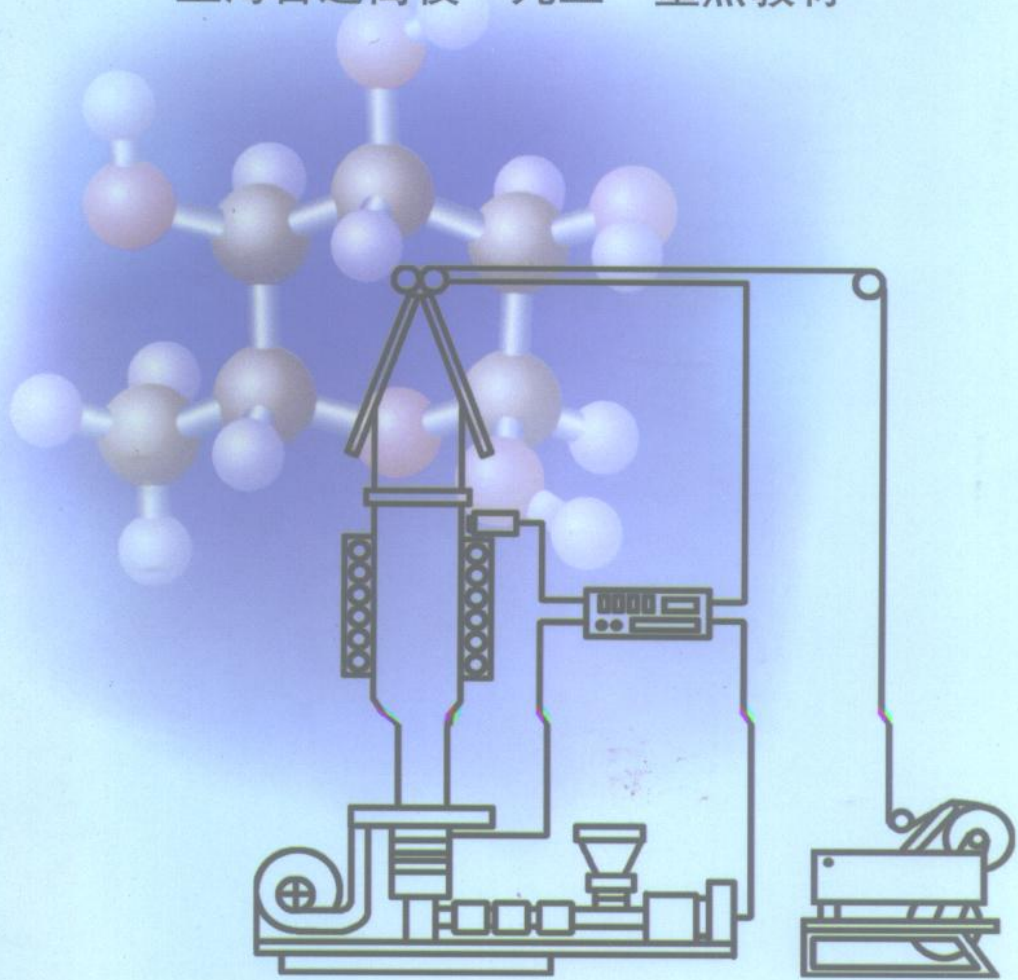



· 高等学校专业教材 ·

高分子材料成型加工

周达飞 唐颂超 主编

上海普通高校“九五”重点教材



 中国轻工业出版社

TB324

23



00012982

高等学校专业教材
上海普通高校“九五”重点教材

高分子材料成型加工

上海市教育委员会 组编
周达飞 唐颂超 主编

H324/07



C0489246

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料成型加工/周达飞, 唐颂超主编. —北京:
中国轻工业出版社, 2000. 5

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-2797-9

I. 高… II. ①周… ②唐… III. 高分子材料-
成型-中等学校-教材 IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 15626 号



责任编辑: 赵红玉 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云
版式设计: 赵益东 责任校对: 燕杰 责任监印: 崔科

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29

字 数: 647 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-2797-9/TQ·206 定价: 52.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

