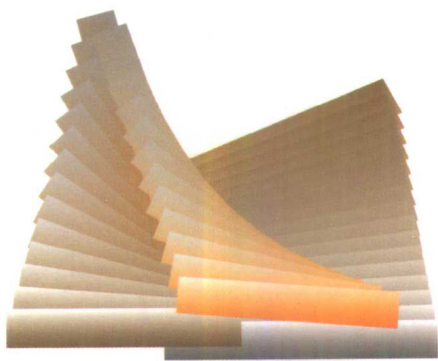


# 塑料橡胶片材 加工制品技术

■ M·A·舍列瑟夫 王兴天 编著



化学工业出版社

# 塑料橡胶片材加工制品技术

M·A·舍列瑟夫 编著  
王兴天

北京理工大学图书馆  
北京·五

# (京)新登字 039 号

## 图书在版编目 (CIP) 数据

塑料橡胶片材加工制品技术/M·A·舍列瑟夫,王兴天  
编著. —北京:化学工业出版社,1998.5  
ISBN 7-5025-2091-0

I. 塑… II. ①舍…②王… III. ①塑料板材-塑料制品-生产工艺②橡胶板材-加工 N. TQ320.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 00631 号

---

### 塑料橡胶片材加工制品技术

M·A·舍列瑟夫 编著  
王兴天

责任编辑: 龚浏澄 白艳云

责任校对: 王安达 麻雪丽

封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市密云云浩印制厂印刷

二河市东柳装订厂装订

\*

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 14 $\frac{1}{2}$  字数 322 千字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5025-2091-0/TQ·1031

定 价: 25.00 元

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

## 前 言

众所周知，随着世界高分子材料科学的发展，各种新型材料不断涌现，而且在各领域得到应用，塑料加工业也迅速发展。其中塑料板材、片材以及膜类的产量在整个塑料制品中占有很大的比重（约40%以上）。把塑料板材、片材、薄膜类和橡胶片材直接应用于国民经济各个领域，这仅是此类产品应用的一个方面，而另一方面是把塑料板材、片材、膜片和橡胶片材做为型坯，固定在模具上，通过热成型工艺和冷成型工艺的二次加工，成型出容器类制品或者平面制品，这是近代崛起的又一重要加工领域和应用领域，且日益增长，有广阔的前景。

M·A·舍列瑟夫是俄罗斯莫斯科门捷列也夫化工学院高分子加工及其设备专业方面的最著名教授、学者，获科学技术博士学位。他多年来从事热成型技术方面的理论研究和产品的开发工作，具有渊博的学识、深厚的理论造诣和丰富的实际经验。深信，本书的出版将对我国塑料加工业的发展，特别是以板材、片材膜片为坯料成型制品技术方面的理论研究和实际开发工作，将会起到积极作用。

本书初稿以俄文形式完成，但考虑到当前世界塑料加工业的发展趋势和水平，并结合我国目前塑料加工业的发展现状，进行了较大的调整、编译和修改工作，期间得到俄罗斯方面以及我国塑料行业方面许多教授、专家和同行们的关注，特别是得到俄罗斯莫斯科化工机械学院B·И·克依姆教授以及中国方面的穆传和、姜旭良、龚浏澄、白艳云、冀京、丁素菊、李振

军等工程师们的协助与支持，特别值得提出，俄文原稿由穆传和工程师负责翻译，在此深表感谢！

全书内容较多，知识面较广，不当之处难免，欢迎读者热忱指正。

王兴天

1997年7月1日

## 内 容 提 要

《塑料橡胶片材加工制品技术》一书，共七章。重点阐述以塑料薄膜、片材、板材及橡胶片材为坯料，成型容器类制品及平面类制品的生产技术。为了技术知识的系统性，首先简介薄膜、片材、板材的生产方法，然后以较大的篇幅重点阐述用薄膜、片材、板材为坯料来成型制品的主要方法：热成型、冷成型、硫化成型、冲压成型各种成型的工艺特点、工艺条件；各类成型设备、辅助设备、模具等工艺装备的工作原理、结构特点。最后对制品成型过程中的变形、应力状态等基本理论进行了论述。

