

SULIAO ZHUSHE CHENGXING JISI

塑料注射成型技术

(高级工)

张玉龙 编著

第2版

DI 2 BAN



塑料注射成型技术(高级工)

第2版

张玉龙 编著



机械工业出版社

本书较为详细地介绍了塑料基础知识,塑料注射成型设备、模具、生产工艺;介绍了通用塑料、通用工程塑料、特种工程塑料、热固性塑料的注射成型与制备实例;还介绍了金属粉末注射成型、反应注射成型、精密注射成型、树脂传递精塑和气体辅助注射成型等新型注射成型工艺与制备实例;对常见注射制品缺陷进行了技术分析,对注射制品检测也进行了扼要介绍。

本书可作为从事塑料注射成型技术工人的培训教材和自学读本,也是塑料研究、产品设计、生产、管理、销售和教学人员必备必读之书。

图书在版编目(CIP)数据

塑料注射成型技术:高级工/张玉龙编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2013.4

ISBN 978-7-111-42195-5

I. ①塑… II. ①张… III. ①注塑-技术 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第077059号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:张秀恩 崔滋恩

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年6月第2版第1次印刷

169mm×239mm·24.25印张·484千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42195-5

定价:49.00元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

编辑热线(010)88379770

社服务中心:(010)88361066

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

塑料注射成型工艺是塑料制品成型加工中最常见的工艺技术，其技术成熟、设备齐全、生产效率极高，可用于各种塑料小型件和结构件的加工。其产品形式多样，用途十分广泛。该技术在国民经济建设、国防建设和人们日常生活中发挥了极为重要的作用。近年来，随着高新技术的应用和技术创新的不断进展，注射成型工艺技术也取得了长足进步，表现出良好的发展前景。

为了普及塑料注射成型工艺基础知识，宣传推广近年来的研究与应用成果，为从事塑料成型工作的高级工提供培训教材，我们组织编写了《塑料注射成型技术》（高级工）一书。该书自2007年6月出版以来，深受读者欢迎，累计销售超过万册。然而，近年来该领域技术发展很快，原书的一些内容已不适应现在的技术水平，因此我们对原书进行了修订，2版全书共分10章，较为详细地介绍了塑料基础知识，塑料注射成型设备、塑料注射生产工艺、通用塑料注射成型与制备实例。在新型注射工艺技术中主要介绍了金属粉末注射成型等制备实例和气体辅助注射成型与制备实例等。另外，本书还对塑料制品缺陷作了技术分析，并介绍了塑料制品性能检查方法与注意事项。本书可作为从事塑料注射成型技术工人的培训教材和自学读本，也是塑料研究、产品设计、生产、管理、销售和教学人员必备必读之书。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，侧重于实际操作和具体数据介绍，以实例和实际数据说明问题，由浅入深，循序渐进。本书结构清晰严谨，语言简练，图文并茂，凡是具有中等文化程度以上的人员均可看懂学会。若本书的出版发行能对我国塑料制品制造业技术创新与技术进步起到促进作用，作者将感到无比欣慰。

由于作者水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第一章 塑料的基础知识	1
第一节 概述	1
一、基本概念与范畴	1
二、塑料的主要品种与分类	2
三、塑料的基本特性	3
第二节 塑料的组成及其各组分的功能	6
一、树脂	6
二、塑料添加剂	13
第三节 塑料制品的成型方法	26
一、塑料制品的成型方法概述	26
二、塑料的注射成型	26
三、注射成型在塑料加工中的地位与作用	29
练习题	29
第二章 塑料的注射成型设备	30
第一节 热塑性塑料注射成型机	30
一、注射机的种类和组成	30
二、注射机的工作过程	33
三、注射机的主要技术参数	34
四、注射机的注射系统	41
五、注射机的锁模系统	44
六、注射机的液压系统	51
七、注射机的电气控制系统	56
八、注射机的操作	57
九、注射机的维护和故障排除	65
第二节 热固性塑料注射成型机	69
一、热固性塑料注射机的特征	69
二、热固性塑料注射机的结构	70
三、热固性塑料注射机的常见故障与排除	74
练习题	75
第三章 塑料的注射成型模具	76
第一节 注射成型模具的种类与特点	76
一、热塑性塑料注射成型模具的分类和组成	76
二、热塑性塑料注射成型模具的特征	77