高分子材料成型加工是获取高分子材料制品、体现材料特性和开发新材料的重要手段。以最低的成本、最省的能量消耗、最少地产生废料和环境污染,实现最高的劳动生产率,获得最优质量的高分子材料制品,是人们孜孜以求的目标。然而,高分子材料制品的性能受到多方面因素制约。

高分子材料制品的使用性能主要是由组成此材料的主要成分——高分子化合物决定的。因此,高分子化合物的化学组成和结构(如主链、支链、侧基、端基、结构缺陷、是否交联、相对分子质量及其分布、结晶性能、颗粒形态等等)和聚合方式等都将对高分子材料的内在性质产生影响。

作为次要成分的各种添加剂及其配比,以及组成高分子材料各组分的混合程度都将对加工性能和使用性能产生不可忽略的影响。因此,熟练地掌握各种添加剂的作用和选用原则,对高分子材料的配方设计和制品设计十分重要。

成型加工工艺、工艺条件及其控制、成型加工设备都将对高分子材料的混合程度、取向程度、流变性能、结晶性能等产生影响,进而影响高分子材料的使用性能和应用。因此,成型加工工艺和成型加工设备的选择亦很重要。

高分子材料制品的性能还受到测试方法和测试条件、使用环境的影响。

除此之外,高分子材料制品的成本(经济性)及其对环境的影响也是人们关注的问题。

总之,高分子材料成型加工的研究必须从大工程的观点来考虑。

新的专业目录的实施,高分子材料专业范围已经拓宽,涉及塑料、橡胶、化学纤维等等。新的教材必须从这一大概念出发,有别于以往着重单一材料成型加工的课程内容。

基于上述,本书编写时作了下述考虑:

- 强调了合成与加工对制品性能的重要性,综合性地讨论了原材料的化学因素、物理因素、制备因素的影响,改变了以往单纯介绍高分子化合物品种为主的方法。
- 高分子材料的流变性能对其成型加工影响很大,本书对流变方程作了从物理意义上的简要讨论,不作数学推导。更进一步的学习,放在研究生阶段进行。
- 从加工原理出发对成型加工方法进行讨论,这是本书的主要部分。
- 计算机技术已广泛应用于高分子材料的成型加工,这不仅表现在建立在结构与性能研究基础上的建模和数据库,也表现在对成型加工过程的整体优化和制品质量控制,本书对此作了粗浅的讨论。
- 高分子材料制品生产、使用过程中和废弃物回收、利用过程中不可避免地会污染环境,事关人类持续发展的头等大事,本书也有涉及。

本书主要供高分子材料专业及相关专业本科或专科生作教材使用,也可供从事高分子材料研究、开发和应用的专业技术人员参考。

本书由华东理工大学周达飞、唐颂超主编,其中绪论、第一、二、三、十三章由周达飞编写,第五至十一章由唐颂超编写,第四章和第十二章分别由华东理工大学徐佩弦、李水强编写,华东理工大学董擎之编写了第七章的第九节、第十章的第六节和第十一章的第六节合

成纤维成型加工的部分内容。全书由上海交通大学张隐西教授主审。

本书主要根据文献资料，结合作者长期教学、科研的实践和理解进行编写，书末列出了主要参考文献，由于受篇幅限制，未能将所有参考文献一一列出，在此对所有作者致以衷心的感谢，并祈请未能列入的作者谅解。