在书中，不仅引荐了一些与生产有关的技术资料、实验数据和技术图表，而且还介绍了有关的生产工艺，各类装置和设备的工作原理、结构特点，这对于从事本专业范畴的塑料加工和塑料机械的工程技术人员、生产操作人员都具有一定的指导意义和工程应用的参考价值，本书也可供与本专业有关的大中院校师生参考。

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
<b>第二章 塑料薄膜与片材的成型方法</b> .....	( 4 )
2.1 概述 .....	( 4 )
2.2 薄膜与片材的成型方法 .....	(17)
2.2.1 挤出成型法 .....	(17)
2.2.2 压延成型法 .....	(31)
2.2.3 模具聚合成型法 .....	(36)
2.2.4 其他成型法 .....	(39)
<b>第三章 用塑料片材成型制品的方法</b> .....	(43)
3.1 概述 .....	(43)
3.2 制品成型方法 .....	(47)
3.2.1 热成型法 .....	(47)
3.2.2 冷成型法 .....	(71)
3.2.3 橡胶片制品成型法 .....	(95)
3.3 平面制品成型方法 .....	(96)
<b>第四章 用塑料片材成型制品的工艺条件</b> .....	(98)
4.1 概述 .....	(98)
4.2 标准制品制备工艺条件 .....	(103)
4.3 制品成型工艺条件 .....	(118)
4.3.1 热成型工艺条件 .....	(118)
4.3.2 冷成型工艺条件 .....	(145)
4.3.3 用橡胶片成型制品工艺条件 .....	(157)
4.3.4 分离冲压成型工艺条件 .....	(161)
4.4 制品的机械加工工艺条件 .....	(168)

4.5	成品的检查	(180)
4.6	废旧塑料加工	(187)
<b>第五章</b>	<b>用塑料薄膜与板材成型制品的设备</b>	<b>(197)</b>
5.1	概述	(197)
5.2	热成型设备	(199)
5.2.1	单工位成型机	(199)
5.2.2	固定式双工位成型机	(202)
5.2.3	旋转式双工位成型机	(205)
5.2.4	专用机组与生产线	(217)
5.2.5	单件小批量生产设备	(224)
5.3	冷成型设备	(236)
5.4	橡胶片制品成型设备	(241)
5.5	分离冲压设备	(243)
5.6	制品成型的辅助设备	(246)
5.6.1	加热设备	(246)
5.6.2	夹紧设备	(255)
5.6.3	气动与真空系统	(260)
5.6.4	传动装置	(266)
<b>第六章</b>	<b>用塑料薄膜与塑料、橡胶片材成型制品工艺装备</b>	<b>(286)</b>
6.1	热成型工艺装备	(286)
6.1.1	概述	(286)
6.1.2	影响制品成型质量的主要因素	(289)
6.1.3	热成型模具	(295)
6.1.4	结构方案例证	(304)
6.2	冷成型工艺装备	(320)
6.2.1	概述	(320)
6.2.2	工艺流程与工装结构的关系	(322)
6.2.3	结构方案示例	(324)
6.3	用橡胶片成型制品的工艺装备	(327)
6.4	分离冲压工艺装备	(329)