三、热固性塑料注射成型模具	86
第二节 注射成型模具的常用材料	91
一、注射成型模具选用材料的要点	91
二、常用的模具材料	92
第三节 典型的注射成型模具	93
一、盖板零件的注射成型模具	93
二、数码相机外壳的注射成型模具	95
三、圆筒形带内螺纹零件的角式注射成型模具	98
四、热流道模具	100
第四节 塑料注射成型模具的安装与调试	106
一、注射模具调试前的准备	106
二、注射模具的安装	107
三、模具的调试与工艺调整	108
第五节 塑料注射成型模具的管理	108
一、模具的验收	109
二、模具的档案管理	109
三、模具库的管理	110
四、模具的保养与维护	110
练习题	111
第四章 塑料的注射成型生产工艺	112
第一节 注射机规格型号的选择	112
一、按制品的质量选择注射机的理论注射量	112
二、按制品成型用合模力选择注射机	112
三、选择注射机的注意事项	113
第二节 注射成型前的准备	113
一、原材料检验	114
二、塑料的着色与混合	114
三、塑料的干燥	116
四、嵌件的预热	120
五、脱模剂的选用	121
六、机筒的清洗	121
第三节 塑料的注射成型工艺	122
一、注射成型生产工艺过程	122
二、热塑性塑料的注射成型生产工艺	124
三、热固性塑料的注射成型生产工艺	131
四、塑料的注射成型工艺条件	134
第四节 塑料注射制品的后处理	138
一、热处理（退火）	138
二、调湿处理	139
三、模外冷却处理	140

练习题	140
第五章 通用塑料的注射成型	141
第一节 聚乙烯	141
一、聚乙烯 (PE) 简介	141
二、聚乙烯的注射成型	142
三、制备实例	145
第二节 聚丙烯	147
一、聚丙烯 (PP) 简介	147
二、聚丙烯的注射成型	149
三、制备实例	152
第三节 聚氯乙烯	154
一、聚氯乙烯 (PVC) 简介	154
二、聚氯乙烯的注射成型	155
三、制备实例	159
第四节 聚苯乙烯	162
一、聚苯乙烯 (PS) 简介	162
二、聚苯乙烯的注射成型	163
三、制备实例	166
第五节 ABS	168
一、ABS 简介	168
二、ABS 的注射成型	169
三、制备实例	174
第六节 聚甲基丙烯酸甲酯	178
一、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 简介	178
二、聚甲基丙烯酸甲酯的注射成型	178
三、制备实例	182
练习题	185
第六章 通用工程塑料的注射成型	186
第一节 聚酰胺	186
一、聚酰胺 (PA) 简介	186
二、聚酰胺的注射成型	189
三、制备实例	194
第二节 聚碳酸酯	201
一、聚碳酸酯 (PC) 简介	201
二、聚碳酸酯的注射成型	202
三、制备实例	210
第三节 聚甲醛	214
一、聚甲醛 (POM) 简介	214
二、聚甲醛的注射成型	214
三、制备实例	219

第四节 聚对苯二甲酸乙二醇酯	222
一、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 简介	222
二、聚对苯二甲酸乙二醇酯的注射成型	223
三、制备实例	228
第五节 聚对苯二甲酸丁二醇酯	231
一、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 简介	231
二、聚对苯二甲酸丁二醇酯的注射成型	231
三、制备实例	237
第六节 聚苯醚	240
一、聚苯醚 (PPO) 简介	240
二、聚苯醚的注射成型	241
三、制备实例	246
练习题	250
第七章 特种工程塑料的注射成型	251
第一节 聚苯硫醚	251
一、聚苯硫醚 (PPS) 简介	251
二、聚苯硫醚的注射成型	252
三、制备实例	253
第二节 聚砜类塑料	256
一、聚砜 (PSF) 类塑料简介	256
二、聚砜类塑料的注射成型	257
三、制备实例	261
第三节 聚醚醚酮	265
一、聚醚醚酮 (PEEK) 简介	265
二、聚醚醚酮的注射成型	266
三、制备实例	267
练习题	274
第八章 热固性塑料的注射成型	275
第一节 酚醛塑料	275
一、酚醛塑料简介	275
二、酚醛塑料的注射成型	276
三、制备实例	276
第二节 环氧塑料	280
一、环氧塑料简介	280
二、环氧塑料的注射成型	281
三、制备实例	281
第三节 不饱和聚酯	284
一、不饱和聚酯简介	284
二、不饱和聚酯的注射成型	286
三、制备实例	287