本书得到上海市教育委员会的重点资助，并得到华东理工大学、中国轻工业出版社及有关兄弟院校和同仁的帮助和支持，谨此致谢。

限于我们的水平，本书难免有错误之处，敬请读者批评指正。

编者

1999年12月

目 录

绪 论

一、高分子材料	(1)
二、添加剂	(4)
三、高分子材料的制造	(5)
1. 高分子材料的特征及其与其他材料的比较	(5)
2. 高分子材料的制造	(7)
四、高分子材料工业的历史与未来	(12)
1. 高分子材料工业的初创时期	(12)
2. 高分子材料工业的发展期	(13)
3. 高分子材料全面发展的时期	(13)
4. 我国的高分子材料工业	(14)
第一章 高分子材料学	(16)
第一节 影响高分子材料性能的化学因素	(17)
一、构成的元素种类及其连接方式	(17)
二、立体规整性	(20)
三、共聚物组成	(20)
四、交联	(21)
五、端基	(22)
六、结构缺陷	(24)
七、支链	(26)
第二节 影响高分子材料性能的物理因素	(27)
一、相对分子质量及其分布	(27)
1. 相对分子质量与玻璃化转变温度 (T_g)	(27)
2. 相对分子质量与成型加工性能	(28)
3. 相对分子质量与成型加工方法	(29)
4. 相对分子质量与制品性能	(30)
5. 相对分子质量分布与成型性和制品性能	(30)
二、结晶性	(31)
1. 高分子化合物链结构与结晶性	(31)
2. 聚合方法与结晶性	(31)
3. 成型方法与结晶性	(32)
4. 成型后后处理方法与结晶性	(33)
5. 成核剂与结晶性	(34)
6. 结晶性和物性	(34)
三、粒径与粒度分布	(36)
四、成型过程中的取向	(37)

五、熔体粘度与成型性	(40)
第三节 制造方法及组成对高分子材料性能的影响	(42)
一、聚合方法的影响	(42)
1. 聚乙烯	(42)
2. 聚氯乙烯	(44)
3. 聚苯乙烯	(45)
4. 聚酰胺-6 (尼龙-6)	(46)
5. 聚碳酸酯	(46)
6. 酚醛树脂	(48)
7. 丁苯橡胶	(49)
8. 聚丁二烯橡胶 (顺丁橡胶)	(50)
9. 反应挤出法	(51)
二、高分子化合物反应性的影响	(52)
1. 聚烯烃 (PE、PP) 的反应性	(52)
2. 聚苯乙烯的反应性	(53)
3. SBS 和 SEBS	(53)
4. 高分子反应的种类及其工业化实例	(54)
三、高分子合金化的影响	(55)
四、高分子化合物 / 填充剂复合物的影响	(61)
五、低分子化合物的影响	(63)
1. 对高分子材料性能的影响	(64)
2. 物料的干燥	(65)
第二章 添加剂	(66)
第一节 稳定剂	(66)
一、热稳定剂	(66)
1. PVC 的稳定性	(67)
2. 热稳定剂的作用	(67)
3. 热稳定剂的分类	(68)
4. 稳定剂的选择	(69)
二、抗氧化剂 (亦称防老剂)	(71)
1. 自动氧化反应机理	(71)
2. 抗氧化剂的作用与分类	(72)
3. 常见的抗氧化剂	(72)
4. 抗氧化剂的选用原则	(73)
三、光稳定剂	(74)
1. 高分子材料的光降解作用	(74)
2. 聚烯烃的光氧化作用	(76)
3. 光稳定剂的作用和分类	(77)
4. 常用的光稳定剂	(77)
5. 选用光稳定剂的注意事项	(78)
四、生物抑制剂 (亦称防霉剂、杀菌剂、抑菌剂)	(78)
第二节 增塑剂	(80)

