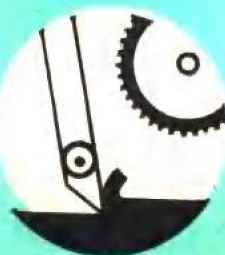
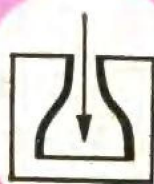


塑料成型加工丛书

注塑成型技术

王兴天 主编



化学工业出版社

82.38
125

塑料成型加工丛书

注塑成型技术

王兴天 主编

王兴天、钟道仙、罗克航、熊爱光合编

化学工业出版社

内 容 提 要

本书是“塑料成型加工丛书”中的一本，共十一章，全书围绕塑料注塑成型对注塑用料的有关性能参数、流变性质、制品的成型机理，各种塑料的注塑工艺参数的选择及其调整，各种类型注塑机的特征及其主要零部件的结构，各控制系统的调节原理及其方式，注塑成型工艺以及注塑机在运行中的异常现象及其排除方法等方面进行了全面地阐述。还对热固性注塑、精密注塑、排气注塑、结构发泡注塑、反应注塑、中空注塑等十多种特种注塑成型及模具设计进行了系统的介绍。

本书既有一定的理论深度，又有作者几十年科研与实践经验的总结，还参阅了大量的国内外文献。全书图文并茂，并有相当数量的数据和表格。

本书既可供从事塑料注塑成型加工、制品、模具与设备设计方面的工程技术人员使用，也可供从事本专业科研与教学的院校师生参考。

塑料成型加工丛书 注 塑 成 型 技 术

王兴天 主编

王兴天、钟道仙、罗克航、熊爱光合编

责任编辑：龚浏澄

封面设计：郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

豆各庄装订厂装订

新华书店北京发行所经销

开本850×1168^{1/32}印张31插页2字数856千字

1989年12月第1版 1989年12月北京第1次印刷

印 数 1—3,500

ISBN 7-5025-0544-X/TQ·331

定 价 17.40元

前 言

众知，当今社会已处于第五次工业革命浪潮，人们正步入信息时代。塑料工业正是这一时代的生力军，是这个时代最有代表性的特征之一。

塑料工业是由树脂合成业、塑料加工业和制品开发应用三个领域组成的。塑料加工业起着承前启后的作用，是联结原料与制品的纽带，只有迅速地发展塑料加工工业，才有可能把各种高分子材料变成千姿百态、鲜艳绚丽的制品，才能在国民经济各领域里充分地发挥作用。

迄今为止的事实证明：注塑加工是所有塑料成型方法中最重要的一种，它在实现“以塑代钢”、“以塑代木”，使民用塑料制品转向工程塑料制品的开发与应用起着极为重要的作用。目前，世界工程塑料正以10%的速度增长，然而在工程塑料中有80%以上的制品是采用注塑成型加工的。可见注塑成型在塑料加工业中占有特殊的位置。

80年代以来，由于我国采取了正确的对外开放政策，使我国的塑料工业同其他行业一样，也得到了迅猛的发展，注塑工艺水平和机器设计与制造水平有显著的提高：各塑料加工厂不仅能生产小型电子元件，而且也能生产家用电器等大型注塑制品；各注塑机专用厂不仅能生产60~4000g的中小型通用注塑机，而且也能制造小到2.5~4g的微型注塑机，大到6000~32000g的大型注塑机。更值得高兴的是近几年来一批新的行业伙伴参加塑料加工机械行业，他们是液压、电子行业，正热心于塑料加工机械行业，给塑料加工机械配套，为提高注塑机的控制水平做出贡献。作者正是在这种喜人形势的鼓舞下投笔从著，以期为祖国塑料工业的振兴，能尽其力。