第四节 氨基塑料	290
一、氨基塑料简介	290
二、氨基塑料的注射成型	292
三、制备实例	293
练习题	296
第九章 塑料的新型注射成型技术	297
第一节 金属粉末注射成型	297
一、概述	297
二、制备实例	300
第二节 塑料的精密注射成型	304
一、概述	304
二、制备实例	307
第三节 反应注射成型	311
一、概述	311
二、制备实例	322
第四节 树脂传递模塑	328
一、概述	328
二、制备实例	335
第五节 气体辅助注射成型	339
一、概述	339
二、制备实例	344
练习题	349
第十章 塑料注射制品的缺陷分析与检测	350
第一节 塑料制品的缺陷分析	350
一、热塑性塑料注射制品的缺陷分析	350
二、热固性塑料注射制品的缺陷分析	363
第二节 塑料注射制品的性能检测	367
一、进厂材料的性能检测	367
二、塑料注射制品的外观及尺寸偏差检查	371
三、塑料注射制品的力学性能检测	373
四、塑料注射制品的实物性能检测	376
练习题	376
参考文献	378

第一章 塑料的基础知识

第一节 概 述

一、基本概念与范畴

(一) 树脂

树脂是高分子化合物的聚合物，简称高聚物。高聚物包括塑料、橡胶、合成纤维等材料。高分子化合物的特性及其聚集态，决定了树脂的性质。树脂分为合成树脂和天然树脂。一般组成塑料的树脂，包括由单体化合物聚合的树脂（如聚乙烯、酚醛树脂等），以及由天然高分子物经化学改性制得的高聚物（如聚乳酸、玉米降解塑料等）。

由单体化合物转变成高聚物的过程，称为聚合反应。聚合反应分为加成聚合反应和缩聚合反应。由单体加成聚合反应生成的聚合物，称为加成聚合物，如聚乙烯、聚丙烯等；由两种不同的化合物缩聚合反应生成的聚合物，称为缩聚合物，如聚酰胺、酚醛树脂等。缩合反应的过程会释放出水。若在加成聚合反应时，起始单体多于一种，或者在缩聚合反应时，起始反应物多于两种，所制得的聚合物称为共聚物，如ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物）、EVA（乙烯-醋酸乙烯共聚物）等。

根据大分子链的不同组成，高聚物的形态分为线型结构、支链型结构、网状结构，如图 1-1 所示。网状高分子化合物是在线型或支链型的大分子链之间，由原来单体或其他化合物或原子团产生交联作用而形成的。

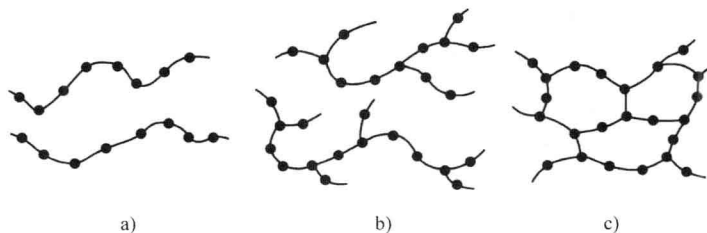


图 1-1 高聚物分子结构示意图

a) 线型结构 b) 支链型结构 c) 网状结构

根据聚合物受热后所表现的不同性能，可以分为热塑性聚合物和热固性聚合物。热塑性聚合物，如聚乙烯、聚酰胺等；热固性聚合物，如酚醛及脲醛聚合物

等。

在对高聚物进行区分时,不能简单地认为热塑性高聚物就是线型、支链型结构聚合物;热固性聚合物就是网状高分子结构聚合物。低密度聚乙烯(LDPE)是支链型高聚物;线型低密度聚乙烯是线型高聚物。若成型时,在塑料中加入交联剂,它们在交联剂及热的作用下,也可生成网状结构的交联聚乙烯,例如注射交联发泡聚乙烯拖鞋。热塑性酚醛聚合物在未固化成型前,也是线型结构聚合物,它们在固化剂及热的作用下,才形成为网状结构的热固性酚醛塑料,例如注射酚醛电器插座。

