

PLASTIC

塑料异型材生产技术 与应用实例

赵义平 等编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

塑料异型材生产技术 与应用实例

赵义平 等编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料异型材生产技术与应用实例/赵义平等编著.

北京: 化学工业出版社, 2006.2

ISBN 7-5025-8234-7

I. 塑… II. 赵… III. 塑料型材-生产工艺

IV. TQ320.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007656 号

塑料异型材生产技术与应用实例

赵义平 等编著

责任编辑: 白艳云 王向民

文字编辑: 林 丹

责任校对: 李 林

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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 17½ 字数 478 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8234-7

定 价: 39.00 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

内 容 提 要

塑料异型材的生产和应用是一个涉及诸多学科的综合技术,本着服务于塑料异型材生产技术人员的目的,本书分五章介绍了塑料异型材的发展现状、所用原材料与配方、生产设备及装置、生产工艺以及制品的应用等几个方面的内容。本书注重理论与实践相结合,力求包括塑料异型材生产和应用的主要方面,各章节之间内容相互独立又相互联系、交叉渗透。

本书适用于从事塑料制品生产加工及应用的工程技术人员及相关专业大专院校师生使用。

前 言

塑料异型材的应用近年来风靡全球，覆盖建筑、汽车、电器、机械、包装以及其他一些领域，而且应用领域还在不断地拓宽，尤其在建筑门窗行业中，普及率与日俱增。塑料异型材的生产是一个涉及诸多学科的综合性的技术，包括机械设备、模具、原材料、加工工艺等方面，十分复杂。

目前，塑料异型材生产与应用技术已基本成熟，产品品种规格也比较齐全。本书本着服务于塑料异型材生产技术人员的目的，将理论与生产实践相结合，主要介绍了塑料异型材的发展现状、所用原材料与配方、生产设备及装置、生产工艺以及制品的应用等几方面内容。全书共分五章，力求包括塑料异型材生产和应用的主要方面，各章节之间内容相互独立又相互联系、交叉渗透，读者可选择阅读。第1~4章由天津工业大学赵义平编写，第5章由天津科技大学张威媛编写。

本书编写过程中引用了一些已经出版的相关专业书籍、专业杂志等珍贵参考资料，均已列入本书最后的参考文献，在此表示深切的谢意。由于水平和经验的限制，尽管编者尽了最大努力，本书中难免存在不当之处，敬请读者指正。

本书编写过程中得到了天津工业大学陈莉教授、赵家森教授，天津科技大学李树、邬素华副教授以及王华山等老师的大力支持，在此表示衷心的感谢。另外，对董晶博士、王闻宇博士以及研究生韩永良、李世康、张玉欣、王作嘉等同学在本书书稿校对与排版中所付出的辛勤劳动表示感谢。

编著者

2006年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 塑料异型材的发展与现状	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 塑料异型材的性能特点	4
1.1.3 塑料异型材的发展历史	5
1.1.4 塑料异型材生产及应用现状	8
1.2 塑料异型材的发展趋势	11
1.3 塑料异型材的生产过程与设备简介	13
1.3.1 塑料异型材的生产过程	13
1.3.2 塑料异型材生产线的组成	15
1.3.3 塑料异型材生产工艺控制	19
1.4 塑料异型材原材料简介	23
第 2 章 塑料异型材用原料与配方	25
2.1 塑料异型材原料树脂	26
2.1.1 聚氯乙烯树脂	26
2.1.2 聚乙烯	35
2.1.3 聚丙烯	39
2.1.4 ABS 树脂	41
2.1.5 橡胶	42
2.1.6 聚氨酯弹性体	49
2.2 塑料异型材助剂	51
2.2.1 稳定剂	52
2.2.2 增塑剂	67
2.2.3 润滑剂	71