在本书内容撰写中，作者试图围绕注塑制品质量为中心来讨

论注塑用料性能、注塑工艺、注塑成型设备及模具之间的内在联系。希望能够对无论是从事塑加工的专业人员还是从事设备的选用或设计的工程技术人员都能有所启迪。

本书共十一章，其中第五章“常用塑料的注塑工艺”，由钟道仙、熊爱光撰写；第九章“热固性塑料注塑”由罗克航撰写。其余九章均由王兴天完成。

由于本书写作对象是面向整个注塑加工业，因此涉及面广，其中包括从原材料性质，成型机理、注塑工艺和设备及模具等内容，知识跨度较大，如有不妥之处，敬请读者原谅，并提出宝贵意见。

最后，在本书写作过程中，一直受到同行业朋友们热情关注和鼓励，特别是还受到轻工部和国家机械工业委员会有关部门领导的支持，借此机会向关心此书出版的各界朋友致以衷心地感谢。

编者

塑料成型加工丛书书目

塑料成型前加工——配混、干燥、粉碎

挤出成型技术

注塑成型技术

模压成型技术

压延与辗光

浇铸、滚塑与搪塑

泡沫塑料成型工艺

复合材料成型技术

塑料的机械加工

塑料连接、粘结与焊接

塑料固相成型与热成型

塑料喷涂与浸涂

塑料装饰

目 录

第一章 结论	1
第一节 注塑成型技术的发展	1
一、注塑成型技术发展概况	1
二、注塑成型理论的进展	5
三、注塑成型设备的近况	12
第二节 注塑机及其工作过程简介	16
一、注塑机的各部功能	16
二、注塑机的工作过程	21
三、注塑周期与工作循环	25
第三节 注塑用物料	29
一、概述	29
二、常用的注塑成型材料	30
三、热塑性弹性体(TPE)	35
四、注塑材料常用的填料	37
第二章 注塑用材料的有关性能	39
第一节 注塑材料的物理性能	39
一、一般物理性能	39
二、聚合物的热物理性能	46
三、聚合物降解及热稳定性	52
第二节 聚合物表面性能与相容性	56
一、摩擦性能	56
二、相容性	60
第三节 聚合物的力学特性	61
一、形变与应力关系	61
二、应力与时间的关系	62
三、形变与时间的关系	64
四、形变与温度的关系	66

第四节	聚合物的流变性能	70
一、	概述	70
二、	牛顿型流体的流变特性	71
三、	非牛顿流体的流变特性	78
四、	关于流变性能的讨论	83
五、	流变数据在注塑中的应用	107
第三章	注塑过程原理	108
第一节	概论	108
第二节	塑化过程	110
一、	柱塞式塑化	110
二、	螺杆式塑化	117
第三节	注射充模过程	138
一、	注射充模周期	138
二、	熔体在喷嘴中的流动	140
三、	熔体在模腔中的流动	150
第四节	增密与保压过程	173
一、	增密过程 (压实过程)	173
二、	保压过程	175
第五节	倒流与冷却定型过程	182
一、	熔体的倒流	182
二、	熔体的冷却定型	182
三、	脱模过程	186
第四章	注塑工艺参数及其调整	188
第一节	注塑工艺参数的选择与确定	188
一、	注塑参数	188
二、	合模参数	211
三、	温控参数	215
四、	注塑成型周期	226
五、	工艺参数选择实例	228
第二节	多级注塑工艺	232
一、	多级注塑原理	232
二、	多级注塑典型例	234
第三节	克服制品外观质量缺陷的工艺措施	249

第五章 常用塑料的注塑工艺	271
一、聚乙烯	270
二、聚丙烯	276
三、聚苯乙烯	284
四、ABS	292
五、聚甲基丙烯酸甲酯	299
六、硬聚氯乙烯	307
七、聚酰胺	313
八、聚甲醛	326
九、聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	342
十、聚碳酸酯	349
十一、聚砜	374
十二、改性聚苯醚	382
十三、热塑性增强塑料	388
十四、各种塑料的注塑工艺参数	398
第六章 注塑制品	404
第一节 概论	404
第二节 注塑制品的成型机理	406
一、结晶效应	406
二、取向效应	411
第三节 注塑制品的内部质量	418
一、内应力	418
二、冲击强度	423
三、制品收缩	429
四、制品熔合强度	434
第四节 注塑制品的表观质量	437
第七章 注塑机的型式、结构与选择	443
第一节 注塑机的型式与种类	443
一、注塑装置的型式	443
二、合模部件与注塑部件配置的型式	443
三、通用注塑机的型式与分类	456
第二节 注塑机的技术条件、技术参数与常设装置	459
一、注塑机的出厂要求	459