根据高聚物的聚集态区分,高聚物分为无定形聚合物和结晶型聚合物。

(二) 塑料

塑料是以人工合成或天然树脂为基础,与稳定剂、增塑剂、润滑剂、着色剂等多种添加剂组成的合成材料。它在一定温度和压力作用下,能塑制成一定形状制品,并且在冷却及压力解除后,在常温下仍能保持一定强度和形状不变。

单纯的树脂(高聚物)并不能成为理想的新材料,必须加入若干种添加剂后,才能成为有较好成型加工性能和使用性能的材料。例如,德国在1912年就成功地聚合出聚氯乙烯树脂,但由于缺少理想的添加剂,聚氯乙烯树脂直到1928年才投入工业化生产;而近几年,硬聚氯乙烯塑料制品能得到迅猛的发展,也是得益于添加剂业的发展。

在塑料中加入添加剂的影响,与树脂聚合反应在单体中添加的催化剂、引发剂作用不同。除交联剂、固化剂外,加入塑料中的添加剂只影响塑料的性能,不影响树脂的化学结构。各种添加剂与树脂混合后,以物理形式均匀分散于树脂中,形成多相或微多相结构。

塑料根据其受热后所表现的不同行为,可以分为热塑性塑料和热固性塑料。它们都可以选用注射成型的加工方法,制成各种塑料制品。

塑料具有密度低、力学性能较高、光学性能和热性能选择范围广的特点,还具有优良的电绝缘性和热绝缘性,良好的耐磨性和化学稳定性,相对低的成本和优异的成型加工性能。因此,塑料及其制品,在资源及环境保护的重重压力下,仍能逐年增长,应用范围不断扩大。塑料也具有容易老化,个别品种难于回收以及硬度较低、力学性能相对地低于金属的缺点。塑料、金属、陶瓷等材料,已成为当今的主要结构材料。

二、塑料的主要品种与分类

塑料作为结构材料使用,其历史远比金属材料 and 陶瓷材料短得多,但其品种的发展速度却很快,在短短的几十年间就有几百个品种问世。因此塑料有多种分类方法,最常用的是按树脂的受热特性和塑料的用途分类。

（一）按树脂的受热特性分类

按塑料加热冷却时树脂呈现的特性，分为热塑性塑料和热固性塑料两类。

1. 热塑性塑料 热塑性塑料的特征是塑料受热时软化，温度升高至一定数值时可呈现粘流态，当温度降低时（一般指室温）塑料变得坚硬。再次加热能再变软，冷却后又变硬，可以多次反复。

热塑性塑料除能多次反复加热冷却外，还能溶于某些溶剂，这种现象称为可熔可溶。常用的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS塑料、聚甲醛、聚酰胺、聚四氟乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）、聚碳酸酯和聚砜等。

2. 热固性塑料 热固性塑料的特征是塑料第一次受热时软化，冷却时固化并呈现刚硬状态。重新加热时不再软化，温度超过一定数值时发生分解。这类塑料不溶于溶剂，称为不熔不溶。常用的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料和不饱和聚酯等。

（二）按塑料用途分类

按塑料用途分为通用塑料和工程塑料两类。

1. 通用塑料 通用塑料通常指产量大、用量大、价格低廉、主要用于制造日用品的塑料。

有资料称，通用塑料的产量约占塑料总产量的3/4，成为塑料工业的重要支柱。常用的通用塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、ABS塑料、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、酚醛塑料和氨基塑料、不饱和聚酯等。

2. 工程塑料 工程塑料通常指具有较高力学性能及耐高温、耐腐蚀，在各类工程中用作结构材料的塑料。工程塑料又分为通用工程塑料和特种工程塑料。通用工程塑料主要有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚苯醚；特种工程塑料主要有聚四氟乙烯、聚苯硫醚、聚砜、聚醚醚酮、聚酰亚胺、聚芳酯、液晶聚合物等。