一、增塑作用及增塑剂分类	(80)
二、增塑剂的性质	(80)
1. 相容性	(81)
2. 加工性	(81)
3. 对材料性能的影响	(81)
三、增塑剂的主要品种	(82)
四、增塑剂的选用原则	(83)
第三节 润滑剂	(83)
一、润滑剂的作用与分类	(83)
二、润滑剂的主要品种	(85)
三、润滑剂的选用原则	(86)
第四节 交联剂及相关添加剂	(87)
一、交联作用及交联剂	(87)
二、交联用其他添加剂	(89)
1. 硫化促进剂	(89)
2. 硫化活性剂 (亦称活化剂、促进剂)	(89)
3. 防焦剂 (亦称硫化延缓剂)	(89)
4. 配合剂 (助交联剂)	(90)
三、交联剂及其相关添加剂的选用原则	(90)
1. 交联剂及相关添加剂的选择	(90)
2. 其他添加剂的影响	(90)
第五节 填充剂	(90)
一、填充剂的作用	(90)
二、影响补强剂补强作用的因素	(91)
三、常用的填充剂	(92)
第六节 其他添加剂	(92)
附: 本章使用的部分添加剂简称与化学名称对照	(96)
第三章 高分子材料的配方设计	(98)
第一节 高分子材料制品设计的一般原则和程序	(98)
第二节 高分子材料配方设计	(100)
一、制品对材料性能的要求	(100)
二、配方设计	(101)
三、配方的表示方法	(101)
1. 以高分子化合物为 100 份的配方表示法	(101)
2. 以混合料为 100 份的配方表示法	(101)
第三节 高分子材料配方设计方法	(102)
一、配方设计时考虑的因素	(102)
二、配方设计方法	(103)
1. 单因素变量配方设计方法	(103)
2. 多因素变量配方设计方法	(104)
第四节 高分子材料配方实例	(105)

第五节 高分子材料性能的估算方法	(110)
一、密度	(110)
二、玻璃化温度	(113)
三、熔点	(116)
四、内聚能密度和溶解度参数	(120)
第四章 聚合物加工的流变学基础	(122)
第一节 聚合物熔体的流动特性	(122)
一、流动类型	(122)
1. 层流和湍流	(122)
2. 稳定流动与不稳定流动	(122)
3. 等温流动和非等温流动	(122)
4. 一维流动、二维流动和三维流动	(123)
5. 拉伸流动和剪切流动	(123)
二、非牛顿型流动	(123)
1. 牛顿型流动	(124)
2. 非牛顿型流体的分类	(124)
三、流变测定	(128)
1. 剪切应力及其分布	(128)
2. 牛顿流体的剪切速率	(129)
3. 非牛顿流体的真实剪切速率、表观粘度和真实粘度	(130)
4. 幂律定律的特性参量	(130)
四、影响粘性流动的因素	(131)
1. 剪切速率的影响	(131)
2. 温度的影响	(132)
3. 压力的影响	(133)
4. 分子参数和结构的影响	(134)
5. 添加剂的影响	(135)
第二节 聚合物熔体的弹性行为	(135)
一、入口效应	(136)
1. 入口的压力降	(136)
2. 入口修正	(137)
二、离模膨胀	(138)
1. 离模膨胀机理	(138)
2. 影响离模膨胀的因素	(139)
三、熔体破裂	(141)
1. 鲨鱼皮	(141)
2. 熔体破裂的影响因素	(142)
第三节 聚合物熔体在管隙中的流动分析	(144)
一、聚合物熔体在圆形通道中的流动	(145)
1. 圆管通道	(145)
2. 圆锥形通道	(150)
二、聚合物熔体在狭缝通道中的流动	(151)

三、计算示例	(151)
第五章 混合	(155)
第一节 混合与分散理论	(155)
一、混合机理	(155)
1. 扩散	(155)
2. 混合过程要素	(156)
二、混合的分类	(158)
1. 按混合形式分类	(158)
2. 按物料状态分类	(160)
三、混合状态的判定	(161)
1. 混合状态的直接描述法	(161)
2. 混合状态的间接判定	(162)
第二节 混合设备	(163)
一、混合设备的分类	(163)
1. 间歇式和连续式	(163)
2. 分布式和分散式	(163)
3. 高强度、中强度和低强度混合设备	(164)
二、间歇式混合设备	(164)
1. Z形捏合机	(164)
2. 高速混合机	(165)
3. 开炼机	(166)
4. 密炼机	(166)
三、连续混合设备	(167)
1. 单螺杆挤出机	(167)
2. 双螺杆挤出机	(167)
3. 行星螺杆挤出机	(168)
4. FCM连续混炼机	(169)
第三节 橡胶的塑炼与混炼	(169)
一、生胶的塑炼	(169)
1. 塑炼的目的	(169)
2. 塑炼机理	(169)
3. 塑炼工艺	(172)
二、胶料的混炼	(173)
1. 混炼理论	(174)
2. 混炼工艺	(175)
第四节 塑料的混合与塑化	(177)
一、原料的准备	(178)
二、混合	(178)
三、塑化	(178)
四、粉碎和粒化	(179)
1. 粉碎	(179)
2. 粒化	(179)