2.2.4	填充剂	74
2.2.5	其他助剂	85
2.3	塑料异型材配方设计	97
2.3.1	塑料异型材配方选材	97
2.3.2	塑料异型材配方设计的原则	100
2.3.3	塑料异型材配方设计过程	100
2.3.4	塑料异型材配方实例	107
第3章	塑料异型材挤出设备及装置	120
3.1	挤出机	121
3.1.1	挤出机的分类	121
3.1.2	单螺杆挤出机	134
3.1.3	双螺杆挤出机	166
3.2	塑料异型材机头	175
3.2.1	塑料异型材机头的分类及组成	176
3.2.2	挤出异型材机头的设计原则	177
3.2.3	挤出异型材机头的主要设计参数	181
3.2.4	挤出压力和流量的关系	189
3.2.5	挤出异型材机头	190
3.2.6	机头主要零部件材料	193
3.2.7	对机头加工装配要求	195
3.3	定型装置	197
3.3.1	异型材定型方法	197
3.3.2	冷却定型装置的组成	202
3.3.3	冷却定型装置的类型	204
3.3.4	冷却定型的控制因素	206
3.3.5	定型模的设计	208
3.4	牵引及切割装置	209
3.4.1	牵引装置	209
3.4.2	切割装置	212
3.5	异型材挤出生产辅助装置	214
3.5.1	挤出前物料处理装置	215

3.5.2	挤出后制品处理装置	225
3.5.3	生产条件控制装置	226
3.6	生产操作和维护保养	232
3.6.1	开车前的准备	233
3.6.2	开机	233
3.6.3	停车	238
3.6.4	机器的维护保养	238
3.7	塑料异型材挤出设备进展	241
3.7.1	挤出主机的发展	241
3.7.2	挤出模具的发展	242
3.7.3	挤出辅机的发展	244
3.7.4	其他	245
第4章	塑料异型材挤出成型工艺	247
4.1	异型材的生产工艺	247
4.1.1	塑料异型材的种类	248
4.1.2	挤出异型材截面设计	251
4.1.3	挤出异型材的配方设计	270
4.1.4	物料的混合	272
4.1.5	造粒	280
4.1.6	挤出成型	286
4.1.7	冷却定型方法和牵引	289
4.1.8	挤出成型工艺控制	292
4.1.9	异型材的质量标准	304
4.2	聚氯乙烯异型材的生产	308
4.2.1	聚氯乙烯异型材原料组成	308
4.2.2	生产设备	309
4.2.3	生产工艺流程	311
4.2.4	生产中异常现象原因分析及解决方法	312
4.3	实心异型材	313
4.3.1	生产过程及设备	314
4.3.2	生产工艺	315

4.3.3 HDPE 实心异型材生产中的异常现象原因分析及解决方法	316
4.4 低发泡异型材的挤出	317
4.4.1 低发泡异型材原料组成	318
4.4.2 发泡机理和方法	324
4.4.3 生产设备	332
4.4.4 低发泡异型材挤出的生产过程	341
4.4.5 低发泡异型材生产工艺参数控制	344
4.5 共挤出异型材	350
4.5.1 共挤出技术概述	350
4.5.2 共挤异型材的原料组成	359
4.5.3 共挤异型材的生产设备及生产过程	360
4.5.4 共挤出工艺参数	368
4.6 与非塑料材料复合的异型材	372
4.6.1 与非塑料材料复合异型材的原料组成	372
4.6.2 生产工艺过程	376
4.7 特殊异型材	384
4.7.1 塑料波纹管	384
4.7.2 塑料螺旋管	395
4.7.3 塑料瓦楞板	399
4.7.4 多色异型材	402
4.7.5 塑料挤出网	407
4.7.6 塑料挤出发泡网	415
第5章 塑料异型材的应用	419
5.1 用于建筑工业的塑料异型材	419
5.1.1 塑料门窗异型材	420
5.1.2 室内装饰异型材	487
5.1.3 室外装饰异型材	506
5.1.4 建筑护栏	512
5.1.5 塑料家具	515
5.1.6 塑料异型材其他建筑用途	519