随着塑料工业技术的迅速发展和塑料应用的日益广泛，某些通用塑料也在工程中获得了应用。

小型家用电器中大量采用塑料零件，而这类产品已很难划分其属性——日用品或工业品，故也可认为某些原属工程塑料的品种也用于制造日用品。因此通用塑料与工程塑料之间实际上已无明显界限。

三、塑料的基本特性

（一）热塑性塑料

热塑性塑料具有可熔、可溶特性。热塑性塑料受热软化、熔融；当温度降低时，能变硬定形；若再次受热，仍能软化熔融，冷却变硬定型。这一过程可以反复

多次进行。热塑性塑料在某些溶剂作用下能溶胀、溶解。热塑性塑料边角料及废旧塑料, 可以回收复制成热塑性塑料制品。

用于注射成型的热塑性塑料, 主要有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS (丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚砜、聚苯醚等。

1. 高聚物的三种力学状态 由于高聚物的大分子结构和分子热运动特点, 高聚物在一定温度范围内呈现三种不同的力学状态: 玻璃态、高弹态、粘流态。它们可以用高聚物形变-温度曲线表示, 如图 1-2 所示。

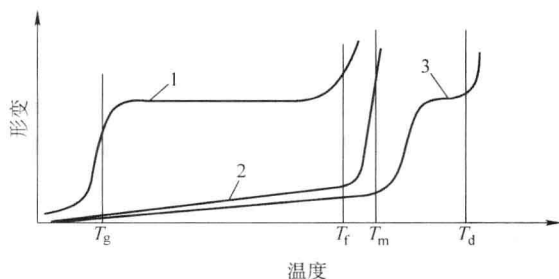


图 1-2 高聚物形变-温度曲线示意图

1—无定形聚合物 2—结晶型聚合物 3—高相对分子质量结晶型聚合物

T_g —玻璃化温度 T_f —粘流温度 T_m —熔融温度 T_d —分解温度

(1) 玻璃态。在温度较低时, 高聚物表现为像玻璃一样的刚硬固体称为玻璃态。这一温度称为玻璃化温度 (T_g)。处于玻璃态的高聚物, 有较好的力学性能, 受外力作用时, 形变值很小, 弹性模量较大, 形变是可逆的, 去除外力后立即恢复原状。玻璃态的高聚物不宜进行变形较大的成型加工, 但可进行机械加工 (车、铣、刨等)。若温度继续下降到脆化温度 (T_s), 则高聚物发脆、受力易断裂损坏, 视为高聚物使用温度下限。

(2) 高弹态。若聚合物处于玻璃化温度 (T_g) 以上、粘流温度 (T_f) 以下的温度范围时, 聚合物将处于既非固体又非粘性液体的橡胶态, 称为高弹态。在这个温度范围内, 聚合物的热膨胀会突然变大, 而且产生不可逆的形变。

(3) 粘流态。当温度升高到粘流温度 (T_f) 以上或熔融温度 (T_m) 时, 高聚物转变为粘性流体, 它在外力作用下会产生粘性流动, 其形变是不可逆。若温度继续升高到分解温度 (T_d), 高聚物就发生分解。高聚物粘流态位于 T_f 或 T_m 到 T_d 温度范围内, 这一温度范围越宽, 其成型加热温度越容易控制, 反之将增加成型操作的难度。粘流态的高聚物适合进行熔融纺丝、注射、薄膜挤出及吹塑、挤出、复合等成型。若在室温下, 聚合物就呈现粘流态, 即为有机粘合剂。

高聚物力学状态的转变受化学组成、分子结构、所受应力和环境温度的影响。若高聚物组成一定时, 它主要与温度有关。

2. 影响聚合物性能的主要参数 影响聚合物性能的主要参数有密度 (ρ)、相对分子质量 (M_r)、分子质量分布 (MWD)。为便于叙述, 以高密度聚乙烯为例, 说明这些参数对高聚物性能的影响。

