

塑料成型加工技术读本

塑料热成型

李泽青 编著

PLASTIC

20.66
5



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

塑料热成型

李泽青 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

塑料热成型/李泽青编著. —北京:化学工业出版社, 2005.5

(塑料成型加工技术读本)

ISBN 7-5025-7139-6

I. 塑… II. 李… III. 塑料成型: 热成型
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 051532 号

塑料成型加工技术读本

塑料热成型

李泽青 编著

责任编辑: 白艳云 李晓文 王苏平

文字编辑: 李 玥

责任校对: 凌亚男

封面设计: 潘 峰

化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮编 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

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6½ 字数 166 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7139-6

定 价: 15.00 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

本书就塑料热成型制品、设备及工艺等内容，作了较为深入和系统的阐述，提供了热成型制品常用原料的性能、设备的维修等原理和方法，并对热成型方法、原理及有关设计内容作了简要介绍。

在编写过程中，得到了有关领导和朋友的关怀和支持，并参阅了大量的科技参考用书，保证了编写工作的顺利进行。再次对给予支持的领导和朋友，以及参考书目的作者表示衷心的感谢。

本书可作为各行业从事热成型制品生产的技术人员培训教材，也可供从事相关专业师生阅读参考。

由于水平有限，难免有不妥或错误之处，恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

2005 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
一、塑料的基本概念	1
二、热成型技术	6
思考题	11
第二章 热成型常用塑料及性能	12
第一节 塑料板（片）材的工艺性能	12
一、塑性记忆	12
二、热拉伸	12
三、热强度	12
四、成型温度	13
第二节 热成型常用塑料	13
一、聚氯乙烯	14
二、聚丙烯	16
三、聚乙烯	18
四、聚苯乙烯	20
五、ABS	22
六、聚酯	23
七、聚碳酸酯	25
八、聚甲基丙烯酸甲酯	27
九、聚酰胺	28
十、聚砜	29
十一、纤维素塑料	29
思考题	30
第三章 热成型的基本方法	31
第一节 模压成型	31

一、单阳模成型	31
二、单阴模成型	33
三、对模成型	33
四、复合模压成型	34
第二节 差压成型	34
一、真空成型	35
二、加压成型	38
三、变异方法	43
第三节 其他热成型	51
一、弯曲成型	51
二、卷筒成型	52
三、卷边和翻边成型	53
四、扩口成型	54
五、成波成型	55
六、热收缩管	56
思考题	57
第四章 热成型设备	58
第一节 基本工序	58
第二节 设备的组成及作用	59
一、夹持系统	59
二、加热系统	59
三、真空系统	63
四、压缩空气系统	63
五、冷却系统	64
六、脱模系统	64
七、控制系统	64
第三节 热成型机	65
一、按进料方式分类	65
二、按自动化程度分类	69
第四节 热成型模具	77
一、模具材料	78

二、模具类型的选择	79
三、模具制造工艺的要求	80
四、模具的冷却	81
五、型刃的设计	82
思考题	84
第五章 热成型工艺因素分析	85
第一节 影响热成型工艺的几个因素	85
一、加热	85
二、成型	88
三、模具温度	92
四、冷却脱模	93
五、塑料材料	93
第二节 成型工艺举例	94
一、部分塑料的热成型条件	94
二、制件缺陷及解决办法	100
思考题	103
第六章 典型制品的热成型工艺	104
第一节 聚丙烯热成型制品	104
一、聚丙烯热成型用板(片)材	104
二、聚丙烯板(片)材的生产	106
三、聚丙烯板(片)材的热成型	110
四、聚丙烯板(片)材热成型容器的发展和前景	113
第二节 聚氯乙烯热成型制品	114
一、聚氯乙烯板(片)材	114
二、聚氯乙烯板(片)材压延成型	115
三、聚氯乙烯挤出板(片)材	118
四、聚氯乙烯板(片)材的真空成型	120
五、聚氯乙烯塑料浮雕装饰制品成型机组及技术	120
第三节 聚苯乙烯热成型制品	122
一、聚苯乙烯挤出板(片)材	122
二、双向拉伸聚苯乙烯板(片)材热成型容器	124