5.2 用于汽车工业中的异型材制品	519
5.2.1 汽车塑料配件应用概述	519
5.2.2 汽车塑料配件的种类	520
5.2.3 车用异型材的特点	532
5.2.4 车用塑料异型材制品的发展前景	533
5.3 电器工业中的异型材制品	533
5.3.1 塑料的电绝缘性能	533
5.3.2 电器工业中的异型材制品	534
5.4 包装工业中的异型材制品	536
5.4.1 塑料的包装性能指标	537
5.4.2 包装用塑料异型材制品实例	538
5.4.3 包装用塑料异型材制品的发展	544
参考文献	545

第 1 章 绪 论

1.1 塑料异型材的发展与现状

1.1.1 概述

许多聚合物可以通过挤出成型工艺制成横向截面为非圆形、环形等常规形状的各种复杂形状连续型体，通常称这种连续型材为塑料异型材。塑料异型材可以通过塑料挤出机由挤出成型工艺生产，其制品具有外观色泽鲜艳、光亮平滑，不需要油漆涂饰，耐腐蚀等特点，可以通过改变挤出机头的截面形状，生产出多种截面形状复杂的异型材制品。

近年来，塑料异型材在建筑、家具、电器、汽车等领域得到了广泛的应用，尤其在建筑业中用途最广占第一位，可用作塑料门窗框、门板、楼梯扶手、壁材、隔墙、屏风、线槽、地板条、密封条等建筑材料。另外，塑料异型材还可用于塑料家具、汽车装饰材料、包装材料和电器制品等。根据用途的不同，塑料异型材可选用软硬质聚氯乙烯、ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物）、聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚苯醚（PPO）以及橡胶或橡塑并用料等作为原材料，其中以聚氯乙烯的应用最为普遍，且用量最大。

由于塑料异型材用途极其广泛，不同的用途对应不同类型的型材，因此很难给塑料异型材具体分类。常见塑料异型材截面形状种类繁多，从简单的密封条到复杂的门窗型材，形状千差万别。一般根据异型材制品的截面形状将其归纳为 6 种基本类型，如图 1-1 所示，即异型管材（a）、中空异型材（b）、阻塞式异型材（c）、开放式异型材（d）、复合型材（e）、芯层型材（f）等。除此之外，从材质密实情况考虑还有实心异型材。

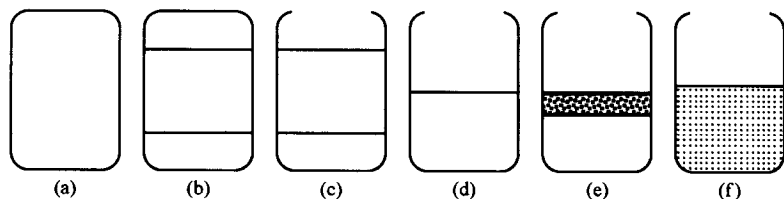


图 1-1 异型材截面的基本类型

异型管材如图 1-1 (a) 所示。此类型材一般各处壁厚相同，不存在锐角和筋。由薄壁圆形管模挤出的熔融管材，以真空定型方法成型为所需形状的制品。

中空异型材如图 1-1 (b) 所示。指截面是封闭的中空形状，由一个或几个中空室组成的型材。一般型材不同部位可以具有不同的壁厚，大多具有拐角和筋。目前，塑料门窗所用的异型材多属于此类。

隔塞式型材如图 1-1 (c) 所示，又称带空腔的型材，它一般被看成是一类特殊的中空型材。此类型材带有封闭和敞开的空腔，有些内部带有加强筋，与中空型材一样，其壁厚大多是不均匀的。隔塞式型材是数量和种类最多，用途最广的中空异型材。

开放式型材如图 1-1 (d) 所示，又称敞口异型材。这种型材没有封闭的空腔，形状和壁厚复杂多样，可以具有所有可能的外形和截面，它是异型材中最基本的制品。

复合型材如图 1-1 (e) 所示，也称为部分和多元型材，可包括上面所述的全部外形。可以由相同材料、不同颜色的单个组分组成；或由相同材料、不同硬度的单个组分组成；或由能均匀复合的同种材料所组成；或由不同组分材料组成；当然也可以是以上几种不同部分的复合体。复合异型材难以明确地进行分类，习惯上分为拼合异型材和镶嵌异型材两类。拼合异型材可以是相同材质不同颜色或软质和硬质复合共挤出，或者是不同材质复合共挤出的制品。此外，表面以铝轮压花和印刷压花的片材也属于拼合异型材。镶嵌异型材则是采用所谓包覆成型的方法制得的制品。一般是将塑