6.4.1	概述	(329)
6.4.2	结构方案示例	(333)
6.5	工艺装备的使用与维护	(339)
<b>第七章</b>	<b>用塑料薄膜与塑料、橡胶片材成型制品的理论基础</b>	<b>(345)</b>
7.1	热成型法加工板材	(345)
7.1.1	自由成型概述	(345)
7.1.2	塑料板坯加热微弯曲计算	(345)
7.1.3	用自由成型法成型制品几何形状计算	(349)
7.1.4	自由成型制品的应力状态	(360)
7.1.5	用反向成型法成型制品的几何形状计算	(374)
7.1.6	反向成型制品的应力状态	(390)
7.1.7	正向成型制品的应力状态	(394)
7.1.8	反-正向成型法成型制品的几何形状计算	(396)
7.2	冷成型法加工板材的计算	(399)
7.2.1	径向拉伸成型力	(399)
7.2.2	复合板坯拉伸成型力计算	(403)
7.3	橡胶片制品成型计算	(411)
7.3.1	自由气动-真空成型计算	(411)
7.3.2	反向气动-真空成型计算	(414)
7.4	热成型法成型制品挠曲计算	(419)
7.4.1	应力的计算	(419)
7.4.2	变形的影响因素	(422)
7.4.3	计算实例	(423)
7.4.4	计算误差的原因	(424)
7.4.5	半球形壳体变形计算	(425)
7.4.6	锥形壳体变形计算	(428)
7.4.7	成型设备设计的要素	(429)
	参考文献	(438)

## 第一章 绪 论

在世界塑料的产量中，约有 40% 是用来成型板材（厚度在 1mm 以上）、片材（0.25~1mm）、厚膜（软片）（0.25~5mm）和薄膜（0.25mm 以下）。这些产品已被广泛地用来代替各种金属板材，制造各种大型化工容器、储罐、汽车罩壳、飞机轮船上的结构制品；用来制造浴缸、冰箱、洗衣机等家用电器的内胆以及各种食品的包装制品等。

可根据所需制品的厚度和品种采用挤出、压延、层合、浇注、流延等工艺方法，生产各种热塑性塑料和热固性塑料的板材及橡胶片等。

本书重点论述的是直接以热塑性塑料板材、片材、膜和胶片为坯料，采取热成型技术，生产容器制品的一种方法，即塑料制品的二次成型方法。其特点是，将塑料板材或胶片做为坯料，稳定可靠地固定在模具上，然后加热至坯料熔点以下的软化点温度，使其高分子材料处于粘弹性状态，再施加以外力，使坯料超过屈服点的应力变形而成型出容器类制品。施加外力的方法可采用柱塞、实芯模具等机械方法，也可采用真空产生压力差或用压缩空气做为动力源产生外力等方法。由此可见，由塑料板材、片材、膜类成型制品的热成型方法，是一种固相成型方法。

用塑料板材、片材和薄膜成型容器类制品与其他成型方法相比，具有一系列优点：设备较简单，成型模具及工艺装备成本低，生产过程自动化程度高，适宜生产薄壁容器或超大型容

器。由于是直接用塑料板材、片材和薄膜成型制品的，这就省去了类似在注塑机上的加热、塑化、熔融、冷却过程，使生产周期缩短 $\frac{1}{2}\sim\frac{3}{4}$ ，从而提高了生产效率。同时，由于在加工过程中，高分子在粘弹态下受所施加外力的作用，使高分子产生取向效应，使制品获得良好的韧性和拉伸强度。用这种方法还可以避免模具流道中的异物混入制品，消除熔接缝或浇口处的痕迹，使制品外观质量得以提高。当生产超大型容器时，由于设备、模具、工艺装备的原因，可降低设备成本 $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{4}$ 。但是热成型法也有不足之处，例如制品的厚度取决型坯的厚度，误差较大，在较高的环境温度下使用时，制品尺寸稳定性较差。

热成型工艺是较为古老的一种工艺方法，但是应用在工业生产上还是本世纪40年代的事。由于热成型技术有上所述的优点，在近20年来发展十分迅速。但是与其他成型方法相比，无论从工艺理论，还是设备设计理论等方面都较为落后，今后需要深入地研究。

本书作者就其塑料板材、片材、薄膜热成型制品的工艺流程、工艺参数、设备特点都进行了较为详细的论述，对热成型的物理基础，成型工艺参数对工艺过程及制品质量的影响进行了深入的分析，为制品的设计和成型设备的研究和开发提供重要依据。