三、发泡聚苯乙烯板(片)材热成型容器	128
四、高抗冲聚苯乙烯板(片)材热成型容器	131
第四节 ABS 热成型制品	133
一、ABS 板(片)材挤出工艺	133
二、电冰箱内胆热成型工艺	138
第五节 聚酯热成型制品	145
一、APET 热成型容器	145
二、其他 APET 板(片)材热成型制品	146
第六节 聚碳酸酯热成型	147
一、聚碳酸酯挤出板材	148
二、聚碳酸酯热成型	149
第七节 聚甲基丙烯酸甲酯热成型	150
一、聚甲基丙烯酸甲酯挤出板材	150
二、聚甲基丙烯酸甲酯热成型	150
第八节 多层复合材料热成型制品	153
一、开发多层复合制品的意义	153
二、多层复合制品的材料组成	156
三、共挤出多层复合板(片)材	160
思考题	164
第七章 热成型制品的设计与模具设计	165
第一节 热成型制品的设计	165
一、塑料材料的选择	165
二、热成型制品工艺类型的选择	168
三、塑料制件的设计	169
第二节 热成型模具设计	172
一、模具设计原则	172
二、真空成型模具设计	173
三、压缩空气成型模具设计	175
四、多模腔模具的设计	176
思考题	177
第八章 热成型设备的安全操作	178

第一节 塑料制品生产中安全问题	178
一、塑料制品生产中的不安全因素	178
二、产生工伤事故的原因	179
三、塑料机械使用中的安全用电	180
四、塑料机械安全装置及防护	181
五、塑料成型机械操纵和制动装置的安全要求	182
第二节 塑料成型机械的预测维修	182
一、监测和故障诊断的目的和方法	183
二、塑料成型机械的检修制度	184
第三节 热成型机的使用与维护	186
一、操作规程	186
二、常规维护保养	188
思考题	188
参考文献	190

第一章 绪 论

塑料材料是继木材、玻璃、金属、纸等材料之后的一支后起之秀。在人们的日常生活中，随处可见琳琅满目、各式各样的塑料制品。在工、农业生产以及医药卫生、交通运输、建筑、包装、装饰等各个领域，塑料制品所发挥的作用更是有目共睹。塑料制品的应用范围如此广泛，其发展的速度也令其他材料望尘莫及，这主要得益于其优良的加工性能和使用性能。下面就塑料的基本性能和有关成型技术等基本概念做一简要介绍。

一、塑料的基本概念

1. 塑料的分类和特性

塑料是以高分子量的合成树脂为主要成分，在一定外界条件（温度、压力）下，塑制成具有一定形状，并在常温下，保持形状不变的材料。它的组成除了高分子聚合物为主要成分外，还根据需要可能含有某些具有特定用途的助剂，如增塑剂、稳定剂、着色剂、润滑剂、填料等。聚乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯等塑料，它们就是单一的合成树脂，未添加任何辅助材料，被称为单组分塑料；有些塑料，如聚氯乙烯、酚醛树脂等，除合成树脂外，其中还添加了各种助剂，被称为多组分塑料。

塑料的种类有很多，约有 300 余种，而常用塑料约有几十种。塑料分类的方法也有很多，常用的有两种：一是按受热后性能的变化，分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。另一种是按用途不同，分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

热塑性塑料是在受热条件下，软化熔融，冷却后定型。这一过程可反复多次，而材料始终具有可塑性。这种材料的优点是有较好的物理力学性能，成型工艺简单，在品种和产量上发展迅

速。缺点是除少数品种外，一般耐热性和刚性都较差。属于这种类型塑料的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰胺等。

热固性塑料是指在成型前可溶可熔，在受热条件下，先行软化，然后内部发生化学变化，而经成型固化后，再次受热不再熔融，也不溶于有机溶剂，只能在高温下炭化。因此热固性塑料只能一次成型，并且成型复杂。这类塑料的优点是耐热性高、尺寸的稳定性好、价格低廉，但本身的力学性能较差，需要进行加强。如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。属于这种类型塑料有酚醛塑料、环氧树脂、氨基树脂等。

通用塑料是指常用塑料，其产量大、用途广、价格低廉。例如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料等。

工程塑料一般指机械强度高，可以代替金属用作工程材料的一类塑料。例如 ABS、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯等。

特种塑料指具有某一方面特殊性能的塑料。这类塑料有较高的耐热性、耐腐蚀性或其他特殊性能，也称功能塑料。例如氟塑料、有机硅塑料等。

塑料的主要特性如下。

① 质量轻、比强度高。塑料质轻，一般只有钢铁的 $1/8 \sim 1/4$ ，铝的 $1/2$ 左右。按单位质量计算的强度称为比强度，有些增强塑料的比强度接近甚至超过钢材。

② 介电性能优越。几乎所有的塑料都具有优异的电绝缘性能，可与陶瓷相媲美。

③ 化学稳定性能优良。一般塑料对酸碱等化学药品均有良好的耐腐蚀能力。

④ 具有良好的减震、耐磨及隔音性能。某些塑料柔韧而富有弹性，当它受到外界频繁的机械冲击和震动时，内部产生黏性内耗，将机械能变成热能，因此，工程上常用作减震消音材料。