二、注塑机的技术参数	463
三、注塑机常设通用装置	465
四、注塑机专用装置	467
第三节 注塑机标准简介	468
一、注塑机机型标准	469
二、合模部件参数	470
三、注塑部分参数	476
四、注塑机的整机要求及检测	480
五、主要零件的技术要求与检测	481
六、总装要求及检测	482
第四节 合模部件的常见型式与结构	484
一、合模机构常见型式	484
二、有关合模机构的某些概念性问题	500
三、调模装置	514
四、顶出装置	517
五、合模机构安全保护装置	517
第五节 注塑部件的常见型式及结构	520
一、注塑装置传动型式	520
二、塑化部件的基本型式及结构	524
三、注塑喷嘴的基本型式及结构	547
第六节 注塑机的辅助系统	553
一、供料系统	554
二、干燥系统	557
三、加料与混合系统	559
四、机械手的使用	563
第八章 注塑机的液压与电气控制系统	565
第一节 注塑机的液压系统及其组成	565
一、概述	565
二、注塑机典型油路分析	570
第二节 注塑机常用液压元件	582
一、泵、油马达	582
二、阀类	591
三、液压附件	619

第三节	注塑机液压系统常见故障及其排除	627
一、	故障原因及排除方法	627
二、	注塑机的油路防漏措施	630
第四节	注塑机的继电控制系统	631
一、	注塑机继电器线路分析	631
二、	常见的线路故障及排除	642
第五节	注塑机的自动控制与调节系统	643
一、	注塑机控制与调节的基本概念	643
二、	注塑参数的控制与调节	655
三、	注塑机的压力、位移与扭矩的检测	660
四、	注塑机的温度控制与调节	668
五、	微处理机在注塑机上的应用	679
第六节	注塑机的安装与调试准备	686
一、	安装	686
二、	开车准备	686
第九章	热固性塑料注塑	690
第一节	概论	690
第二节	热固性塑料注塑原理及注塑工艺	693
一、	热固性塑料注塑原理	693
二、	热固性塑料注塑工艺	696
三、	影响注塑件成型收缩率的因素	713
四、	故障的出现及解决方法	717
五、	热固性塑料注塑工艺的不足之处	718
六、	无浇道废料的热固性塑料注塑工艺	721
第三节	热固性塑料无流道注压成型	729
第四节	液体环氧注塑工艺	735
第五节	热固性注塑料	738
一、	热固性注塑料的成型工艺特性	738
二、	热固性注塑料的组成	742
三、	热固性注塑料的种类	745
第十章	特种注塑成型	767
第一节	精密注塑成型	767
一、	精密注塑成型的概念	767

二、精密成型材料的选择	771
三、精密注塑成型中的收缩问题	772
四、精密注塑模具	774
五、精密注塑机的特点与选用	775
第二节 排气注塑成型	788
一、概述	788
二、排气式注塑原理	791
三、排气式注塑螺杆	796
四、排气口的结构	801
五、排气注塑工艺	804
第三节 结构发泡注塑成型	805
一、概述	805
二、结构发泡注塑方法	806
三、双组分结构发泡注塑成型	809
四、结构发泡注塑机理	817
五、影响结构发泡的工艺因素	820
六、发泡率与制品内部质量之间的关系	825
七、有关提高结构发泡制品表面质量的其它注塑技术	828
八、发泡剂	831
第四节 反应注塑成型(RIM)	832
一、概述	832
二、“RIM”成型设备	833
三、聚氨酯RIM成型	835
第五节 流动注塑成型(LIM)	842
一、概述	842
二、“LIM”成型设备	843
三、“LIM”成型的常用材料及其工艺	845
第六节 动力熔融注塑	847
一、概述	847
二、动力熔融注塑机的结构特点	848
三、动力熔融注塑成型特点	849
第七节 中空注塑成型	850
一、概述	850