近年来，随着高分子材料加工技术的发展，用橡胶片热成型容器类制品的工艺也得到了发展。考虑到二者的热成型技术有许多共同之处，所以把胶片的热成型和塑料片材的热成型技术结合起来叙述，这样就扩充并丰富了本书的内容。

作者还注意到，近年来随着塑料板材、片材、膜类产量不断地提高，用塑料片材直接生产平面制品的冷成型技术已得到迅速的发展和应用。过去，生产平面制品时，多采用压铸法，但

是采用此法是不经济的，因为必须使用油压设备及专用昂贵的金属模具，其生产成本较高。采用冷成型技术，在室温 24℃左右冲切各种平面制品有很大的优越性和发展前途。

综上所述，以塑料片材、胶片为坯料成型容器类制品的热成型技术和成型平面制品的冷成型技术，从工艺理论到生产设备，从物理基础到制品的质量控制，该书都做了较完善的叙述和理论探讨，对热、冷成型技术的推广和应用，以及理论研究工作具有指导意义。

## 第二章 塑料薄膜与片材的成型方法

### 2.1 概 述

目前，塑料板材、片材和薄膜尚无统一的划分界限。但一般认为，厚度大于 0.5mm 的划为板材；厚度在 0.25~0.5mm 定为片材；对聚丙烯最小厚度为 0.25mm，对低密度聚乙烯最小厚度为 0.5mm，而对高密度聚乙烯最小厚度为 0.35mm，最小厚度以下称薄膜。

在划分薄膜和片材时，正确的方法是既要考虑到制品厚度和性能，又要考虑到所采用的加工设备类型。

塑料薄膜和片材的生产方法有：挤出法、压延法、层压法和流延法。其中压延法又分两种：一种是物料首先由开炼机进行加工，然后再用压延机精压成片材和薄膜；另一方法是物料先用高速密炼机进行混合和塑炼，然后再用开炼机进一步加工，最后用压延机精压成片材和薄膜。层压法是用液压机压制层压塑料片材。流延法是用膏糊状聚合物或塑料熔体由挤出机挤出，流延在圆筒形设备上冷却压制。此外，还有单一聚合物模压聚合法，通常在生产聚甲基丙烯酸甲酯或以甲基丙烯酸甲酯为基础的共聚物片材时才使用这种方法。

塑料板材与薄膜的主要生产方法见表 2-1 和表 2-2 所列。

用于生产板材、片材和膜片的塑料相当广泛。如有填充和非填充的聚烯烃、聚氯乙烯、聚苯乙烯、氟塑料、聚甲基丙烯酸甲酯、氯化聚醚、聚碳酸酯、热塑性聚酯、酚醛塑料、环氧

树脂、不饱和聚酯树脂、聚酰亚胺等塑料。

表 2-1 塑料薄膜的主要生产方法

聚 合 物	挤 出 法		压延法	流延法
	管 膜	平 膜		
1	2	3	4	5
聚乙烯	+	+	-	-
聚丙烯	+	+	-	-
软质聚氯乙烯	+	+	+	-
硬质聚氯乙烯	-	+	+	-
聚偏二氯乙烯	+	-	-	-
聚苯乙烯	+	+	-	-
热塑性聚酯	-	+	-	-
聚碳酸酯	-	+	-	+
聚酰胺 (尼龙)	+	+	-	+
聚氯乙烯+ABS 共聚物	-	+	+	-