料包覆在钢丝、钢管、纤维、金属型材或木材等非塑料材料上，以弥补塑料强度不足的缺陷，达到充分利用两种材料优点的目的。

芯层型材如图 1-1 (f) 所示，芯层型材可以是中空型材或开放式型材，所不同的是可以有不同种材料的芯层（如金属和木材），其制造过程的基础是全部或部分包覆芯层。

除上述 6 种基本类型异型材外，还有一种实心异型材，它是一种实心坯料，其中有圆棒（包括超厚壁中空棒）、方棒和厚壁异型材等挤出制品，大多用作切削坯料。

上述种类的塑料异型材大多采用挤出工艺生产，生产过程包括异型材截面设计、配方设计、物料混合、挤出、冷却定型等一系列过程。生产过程中，物料的正确选择与搭配，成型工艺的正确选择与工艺参数的合理控制，都是获得合格制品的必要保障措施。对塑料门窗异型材生产过程而言，如果硬质聚氯乙烯（PVC-U）与各种助剂配合不当，挤出机及挤出工艺参数的控制不合理，生产出的型材质量就必然低下，这样的型材用于建筑工业中是非常危险的。另外，门窗型材在门窗加工过程中的下料、组装等工序，也会直接影响到最终制品的质量。

塑料异型材尽管种类繁多，但不管何种截面形状，塑料异型材的截面应尽可能的简单而且厚薄均匀，应在短时间内成型为所需的形状，并使定型工作容易进行。如果局部壁厚较厚，容易造成壁厚部分不但难以冷却，而且熔料的流速不均匀，因其很难通过修正机头得到调整，以致影响制品的质量。所以，异型材设计中最重要原则是使各部分壁厚尽可能均匀。如对中空异型材而言，内部要尽量避免加强筋及凸起部分。因为异型材的冷却是由外向内进行的，这些凸起部位比其他部位更难冷却，同时在异型材尖角处易产生滞流，导致流速不均和出现应力集中，故型材截面的变化一般以平滑过渡为好。实际产品设计中转角处的最小半径 R 控制在 0.4mm 左右，硬质物料的转角 R 最小应在 0.4mm 以上。

诸如此类问题，在异型材的生产和应用中还有很多，因此，从设计到工艺以至型材后加工等多方面对异型材的生产和应用加以全

面的了解是非常必要的，这也正是本书的基本出发点。

1.1.2 塑料异型材的性能特点

塑料异型材自诞生以来得到了快速的发展和应用，尤其近年来在建筑门窗领域的应用非常广泛，这一切与其独特的性能特点是分不开的。塑料异型材的主要特点如下。

① 轻质 塑料异型材的密度在 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以下，个别的甚至只有 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ 。因此，其轻质的特点使其在建筑、汽车等领域的应用具有突出的优势。

② 环保 塑料产品具有可回收再利用的特点，对于减少资源消耗具有重要的现实意义，是国家提倡的节能环保材料，符合当今世界发展潮流。

③ 节能 塑料异型材不但生产能耗低，为钢材的 $1/5$ 、铝材的 $1/8$ ，而且绝热性、气密性、水密性、隔音性等极佳。因此，在当今全球能源危机问题日益突出的今天，合理使用塑料异型材显得尤为重要，塑料门窗的飞速发展普及正说明了这一点。