(1) 密度 (ρ)。密度是指在规定温度下, 单位体积物质的质量, 其单位为 g/cm^3 。在相同温度下同体积的参比物质质量之比, 称为相对密度。对于同一品种的均聚物及共聚物来说, 均聚物具有最大的密度, 在一个较宽的相对分子质量范围内, 随聚合物中高相对分子质量分数的变化, 均聚物具有不同的密度; 而在共聚物中, 随共聚单体的加入, 而使共聚物的密度相应地降低。高聚物的密度与结晶率呈线性关系, 可用密度来衡量高聚物结晶率的变化。结晶是一种次序的状态。在该状态中, 各种分子以有规则的形式结合在一起。因此, 对于结晶型聚乙烯, 高密度聚乙烯比低密度聚乙烯有较高的结晶度; 均聚聚乙烯比共聚聚乙烯有较高的结晶度。高聚物随密度的提高, 其刚度、拉伸强度、硬度、耐溶剂性、阻渗性、耐热性等性能提高; 而耐环境应力开裂性、(缺口) 冲击强度、透明度等性能相对降低。

(2) 相对分子质量 (M_r)。相对分子质量表示高聚物中简单的全部单体分子的质量, 或由这些全部单体分子组合成的聚合物分子, 减去任何释放出的部分。高密度聚乙烯的相对分子质量范围一般为 4 万 ~ 50 万。相对分子质量可用多种测试方法测定, 如流变及相对分子质量测量。但这些试验方法对于生产企业比较复杂, 成本也较高, 而熔体质量流动速率 (MFR) 或熔体体积流动速率 (MVR) 是相对分子质量的一种快速而简单表征, 还能快速地指导高聚物成型工艺参数的选择。熔体质量流动速率大致与高聚物的重均分子质量范围相对应。高聚物的熔体质量流动速率低, 表征其相对分子质量高、熔体粘度高、熔体强度高。在注射成型时, 需选用较高的加热温度及较高的注射压力。而且, 高相对分子质量的高聚物, 有更好的力学性能、韧度、耐环境应力开裂性。

(3) 分子质量分布 (MWD)。在聚合反应过程, 由于使用的催化剂及聚合工艺的影响, 所生成的聚合物会存在不同的分子质量, 从而形成从窄到宽的不同分子质量分布范围。分子质量分布范围窄的高聚物, 成型性能差而制品力学性能高, 反则亦然。最常用的分子质量分布测量指数是不均匀指数, 它等于重均分子质量除以数均分子质量。高密度聚乙烯的不均匀指数范围是 4 ~ 30。不同型号聚乙烯的分子质量分布, 一般分成窄、中、宽三个范围, 它可从供应商提供的产品技术说明书中查获。在聚乙烯新品种中, 茂金属聚乙烯的分子质量分布范围较窄。而具有分子质量分布两个峰值的双峰聚乙烯, 其特点是具有一个高分子质量的组元及一个低分子质量的组元, 使该类聚乙烯既保持较高力学性能, 又具有较好的成型加工性能。

(二) 热固性塑料

热固性塑料受热后, 开始软化并具有一定的可塑性, 在更高的温度及压力下固化成型。此后, 不再具有可塑性, 若再继续加热, 也不能熔化, 而只会分解炭化。

热固性塑料制品不溶于任何溶剂。热固性塑料在成型过程中,既有物理变化,又产生化学变化;不仅外观发生变化,分子结构也由线型分子结构转变为网状分子结构,而且这一变化过程是不可逆转的。热固性塑料的废次品及废旧塑料不能作为塑料回收利用,仅能在磨粉后,作为填充剂或其他用途。

用于注射成型的热固性塑料,有酚醛塑料、尿甲醛塑料、三聚氰胺甲醛塑料、不饱和聚酯塑料、邻苯二甲酸二丙烯酯(DAP)和间苯二甲酸二丙烯酯(DAIP)塑料等。目前我国使用较多的是热固性酚醛注射塑料。

传统上,热固性塑料采用压缩成型方法制造制品。自从20世纪60年代起,热固性塑料注射成型才得以快速发展。由于热固性塑料在注射成型过程中,要连续完成物理、化学变化,故热固性注射料应具有下述特性。

1. 流动性 选择热固性注射料的最佳流动性范围,才能体现注射料的最佳流动能力的流动速度,使用最小的注射压力达到最好的注射效果。热固性注射料的拉格西流动性,一般应大于180~200mm。