⑤ 减摩、耐磨性能好。大多数塑料具有优良的减摩、耐磨和润滑性。利用这一特性，许多工程塑料可以制造成耐磨性零件。

2. 塑料的成型加工方法

随着塑料应用的日益广泛，产量的逐年增加，促进了塑料加工工业的发展，对塑料制品的规格和性能的要求也越来越高。各种规格不同的板、片、膜、管、棒、丝、网、各种容器、制件以及导热、导磁、感光、透光、高强度、耐高温、耐低温等性能都与成型方法有关。为了获得不同要求的塑料制品，就需要采用不同的成型方法。常用的塑料成型方法有挤出、注射、压延、模压、中空、热成型等。

挤出成型又称挤压成型或挤出模塑。它是通过塑料原料在挤出机中加热、加压呈流动状态，连续通过口模成型的方法。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、电线电缆被覆以及异型材等。配以其他设备，也可生产中空容器、复合材料等。它的主要特点是连续化生产，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。

注射成型又称注射模塑。它是将粒状或粉状的塑料原料从注射机的料斗送进加热的料筒，经加热熔化呈流动状态后，由柱塞或螺杆的推动而通过料筒端部的喷嘴并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。注射成型是目前塑料加工中最普遍采用的方法之一，适用于全部热塑性塑料和部分热固性塑料，其制品约占塑料制品总量的 20%~30%。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，这些制品主要是各种工业配件、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，尺寸精确；可以生产自动化、高速化，具有极高的经济效益。

压延成型是热塑性塑料主要成型方法之一，与挤出成型、注射

成型一起，合称为热塑性塑料的三大成型方法。压延成型是将熔融塑化的热塑性塑料置于做相向旋转的加热辊筒间挤压、剪切延展成一定厚度、一定宽度和粗糙度的膜状、片状物料，经冷却即可成膜状、片状制品。也可附以一定的基材，制得人造革、塑料墙壁纸等产品。适用于压延是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，一次投资高，维修复杂，制品宽度受辊筒长度限制，因此在连续板（片）材的生产方面不如挤出法发展的速度快。

模压成型又称压制成型，包括压缩模塑和层合（即层压）两种，是一种较古老的成型方法。压缩模塑是将粉状、粒状或纤维状物料放入成型温度下的模具型腔中，然后闭模加压，而使其成型并固化的方法。可用于热固性塑料和热塑性塑料，但主要用于热固性塑料。层合成型主要用于生产板材，可用于热固性塑料（一般加入纤维状填料），也可用于热塑性塑料。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、可马上投产、且收益显著；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，是制备高强度制件的有效方法。但该法生产效率低，制品精度低，劳动强度大，大都为手工操作等。故模压成型随着其他成型方法的发展和普及而逐步减少，但就其优缺点的综合分析来看，模压成型仍属一种不可缺少的成型方法。

中空吹塑是将挤出或注射成型所得的半熔融态管坯（型坯）置于各种形状的模具中，在管坯中通入压缩空气将其吹胀，使之紧贴于模腔壁上，在经冷却脱模得到中空制品。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。用于中空吹塑的塑料品种有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、线性聚酯、聚碳酸酯等。

热成型是利用热塑性塑料板、板（片）材作为原料来制造塑料制品的一种方法。成型时，先将板（片）材，固定于夹框上，并将

其加热到一定温度，而后凭借施加的压力使其贴近模具型面，因而取得与型面相仿的形样。成型后的板（片）材冷却后，即可从模具上取下，经适当修整即得制品。适应于热成型的塑料品种很多，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。制品的应用范围越来越大，已广泛用于工业、农业、食品、医药、电子等各个领域，尤其在包装行业得到更为迅速的发展。热成型工艺简单、设备投资少，模具制造方便。但制品结构不宜太复杂，且壁厚均匀度较差，边角废料多等。虽然如此，热成型仍属很有经济价值和实用价值的成型方法，其产品花色品种变化之快，没有哪种方法可与之匹敌。

总之，塑料制品的成型方法有很多，在这里就不一一赘述。本书将着重叙述与热成型有关的方法、材料、工艺及其设备等各种技术。

3. 塑料的应用

塑料已被广泛用于农业、工业、建筑、包装、国防尖端工业，以及人们日常生活等各个领域。

塑料制品在农业上的应用与发展，是上个世纪全球农业科技革命的重大成果之一。近5年来，我国农用塑料制品生产和农田应用已走在世界的前列。大量塑料被用于制造地膜、育秧薄膜和排灌管道、渔网、遮阳网、防虫网、塑料育苗容器，包括塑料钵体软盘、穴盘、护根钵及花盆等。此外，塑料网具、保鲜膜、农药械、食用菌代料栽培膜筒、泡沫塑料板材等塑料制品，也大量应用于农牧生产、农产品加工和水产养殖（捕捞）中。