④ 美观、耐用 塑料异型材与铝型材相比，具有色彩丰富、表面形式多样的优点。塑料异型材颜色可以做成任意单色或复色，便于设计师们追求内饰色彩的谐调统一；表面可以做成皮纹或软质发泡等复合形式，既保持了结构的刚性又具有良好的触感和豪华的外观。另外，塑料异型材本身的耐腐蚀特性使其具有防水耐油、历久如新的优点。例如用 PVC 异型材制造的门窗，安装后不需要任何维护也能使用 20~25 年。这些特点都是铝型材等其他型材所不能比拟的。

⑤ 成本低 塑料异型材密度小，单位质量的价格低于铝型材，且具有一定的弹性，因此与铝型材相比，减少了运输、堆放过程中因变形而产生的损耗；其次，塑料异型材从原材料配制到型材挤出具有连续化程度高、工效高和劳动强度低的特点；另外，塑料异型材在安装时多采用扣、粘等安装形式，因此施工简便快捷，大大降低了安装成本。

⑥ 开发周期短 塑料异型材从产品设计到样品生产，根据截

面的大小和复杂性的不同，一般只需 3~20 天的时间。而且，塑料异型材还可以进行二次加工，如采用焊装、热弯等工艺处理以满足使用过程中各种线型的需要。

随着人们对塑料异型材应用领域的不断拓宽以及研究的深入，其更多的优点也正逐渐展现在人类面前。目前，世界上已开发出的异型材制品所用的材料有硬质聚氯乙烯（PVC-U 或 RPVC）、聚乙烯、聚丙烯、ABS、聚氨酯硬质泡沫塑料、玻璃纤维增强塑料（玻璃钢）以及一些橡胶材料等。在众多异型材制品当中，以塑料门窗应用为最，而 PVC 门窗异型材在其中又占据了主导地位，约为塑料门窗总量的 90% 以上。本书各章节的介绍将围绕 PVC 门窗异型材的生产和加工的主要内容展开。

1.1.3 塑料异型材的发展历史

塑料异型材的发展与应用可谓是欧美争雄。最早出现的塑料异型材是 PVC-U 塑料门窗，它是 20 世纪 50 年代中期由联邦德国首先开发成功的。1955 年德国诺彼尔（Dynamit Nobel）公司生产出了 PVC 窗框异型材，赫斯特（Hoechst）公司也成功研制了 PVC 窗框，并于 1959 年在联邦德国杜塞尔多夫举行的世界塑料展览会上，展出了他们的 PVC 塑料窗框样品，并从此开始安装试用。但由于当时人们对塑料窗认识不足，再加上没有专用的原材料及加工设备，致使塑料窗的发展经历了一段艰难的历程。直至 20 世纪 70 年代以后，由于节能的需要，联邦德国政府才对塑料窗的发展给予了强有力的经济支持。其中在 1977~1982 年间，政府资助建筑业共 53 亿马克，其中 90% 用于发展塑料窗，并出台了一系列推广使用塑料窗的优惠政策。在这种经济 and 政策的推动下，德国的塑料门窗工业得到了迅速发展，使其成为世界上开发最早、发展速度最快、使用量最大的国家。

总结欧洲塑料门窗的发展，大体经历了如下四个阶段。①用塑料外包覆钢架或木框，实际上只起到了对芯材的防腐蚀作用。②用 PVC 混合料挤出单腔室异型材制造的塑料窗，这种窗承受风压的能力和耐热变形性能都存在一定问题。③挤出的 PVC-U 异型材

(内有塑料加强筋)为多腔室异型材,虽然其耐热变形性得到提高,但当承受较强的风压时仍存在一定问题,只能用作小面积的窗体。
④挤出的多腔室 PVC-U 异型材内衬金属加强筋制成的整体窗,即目前各国通用的塑料窗。

第四代塑料窗的开发成功,解决了 PVC-U 塑料门窗生产的一系列技术和工艺问题。此后,相继出台了异型材生产技术标准、安装施工技术规范;异型材生产有了专用原料和专用生产设备;异型材制品小五金等配件不断改进完善;安装施工有了专用工具等。塑料门窗逐渐得到了人们的认可和欢迎。目前,塑料门窗在德国已形成了规模巨大、标准完善、技术成熟、高度发达的现代化产业。