第五节 聚合物溶液、分散体和胶乳的配制	(180)
一、塑料溶液的配制	(180)
1. 组成及选择	(180)
2. 聚合物的溶解	(180)
3. 溶液的制备工艺	(181)
二、溶胶塑料的配制	(181)
1. 溶胶塑料概述	(181)
2. 溶胶塑料分类	(182)
3. 溶胶塑料的配制工艺	(182)
三、胶乳的配制	(183)
1. 胶乳原材料的加工	(183)
2. 胶乳的配合	(183)
第六节 聚合物共混	(184)
一、聚合物共混目的及方法	(184)
二、共混物的形态结构	(184)
1. 形态结构类型	(184)
2. 共混物的界面	(185)
3. 形态结构的影响因素	(186)
三、共混物制备方法及相关设备	(186)
1. 干粉共混法	(186)
2. 熔融共混法	(186)
3. 溶液共混法	(187)
4. 乳液共混法	(187)
5. 共聚-共混法	(187)
6. IPN法	(187)
第六章 压制成型	(188)
第一节 热固性塑料的模压成型	(188)
一、热固性模塑料的成型工艺性能	(188)
1. 流动性	(188)
2. 固化速率	(189)
3. 成型收缩率	(189)
4. 压缩率	(189)
二、模压成型的设备和模具	(190)
1. 压机	(190)
2. 模具	(190)
三、模压成型工艺	(192)
1. 计量	(192)
2. 预压	(192)
3. 预热	(193)
4. 嵌件安放	(193)
5. 加料	(193)
6. 闭模	(193)
7. 排气	(193)

8. 保压固化	(193)
9. 脱模冷却	(194)
10. 制品后处理	(194)
四、模压成型工艺条件及控制	(194)
1. 模压压力	(195)
2. 模压温度	(195)
3. 模压时间	(196)
第二节 橡胶制品的模型硫化	(197)
一、橡胶制品及生产工艺	(197)
二、橡胶制品的硫化	(198)
1. 橡胶在硫化过程中的结构与性能的变化	(198)
2. 硫化历程	(199)
3. 正硫化及正硫化点的确定	(200)
4. 硫化方法和硫化介质	(201)
三、模型硫化工艺及硫化条件	(203)
1. 硫化压力	(203)
2. 硫化温度	(204)
3. 硫化时间	(205)
第三节 复合材料压制成型	(205)
一、层压成型	(206)
1. 浸渍上胶	(206)
2. 压制	(207)
3. 后加工和热处理	(208)
二、模压成型	(209)
1. 块状模塑料模压成型工艺	(209)
2. 片状模塑料模压成型	(210)
三、手糊成型	(211)
1. 树脂胶液的配制	(211)
2. 玻璃纤维制品的准备	(211)
3. 模具准备及脱模剂涂刷	(212)
4. 胶衣层的制备	(212)
5. 糊制成型	(212)
6. 固化	(212)
7. 脱模、修整及装配	(212)
第四节 传递模塑	(213)
一、传递模塑形式及设备	(214)
1. 活板式传递模塑	(214)
2. 罐式传递模塑	(214)
3. 柱塞式传递模塑	(214)
4. 螺杆式传递模塑	(214)
二、传递模塑工艺	(215)
三、传递模塑工艺条件	(216)
1. 成型压力	(216)