注：“+”表示可采用的生产方法；“-”表示不能采用的生产方法。

表 2-2 热塑性塑料片材主要生产方法<sup>①</sup>

聚 合 物	用扁机头挤出	压延	模压法	模具聚合
1	2	3	4	5
聚乙烯 <sup>②</sup>	+	-	+	-
聚丙烯 <sup>②</sup>	+	-	+	-
硬质聚氯乙烯	+	+	+	-
聚碳酸酯 <sup>②</sup>	+	-	+	-
聚氯乙烯+ABS 共聚物	+	+	+	-
聚甲基丙烯酸甲酯	+	-	-	+
氯化聚醚塑料	+	-	-	-
聚酰亚胺, 酚醛胶木板、酚醛塑料 玻璃布层合板、酚醛胶布层 合板	-	-	+	-
各种牌号氟塑料	+	-	+	-

① “+”表示可采用的生产方法；“-”表示不能采用的生产方法。

② 表示挤出或压延后模压厚片材。

制品的开发，首先要考虑材料消耗、制品使用要求、材料性能以及成型工艺特点等，要掌握制品使用条件及有关数据等资料。

解决工艺问题时，首先要明确制品成型的方法，选择成型设备及辅助设备，准备好工装设备以及保证生产工艺有效的技术组织措施。

为选择塑料，可以参考表 2-3 至表 2-6 提供的数据。

表 2-3 生产片材和薄膜时所用聚合物机械性能

聚合物名称	拉伸模量 MPa	弯曲模量 MPa	布氏硬度 MPa	拉伸强度 MPa	压缩强度 MPa	弯曲强度 MPa	断裂时相对延伸率 %	冲击强度 <sup>①</sup>	
								无切口 试件 kJ/m <sup>2</sup>	有切口 试件 kJ/m <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
低密度聚乙烯	—	120~260	14~25	10~17	12	12~17	50~600	—	—
高密度聚乙烯	610~750	650~930	44~52	18~35	20~36	20~38	250~700	—	2~150
高分子量聚乙烯	—	600	58	44	—	—	500	—	—
聚丙烯	1080~1540	—	60~65	25~40	11	—	200~800	—	33~80
聚氯乙烯	2600~3000	—	10~160	40~120	80~160	40~120	5~100	70~80	2~10
软质聚氯乙烯	—	—	—	10~18	—	—	140~200	—	—
氯乙烯共聚物	210~3000	—	—	10~20	—	—	200~400	—	—
氟塑料-3	—	1160~1450	100~130	30~45	—	60~80	20~200	20~160	—
氟塑料-4	—	470~850	30~40	15~35	10~12	14~18	250~500	—	—
氟塑料-40	—	800~1000	58~63	20~50	—	33~35	100~150	125	—
氟塑料-42	—	400~800	50~80	25~50	—	25~39	250~500	187~196	—
抗冲击聚苯乙烯	—	2000~2500	35~150	37~48	90~100	65~105	1~4	18~28	1.4~2.0

续表

聚合物名称	拉伸模量 MPa	弯曲模量 MPa	布氏硬度 MPa	拉伸强度 MPa	压缩强度 MPa	弯曲强度 MPa	断裂时相对延伸率 %	冲击强度 <sup>①</sup>	
								无切口试件 kJ/m <sup>2</sup>	有切口试件 kJ/m <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ABS	1500~2600	1000~2450	10~200	32~65	—	30~100	12~70	75~100	8~25
聚甲基丙烯酸甲酯	2900~4160	—	10~30	63~100	100~105	90~120	2.5~20	8~18	—
聚酰胺	3500~4900	—	38~140	80~90	—	—	—	—	5~120
聚碳酸酯	—	—	80~160	45~90	90~95	75~110	2.5~80	20~140	3.5~35
氯化聚醚	—	900~1200	80~110	20~55	85~95	60~85	10~40	24~140	—
酚醛胶布层合板	4000~6500	3900~6400	250~350	34~100	120~250	147~150	1.0	14.5~36	24~38
层压石棉板	14000~20000	3700~19600	186~300	42~63	83~204	83~110	—	24~29	—
柔性酚醛胶布层合板	—	—	—	29~49	—	150~200	—	—	—
乙酸纤维素	900~2500	—	30~100	20~37	—	30~60	40~70	30~80	—
酚醛塑料玻璃层合板	1500~31000	—	—	118~490	54~147	40~700	—	49~123	—
玻璃钢板	—	—	—	40~60	—	60	—	50~115	—
聚氯乙烯泡沫塑料	—	—	—	2.4~1.5	0.78~1.5	3~6.5	—	1.2~2.5	0.8~1.5
聚苯乙烯泡沫塑料	—	—	—	0.16~6.9	0.17~5	—	—	0.1~1.8	—