二、注塑吹塑过程	852
三、注塑吹塑工艺	853
四、注-拉-吹中空成型	858
第八节 双层注塑成型(双清色注塑)	871
一、概述	871
二、双层注塑成型过程	871
三、双层注塑成型设备	873
第九节 BMC注塑成型	876
一、概述	876
二、BMC注塑成型设备	877
第十一章 注塑模具设计概要	879
第一节 注塑制品设计要点	879
一、材料选择	879
二、制品尺寸精度	881
三、制品主要尺寸的确定	883
四、制品设计举例	891
第二节 模具设计要点	896
一、模具设计与注塑机性能间的关系	897
二、模具设计与塑料间的关系	898
三、模具设计与制品外观质量之间的关系	901
四、模具设计程序	904
第三节 模具型式与结构	904
第四节 模具材料	907
一、模具材料的要求	907
二、特殊模具	908
三、模具各部材料及其热处理	909
第五节 模具强度与刚度计算	911
一、设计准则	911
二、型腔壁厚计算	912
三、模具尺寸精度	916
第六节 模具成型系统	920
一、普通流道系统	921
二、热流道系统	925

三、浇口系统	933
第七节 模具的脱模系统	935
一、勾料装置	936
二、顶出装置	937
三、螺纹退芯装置	942
四、侧向分型抽芯装置	944
五、模具导向装置	953
六、典型脱模系统分类示例	956
第八节 模具冷却系统	960
一、常见冷却形式	960
二、模具的热分析	960
第九节 模具加工与检验	968
一、机械加工精度	968
二、模具检验	970
参考文献	971

第一章 绪 论

第一节 注塑成型技术的发展

一、注塑成型技术发展概况

注塑成型是一种注射兼模塑的成型方法,又称注射成型。通用注塑方法是将聚合物组分的粒料或粉料放入注塑机的料筒内,经过加热、压缩、剪切、混合和输送作用,使物料进行均化和熔融,这一过程又称塑化。然后再借助于柱塞或螺杆向熔化好的聚合物熔体施加压力,则高温熔体便通过料筒前面的喷嘴和模具的浇道系统射入预先闭合好的低温模腔中,再经冷却定型就可开启模具,顶出制品,得到具有一定几何形状和精度的塑料制品。

上述这种通用注塑方法,是塑料成型加工最普遍也是最早的成型方法。早在工业革命末期,塑料、橡胶才开始面世,而最初发明的成型方法就是注塑成型法。

1862年英国亚历山大·柏士(Alexander Par Kes)展出了用注塑成型法制成的塑料梳子、伞柄和其它制品。当时希望使用在电器工业上,需要能够代替天然石蜡、树脂、角质、虫胶和天然橡胶作为电绝缘体的新材料。“柏士”塑料的主要成分是硝酸纤维素再加上少量其它物质,可使它具有塑性和其它物理机械等性质。

1869年英国一位印刷员海特(Hytt)改良了“柏士”塑料,制成了赛璐珞,但仍以硝酸纤维素(CN)为主,1878年他把赛璐珞注入一模出六个制品的模具中,这个模子已有主流道、分流道和浇口。实际上,在注塑形成之前,已经有了橡胶挤出机和金属压铸机。如在1845~1850年修筑英法的第一条海底电缆时,就是利用挤出机在外层包上橡胶生产出来的。直至20年以后才有热塑性聚合物面世。

1879年Gray在英国发明了第一部螺旋挤出机。差不多在同一时期，有人设计出更多的机型。在聚合物材料和注塑成型方法的发展中，聚合物材料和机器有着十分密切的联系，两者是相辅相承的。

由于赛璐珞可燃性强，不适宜注塑，直到1919年Eichengrun推出醋酸纤维素（CA）后，注塑技术才得到了进一步地发展。

1920年注塑已发展成为工业化的加工方法，可以使热塑性聚合物生产出复杂的制品。1926年在市场上已出售注射量为56.7g(2OZ)，用压缩空气推动的活塞式注塑机；1930年在德国和美国已有电力驱动的注塑机；英国FR Ncisshaw LTD还发明了压缩空气油压注塑机。