2. 模塑温度	(216)
3. 模塑时间	(216)
第七章 挤出成型	(217)
第一节 单螺杆挤出机基本结构及作用	(218)
一、加料装置	(218)
二、料筒	(218)
三、螺杆	(219)
1. 螺杆的结构	(219)
2. 螺杆的几何结构参数	(219)
3. 螺杆的作用	(221)
4. 螺杆的形式	(222)
四、机头和口模	(224)
第二节 挤出成型原理	(224)
一、挤出过程和螺杆各段的职能	(225)
1. 加料段	(225)
2. 熔融段	(225)
3. 均化段	(225)
二、挤出理论	(225)
1. 固体输送理论	(226)
2. 熔化理论	(226)
3. 熔体输送理论	(228)
三、挤出机的生产率	(230)
1. 实测法	(230)
2. 按经验公式计算	(230)
3. 按固体输送理论计算	(230)
4. 按粘性流体流动理论计算	(231)
四、螺杆和机头(口模)的特性曲线	(232)
五、影响挤出机生产率的因素	(232)
1. 机头压力与生产率的关系	(232)
2. 螺杆转速与生产率的关系	(233)
3. 螺杆几何尺寸与生产率的关系	(233)
4. 物料温度与生产率的关系	(233)
5. 机头口模的阻力与生产率的关系	(234)
第三节 挤出成型工艺	(234)
一、挤出工艺流程	(234)
1. 原料的准备和预处理	(234)
2. 挤出成型	(235)
3. 定型与冷却	(235)
4. 制品的牵引和卷取(切割)	(235)
5. 后处理	(236)
二、典型挤出制品成型工艺	(236)
1. 塑料管材挤出	(236)

2. 塑料薄膜的挤出吹塑	(240)
3. 塑料板材挤出	(242)
第四节 双螺杆挤出	(243)
一、双螺杆挤出机的结构与分类	(243)
二、双螺杆挤出机的工作原理	(244)
1. 同向啮合型双螺杆挤出机	(244)
2. 异向啮合型双螺杆挤出机	(246)
3. 非啮合型双螺杆挤出机	(247)
三、双螺杆挤出机和单螺杆挤出机	(248)
1. 物料的传送方式	(248)
2. 物料流动速度场	(248)
第五节 热固性塑料挤出	(248)
一、热固性塑料挤出成型的基本原理	(248)
二、与热塑性塑料挤出比较	(249)
第六节 反应性挤出	(250)
一、反应性挤出的特点	(250)
二、反应性挤出加工的反应类型及制备聚合物类型	(250)
三、反应性挤出加工对设备的要求及工艺控制要点	(251)
第七节 橡胶的压出	(252)
一、压出机	(252)
1. 机身	(252)
2. 螺杆	(252)
3. 机头与口型	(253)
二、压出工艺	(253)
1. 胶料热炼	(253)
2. 压出成型	(253)
3. 冷却、裁断、称量或卷取	(254)
三、压出成型的影响因素	(254)
1. 胶料的组成和性质	(254)
2. 压出机的结构特征	(254)
3. 压出温度	(255)
4. 压出速度	(255)
5. 压出物的冷却	(256)
第八节 合成纤维的螺杆挤出熔融纺丝	(256)
一、合成纤维的纺丝	(256)
1. 熔融纺丝	(256)
2. 干法纺丝	(256)
3. 湿法纺丝	(257)
二、涤纶纤维的熔融纺丝	(257)
1. 熔体直接纺丝	(257)
2. 间接纺丝	(258)
三、螺杆挤出机纺丝	(258)

1. 螺杆挤出纺丝机的基本结构	(258)
2. 螺杆挤出纺丝工艺	(260)
3. 螺杆挤出纺丝工艺条件的选择	(261)
第九节 合成纤维的高速纺丝	(262)
一、高速纺丝与常规纺丝工艺路线的技术、经济比较	(262)
二、POY生产的工艺过程	(263)
1. 熔融挤出	(263)
2. 预过滤	(263)
3. 熔体分配管道	(263)
4. 静态混合	(263)
5. 纺丝组件	(263)
6. 冷却成形	(264)
7. 集束上油	(264)
8. POY的卷绕	(264)
三、高速纺丝工艺条件	(264)
1. 对聚酯切片质量的要求	(264)
2. 对切片干燥的要求	(265)
3. 纺丝温度	(265)
4. 螺杆各区温度和测量头压力的选择	(266)
5. 泵供量	(266)
6. 喷丝板的孔数和孔径	(267)
第八章 注射成型	(268)
第一节 注射机的结构与作用	(268)
一、注射机分类	(268)
1. 按结构特点分类	(268)
2. 按注射机外形特征分类	(270)
3. 按注射机的加工能力分类	(270)
4. 按注射机用途分类	(271)
二、注射机的基本结构	(271)
1. 注射系统	(271)
2. 锁模系统	(273)
3. 液压传动与电器控制系统	(274)
4. 注射模具	(274)
三、注射机的工作过程	(275)
1. 合模与锁紧	(276)
2. 注射装置前移	(276)
3. 注射	(276)
4. 保压	(276)
5. 制品的冷却和预塑化	(276)
6. 注射装置后退和开模顶出制品	(276)
第二节 注射过程原理	(276)
一、塑化过程	(276)
1. 热均匀性	(277)

