

塑料种类很多，约有 300 多种，而常用的塑料约有 40 余种，分类方法有很多，一般根据塑料的受热行为，分为热塑性塑料和热固性塑料。

1. 热塑性塑料

热塑性塑料是指在一定温度范围内能反复加热软化至熔融流动，冷却后又能固化成一定形状的塑料。

① 典型品种。聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛等。

② 特点。这类塑料有较好的物理力学性能，容易成型加工，在品种和产量上发展很快。不足是除少数制品外，一般耐热性和刚性都较差。也有一些热塑性塑料，如氟塑料、聚酰亚胺等，具有耐腐蚀、耐高温、高绝缘性、低摩擦系数等优异性能。

2. 热固性塑料

热固性塑料是指树脂在加热过程中发生化学反应，由线型高分子变成体型高分子结构，此后遇热不再熔融，也不溶于有机溶剂的塑料。如果加热温度过高只能炭化。

① 典型品种。酚醛塑料、脲醛塑料、不饱和聚酯、环氧树脂和氨基塑料等。

② 特点。耐热性高、尺寸稳定性好、价廉，但本身的力学性能较差，需进行增强，如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。

塑料还以用途的不同，分为通用塑料和工程塑料。

① 通用塑料是塑料中产量最大的一种，约占总产量的 80%

以上，其中聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料、氨基塑料等产量较大，它们的特点是产量高、价格低、用途广。

② 工程塑料是具有相当强度、刚度，能在较高温度下工作，适于在工程上做结构材料应用。其中聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS等产量较大。

四、塑料基本性能

① 质轻、比强度高。一般塑料的密度都在 $900 \sim 2300 \text{ kg/m}^3$ 之间，只有钢铁的 $1/4 \sim 1/8$ 、铝的 $1/2$ 左右，而泡沫塑料的密度更低，约在 $10 \sim 500 \text{ kg/m}^3$ 之间。按单位质量计算的强度称作比强度，有些增强塑料的比强度接近甚至超过金属材料。

② 优异的电绝缘性。几乎所有的塑料都具有优异的电绝缘性，一般的塑料电阻率可达 $10^{14} \sim 10^{16} \Omega$ ，耐电弧性达 $50 \sim 200 \text{ s}$ ，可制作各种电绝缘材料。

③ 优良的化学稳定性。一般塑料对酸碱等化学药品均有良好的耐腐蚀能力，特别是聚四氟乙烯的耐化学腐蚀性能比黄金还要好。

④ 绝大多数塑料的摩擦系数小、耐磨性好，具有消音和减震作用。许多由工程塑料制造的耐磨零件（如齿轮、轴承等）就是利用塑料的这些特性。

⑤ 透光和防护性能。多数塑料都可制成透明和半透明制品，其中聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯等的透光率可达 $88\% \sim 92\%$ ，接近于玻璃，可制造各种透光材料。塑料具有多种防护性能，常用作各种包装材料，如塑料薄膜、容器、周转箱等。

⑥ 成型加工容易。塑料制品成型加工容易，制品品种繁多。可制得像钢铁一样坚硬，像玉石一样洁白、晶莹，像海绵一样柔软轻盈，像玻璃一样透明的各种塑料制品。

然而，塑料也有不足之处。如耐热性较低，蠕变值较大，导热性能比较差，在日光、大气、长期机械力和某些介质的作用下会发

生老化现象。塑料的这些缺点，可以通过添加助剂和其他方法得到改善。

塑料具有一些特有的加工性质，如良好的可模塑性、可挤压性、可延展性、可纺性等。这些加工特性为塑料提供了适于多种多样的成型技术，这也是使塑料得到广泛应用的重要原因。

① 可挤压性是指聚合物通过挤压作用变形时获得形状和保持形状的能力。通常情况下聚合物在固体状态下不能直接挤压而成型，只有当聚合物处于黏流态时才能通过挤压而得到形变。利用这一特性可实施挤出成型等成型方法。

② 可模塑性是指材料在一定温度和压力下产生变形和在模具中模制成型的能力。具有可模塑性的材料可通过注塑、模压和挤出等成型方法制成各种形状的模塑制品。

③ 可延展性是指无定形和半结晶聚合物在一个方向或两个方向上受到压延或拉伸的能力。利用聚合物的延展性，可通过压延或拉伸工艺生产薄膜、片材和纤维等多种产品。

第二节 泡沫塑料概述

一、泡沫塑料定义

泡沫塑料是以树脂为基础制成的内部含有无数微小泡孔的塑料制品，又称为微孔塑料或多孔塑料。现代技术几乎能把所有的热固性和热塑性树脂加工成泡沫塑料。主要品种有聚苯乙烯、聚乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯、酚醛、脲醛等泡沫塑料。

二、泡沫塑料分类

泡沫塑料的分类方法较多，常见的有三种分类方法。

(1) 按硬度分类 可分为软质、硬质和半硬质三类。在 23℃ 和 50% 的相对湿度下，各类泡沫塑料的弹性模量如下。

软质泡沫塑料	弹性模量小于 70MPa
硬质泡沫塑料	弹性模量大于 700MPa
半硬质泡沫塑料	弹性模量 70~700MPa