电气和电子工业广泛使用塑料制作绝缘材料和封装材料；在机械工业中用塑料制成传动齿轮、轴承、轴瓦及许多零部件代替金属制品；在化学工业中用塑料作管道、各种容器及其他防腐材料；在建筑工业中作门窗、楼梯扶手、地板砖、天花板、隔热隔音板、壁纸、落水管件及坑管、装饰板和卫生洁具等。

在国防工业和尖端技术中，无论是常规武器，飞机、舰艇，还是火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船和原子能工业等，塑料都是不

可缺少的材料。

在人们的日常生活中，塑料的应用更为广泛，小到塑料凉鞋、拖鞋、雨衣、儿童玩具、牙刷、肥皂盒、热水瓶壳等；大到各种家用电器，如电视机、电冰箱、收录机、电风扇、洗衣机等方面都得到了广泛的应用。

此外，汽车塑料的应用不断增加是大势所趋。在现代车辆上，无论是外装饰件、内装饰件，还是功能与结构件，到处可以看到塑料制件的影子。外装饰件的应用特点是以塑代钢，减轻汽车自重，主要部件有保险杠、挡泥板、车轮罩、导流板等；内装饰件主要部件有仪表板、车门内板、副仪表板、杂物箱盖、座椅、后护板等；功能与结构件主要有油箱、散热器水室、空滤器罩、风扇叶片等。目前，工业发达国家汽车塑料的用量占塑料总消费量的5%~8%。美国在20世纪80年代初，每辆汽车使用塑料占车重的6.1%，90年代初增加了1倍；日本每辆车平均使用塑料100kg，占车重的12%；意大利车用塑料占车重的10%左右。1999年，北美轿车塑料平均单车用量就达116.5kg，2000年又增加到142kg，车用量最大的聚丙烯，更是以每年2.2%~2.8%的速度增长。

作为一种新型包装材料，塑料在包装领域中也获得了广泛的应用。例如各种中空容器、注射容器（周转箱、集装箱、桶等），热成型容器（饮料杯、食品盒、托盘等）、包装薄膜、编织带、瓦楞箱、泡沫塑料、捆扎绳和打包带等。

二、热成型技术

热成型技术即塑料板（片）材热成型加工技术，是塑料二次加工工艺中的一种。它不同于注塑、挤出等一次加工工艺，不是针对塑料树脂或颗粒进行加热模塑成型或通过口模同截面连续成型；也不是利用机床、刀具等机械加工手段，将一部分塑料材料切削下来，获得需要的形状、尺寸，而是针对塑料板（片）材，进行加热，利用模具、真空或压力使板（片）材变形，达到要求的形状和尺寸，辅以配套工序，实现应用目的。

1. 热成型的发展

热成型的工艺方法，是一种很早就有的成型方法，早在 19 世纪末就为人们所知晓，20 世纪 40 年代，开始了工业化生产。近三四十年来，由于作为原料的热塑性塑料板（片）材的种类日益繁多和热成型工艺设备的不断改进以及制品的应用范围越来越大等多方面的原因，热成型技术有了较大而迅速的发展，其工艺和设备也日趋完善。

随着生产技术的不断发展以及最大限度地提高经济效益的需要，热成型设备已逐渐摆脱了以前仅仅作为一种独立的塑料板（片）材成型体系，开始与其他生产设备相结合，组成满足特定需要的完整的生产线，从而进一步提高生产效率，降低最终产品的生产成本。在塑料板（片）材热成型设备的成套生产线中，应用地比较成功的有如下几种情况。

（1）由热成型设备与塑料板（片）材生产线相结合而组成的塑料容器高速高效生产线 这类生产线的特点是直接从粒料（或者粉状）原料制得塑料容器，省去了专业生产塑料板（片）材的中间环节。成型过程中产生的边料经粉碎后直接掺和到新料中回炉使用。这种生产线具有自动化程度高，劳动强度低；物料利用率高；节约能耗〔板（片）材经适度冷却，调整到某一最佳温度〕的优点。这类生产线的不足之处是对设备的维护保养要求很高，一旦挤出设备或热成型设备发生故障，整条生产线必须停机修理；其次此类生产线，为了实现板（片）材生产与热成型速度间的合理匹配，模具型腔必须较多且不宜经常停机换模，这类设备一般适用于大批量小规格的塑料制品的生产，而不适于中、小批量的塑料的制品的生产。

（2）由塑料板（片）材的热成型设备与包装设备组成的联动生产线 这类生产线通常是塑料板（片）材经热成型之后，连同边料进入灌装工位，在该处灌装、封盖，然后冲切，得到包装完好的商品。边料卷取后经过粉碎，送塑料厂回炉处理（或者成卷的边料直接送塑料厂回炉处理）。

这类生产线的特点是将塑料制品的生产与商品的包装有机的结合在一起，商品生产厂家不需从塑料制品厂购入热成型容器而代之