意大利也是塑料门窗技术开发的先驱者,1956 年开始研制塑料卷帘百叶窗,1960 年开始制造塑料窗框异型材,其发展速度和技术水平仅次于联邦德国,欧洲居第二。但由于意大利是欧洲的文明古国,人们崇尚传统艺术,仍钟情于使用传统的木质门窗,因而塑料门窗在意大利的使用并不普遍,用量有限,主要是一些公共设施使用塑料门窗,而家庭的使用则主要用于旧门窗的更换。

英国是塑料窗开发和使用的后起之秀,虽然起步较晚,但由于气候条件、能源费用上涨等原因,使其在 20 世纪 80 年代中期后有了迅速发展,现已成为欧洲塑料门窗第二大生产国和使用国。与此同时,随着人们对塑料窗认识的加深,在法国、奥地利、比利时、西班牙、瑞士等国,塑料门窗也得到了开发和应用。

塑料门窗因其有独特的节能、隔音、隔热和防腐的优点,在欧洲迅速推广应用。随之,塑料门窗工艺技术和产品性能得到不断地改进和提高。与此相适应,塑料异型材挤出机、挤出模具、混合设备、门窗组装设备也应运而生,不断发展。同时,为塑料门窗配套的五金件、密封件、紧固件等产品的生产也获得长足进步。塑料门窗产品标准和配套标准相继制订、发布和实施,由此以联邦德国、奥地利为首的欧洲塑料门窗形成了一个完整的体系。20 世纪 80 年代我国所引进的制造塑料门窗的设备和技术几乎全是欧洲体系,较有代表性的公司有奥地利的 Actual、Greiner、Cincinnati Mila-

cron, 联邦德国的 Krauss-Maffei 和意大利的 Amut 等。

美国的塑料门窗早期生产技术是从联邦德国和意大利引进的, 20 世纪 80 年代开始得到了迅速发展, 90 年代后发展更快, 现已成为世界塑料门窗生产和应用大国。同时加拿大和北美诸多国家也相继开始推广使用塑料门窗, 目前加拿大塑料窗使用的比例已高达 40% 以上。

美国生产的塑料门窗, 因其独特的型材和窗型特点与美国的风土人情相呼应, 已自成一个体系, 被称为美式塑料门窗。目前, 欧式门窗和美式塑料门窗, 各有千秋, 平分天下。

在亚洲, 日本出于保温节能的需要, 在 20 世纪 60 年代末开始试制塑料门窗。韩国的塑料门窗发展较晚, 只有十几年的历史。我国在 1980 年由国家科委将塑料门窗研制开发列入了国家“六五”科技攻关项目, 并由原化工部北京化工研究院具体实施。从那时起至今我国塑料门窗从研制、开发到生产应用已走过了 20 多年的奋斗历程。追溯我国开发塑料门窗产品的根源主要有以下三点。

首先, 20 世纪 70 年代末至 80 年代初期, 我国 PVC 原料大量积压, 价格很低 (当时的市场价格仅为 1980 元/t 左右), 主要原因是没有足够的产品来消耗, 因而当时急需开发、研制出可大量使用 PVC 原料的产品。所以, 经国内部分专家及技术人员赴国外考察和认真论证后, 选定了 PVC 门窗这一具有发展潜力的产品。

其次, 当时人们已开始具有环保意识, “以塑代钢、以塑代木”的口号就是当时提出来的, 作为新生的高科技产品, 塑料门窗异型材具有很强的生命力。

最后, 众所周知, 由于钢、木和铝门窗的保温、密封效果远不及塑钢门窗, 因而使用塑钢门窗可以大量节约能源, 符合国家大力提倡的节能号召, 因此开发塑钢门窗是大势所趋, 更符合当时我国发展战略的总体规划。

基于以上 3 点基本原因, 塑料门窗于 1980 年被正式列入了国家“六五”重大科技攻关项目, 并于 1989 年成立了塑料异型材及门窗制品专业委员会。从 1994 年起全国化学建材发展开始进入了