2. 塑化能力	(278)
3. 料温分布	(279)
二、注射充模过程	(280)
1. 注射成型周期	(280)
2. 熔体在喷嘴中的流动	(281)
3. 熔体在模具浇道系统中的流动	(282)
4. 熔体在模腔的流动	(282)
三、增密与保压过程	(284)
1. 增密过程(压实过程)	(284)
2. 保压过程	(285)
四、倒流与冷却定型过程	(285)
1. 熔体的倒流	(285)
2. 浇口冻结后的冷却	(285)
第三节 注射成型工艺及工艺条件	(287)
一、注射成型工艺流程	(287)
1. 成型前的准备	(287)
2. 注射成型过程	(287)
3. 制品后处理	(288)
二、注射成型工艺条件的选择	(288)
1. 温度	(288)
2. 压力	(290)
3. 时间(成型周期)	(291)
第四节 橡胶注射成型	(292)
一、注射成型设备	(292)
二、注射过程及原理	(293)
三、注射工艺条件	(294)
1. 温度	(294)
2. 注射压力	(296)
3. 螺杆转速与注射速度	(296)
4. 喷嘴直径	(297)
5. 时间	(297)
第五节 热固性塑料注射成型	(298)
一、热固性塑料注射成型原理	(298)
1. 热固性塑料在料筒内的塑化	(298)
2. 热固性塑料熔体在充模过程中的流动	(298)
3. 热固性塑料在模腔内的固化	(299)
二、注射原料的要求	(299)
三、热固性塑料注射机的结构特征	(299)
四、注射工艺及成型条件	(300)
第六节 反应注射成型	(301)
一、反应注射成型工艺特点	(302)
二、RIM 成型设备	(302)

1. RIM 对设备的要求	(302)
2. RIM 设备的工作原理	(302)
3. RIM 设备的组成	(303)
三、反应注射成型工艺流程和控制	(304)
1. 两组分物料的贮存加热	(305)
2. 计量	(305)
3. 撞击混合	(305)
4. 充模	(305)
5. 固化定型	(306)
第七节 气体辅助注射成型	(306)
一、气体辅助注射成型工艺过程	(306)
二、气体辅助注射成型设备	(307)
1. 注射机	(307)
2. 气辅装置	(307)
3. 气体喷嘴	(308)
三、气体辅助注射成型方法	(308)
1. 标准成型法	(308)
2. 副腔成型法	(308)
3. 熔体回流法	(309)
4. 活动型芯法	(309)
四、气体辅助注射成型特点	(309)
第九章 压延成型	(311)
第一节 压延设备	(311)
一、压延机的分类	(311)
1. 辊筒数目	(311)
2. 排列形式	(312)
二、压延机的基本结构	(313)
1. 辊筒	(313)
2. 制品厚度调整机构	(314)
3. 传动机构	(315)
4. 辅助装置	(315)
第二节 压延成型原理	(315)
一、物料在压延辊筒间隙的压力分布	(315)
二、物料在压延辊筒间隙的流速分布	(317)
第三节 压延成型工艺	(319)
一、供料阶段	(319)
二、压延阶段	(320)
三、压延操作条件	(321)
1. 辊温	(321)
2. 辊速与速比	(322)
3. 辊筒间距	(322)
4. 引离(拉伸)、冷却、卷取	(322)