① Wapnu 法，即悬臂梁冲击法，相当于我国国标 GB 1843—80。

表 2-4 生产片材和薄膜制品时所用聚合物电性能和光学性能

聚合物名称	介电常数	介质损耗角正切	介电强度 mV/m	体积电阻率 $\Omega \cdot m$	表面电阻率 $\Omega$	传递系数, %	混浊度, %
						厚 2mm	
1	2	3	4	5	6	7	8
低密度聚乙烯	2.2~2.3	0.0002~0.0003	40~50	$10^{14} \sim 10^{15}$	$1 \times 10^{15}$	70~80	88~96



续表

聚合物名称	介电常数	介质损耗角正切	介电强度 mV/m	体积电阻率 $\Omega \cdot \text{m}$	表面电阻率 $\Omega$	传递系数, %		混浊度, %
						厚 2mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	
高密度聚乙烯	2.3~2.4	0.0002~0.0008	40~50	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{14}$	50~60	95~97	
高分子量聚乙烯	2.3	0.0002	50~55	$10^{15}$	—	—	—	
聚丙烯	2.2~2.4	0.0002~0.0005	25~40	$10^{14} \sim 10^{15}$	—	60~80	90~95	
聚氯乙烯	3.2~4	0.015~0.025	20~30	$10^{10} \sim 10^{15}$	$10^{14}$	—	—	
软质聚氯乙烯	3.2~4.5	0.014~0.1	26~28	$10^8 \sim 10^{12}$	—	—	—	
氯乙烯共聚物	4	0.015	20	—	—	—	—	
氟塑料-3	2.3~3.0	0.007~0.02	20~25	$10^{14} \sim 10^{16}$	$10^{16} \sim 10^{17}$	85~89	17	
氟塑料-4	1.9~2.1	0.0002~0.00025	25~27	$10^{15} \sim 10^{16}$	$10^{17}$	—	—	
氟塑料-40	2.5~2.6	0.002~0.008	20~25	$5 \times 10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{12} \sim 10^{14}$	52	94	
氟塑料-42	8.2~11	0.02~0.2	10.6~17	$10^9 \sim 10^{10}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	—	—	
抗冲击聚苯乙烯	2.6~2.7	0.0001~0.0003	—	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{15} \sim 8 \times 10^{15}$	—	—	
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	2.9~3.0	0.008~0.020	—	$4 \times 10^{12} \sim 2 \times 10^{15}$	$10^{12} \sim 4 \times 10^{17}$	—	—	
低密度共聚物塑料	3.3~3.5	0.003~0.01	—	$10^{13}$	—	—	—	
聚甲基丙烯酸甲酯	2.5~4.2	0.02~0.05	—	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{14}$	90~92	4~6	
聚酰胺	2.8~3.5	0.002~0.007	20~29	$2 \sim 100 \times 10^{15}$	$10^{15} \sim 6 \times 10^{16}$	—	—	
聚碳酸酯	2.5~3.1	0.001~0.009	20~25	$5 \times 10^{14} \sim 10^{17}$	$5 \times 10^{15} \sim 10^{17}$	80~89	3~10	
氯化聚醚	1.9~2.2	0.035	20~27	$10^8 \sim 3 \times 10^{14}$	$10^{16}$	—	—	
酚醛胶布层合板	5.7~8.0	0.2~0.4	2~5	$10^6 \sim 10^{10}$	$10^9 \sim 10^{14}$	—	—	