料筒是注塑机的核心，德国Hans Gastrov在1932年发明了有分流梭的料筒，增大了聚合物材料的加热面积，克服了塑料导热性差、受热不均匀等缺点。但是分流梭却占去了料筒内的一部分容积，增加了阻力，使熔体注入模腔困难。

1930年美国赛璐珞公司开发了螺杆熔料器式注塑法。1940年德国BASF公司又发明了螺杆直射注塑法，但是当时仍受到聚合物品种的限制而没有很大发展，直到第二次世界大战后，工程用的聚合物品种增加并相继投入工业化生产，才使注塑成型得到迅速发展。

70年代以来是整个塑料工业发展的重要历史时期，从民用塑料开发转向工程塑料是这个时期的主要特征之一。推动这种转变的重要因素是世界能源危机和金属材料价格的上涨。因而迫使人们大力发展工程塑料，实现“以塑代钢”、“以塑代木”、以塑料代替其它非金属工业材料的愿望。在此期间除了对原有工程塑料进行共混改性外，还创造了许多新型高分子材料。这些新型高分子材料的诞生对注塑技术提出了更高的要求。

现在世界工程塑料的销售量正以10%的速度增长。在工程塑料中80%采用注塑成型，其产品虽然只占全部注塑制品产量的20%，但总产值却占40%。如ABS经共混改性后，如今已有40多个品种，其中绝大部分用于注塑成型；聚苯乙烯（PS）、聚碳酸酯（PC）、

聚砜 (PSU)、聚酯等类经过共混改性后可注塑成各种“塑料合金”制品,作各种结构零件,广泛地应用在汽车、机械、航空、宇航、建筑等行业中。由热弹性体TPR、TRE和“亚加力”共混后,再加入不同的增塑剂和阻燃剂,可注塑成各种电子工业零件;用玻璃纤维增强的聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PETP)、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBTP) 热塑性聚酯塑料可注塑成型各种轴套、齿轮、滚轮等机械零件,使其热变形温度可达 224°C ,弯曲强度达 176.5MPa (1800kgf/cm^2)。俗称“赛钢”、“夺钢”的缩醛塑料是一种由聚甲醛衍生出来的甲醛环状三聚物,再加上25%玻璃纤维的增强填料,采用注塑法可加工出尺寸精度为0.1%的齿轮,以及杠杆、弹簧、轴承和滚筒等精密零件;聚苯硫醚 (PPS) 又称“雷腾”,经注塑可成功地做发动机活塞的叶轮,能在 200°C 高温条件下持续工作,并具有很高的机械性能;用热弹性体TBR改性的尼龙66经注塑的制品,其机械强度可比原来提高两倍,并在 -20°C 的低温条件下有抗冲击能力;美国GE公司生产的聚碳酸酯共混料,在 -50°C 下也耐冲击,这种注塑制品广泛地用在汽车制造业上。不久前GE公司生产出聚苯醚 (PPO) 共混料,其注塑制品可在 150°C 高温下持续工作。

用注塑成型方法还能成功地生产一些复合型材料的制品,如复合型导电塑料制品,是以不同树脂为基料,添加炭黑、金属氧化物、金属薄片、导电有机化合物或无机化合物,具有防静电、消静电和电磁波屏蔽等性能的塑料构成的,其注塑制品可广泛应用于电子工业部门,做各种电器元件。用注塑法还可生产热塑性塑料磁铁:这是由稀土类磁粉与聚酰胺等树脂经过混炼后在磁场中注塑的制品,磁粉最高充填密度可达95%。用注塑方法生产的塑料品种十分广泛,除了大多数热塑性树脂,如聚氯乙烯 (PVC)、聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、ABS、聚酰胺 (PA)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、氯化聚醚、聚砜 (PSU)、氟塑料、有机玻璃 (PMMA) 等通用塑料和工程塑料外,还有它们的共混料,都可用注塑法生产出具有不同力学、物理、耐磨、耐磨蚀等