2. 热稳定性 热固性注射料要有较好的热稳定性,以保证在注射成型过程中,熔化的注射料在机筒中有较长的存放时间,避免注射系统偶然出现故障,或熔料在机筒停留时间超过预设时间时,瞬时产生交联固化,维持正常的注射过程。在正常温控条件下,熔料应能在机筒中存放15~20min。

3. 塑化温度范围大 在注射成型过程中,热固性注射料要完成塑化—熔化—固化过程。若这一过程的温度范围大,注射成型工艺就能稳定可靠地控制,使热固性注射料能在物料粘度最低时,具有最佳流动性,最容易进行注射成型。一般热固性注射料最好在70~90℃塑化,95~120℃熔融。

4. 固化速度快 热固性注射料从塑化状态转变为固化状态的速度,称为固化速度。热固性注射料应能在较高温度下快速固化,既可提高生产效率,又能避免出现制品变形、尺寸不稳定及其他缺陷。

5. 成型收缩率小 由于热固性塑料在注射成型时,物料所承受的单位面积压力远小于压缩成型,故其制品成型收缩率较大。热固性注射制品的收缩率除受成型工艺影响外,还受注射料组分中的填料品种及添加量影响。填料约占注射料总质量的40%~50%,是热固性塑料制品的重要组分。

第二节 塑料的组成及其各组分的功能

塑料由主要组成物树脂和各种添加剂组成。

一、树脂

树脂(Resin)是高分子化合物的聚合物(Polymer)。高分子化合物的特性及

其聚集态决定了树脂的性质。树脂的性质在很大程度上决定了塑料的性质。

(一) 高分子化合物的合成与结构特点

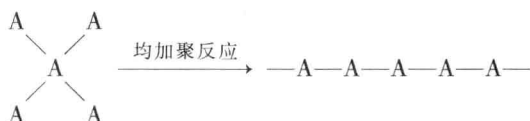
1. 单体 (Monomer) 高分子化合物是相对分子质量很大的化合物。它是由相对分子质量较小的低分子化合物经聚合反应而成。这种低分子化合物称为单体。

并不是所有低分子化合物都能成为单体, 如食盐 (NaCl)、水 (H₂O)、甲烷 (CH₄) 等都不能成为单体。因为这些化合物的分子处于饱和状态, 不能进行聚合反应。目前可作为单体的低分子化合物主要是含双键的不饱和的碳氢化合物, 某些复杂的环状化合物和含有特殊官能团的化合物。

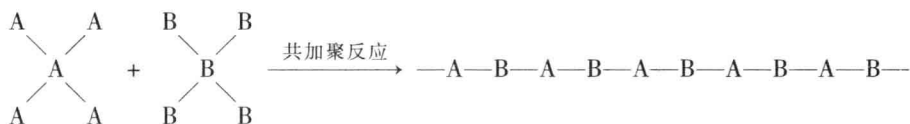
2. 聚合反应 (Polymerization) 由单体转变成聚合物的过程称为聚合反应。聚合反应有两种基本形式。

(1) 加聚反应。加聚反应亦称加成聚合反应, 其特点是参加反应的分散单体, 以共价键的形式连接在一起, 成为相对分子质量很大的大分子链。这种反应必须借助光、热和其他引发剂的作用才能进行。这种反应只是单体的连接, 没有其他小分子副产物生成。进行这种反应的单体主要是烯烃化合物和环状化合物。

参加加聚反应可以是一种单体, 也可以是两种或两种以上单体。单一单体的加聚反应称为均加聚, 其反应形式为



两种单体的加聚反应称为共加聚, 其反应形式为



(2) 缩聚反应。缩聚反应的特点是在反应过程中有某种低分子化合物产生, 如 H₂O、NH₃、卤化氢等。这种反应仍然必须借助光、热或引发剂的作用才能进行。缩聚反应生成的大分子链不是单体的简单重复, 而是形成与单体不同的结构。进行这种反应的单体主要是含有特殊官能团的化合物。

同加聚反应一样, 缩聚反应可以是一种单体, 也可以是两种或两种以上单体。由单一单体进行的缩聚反应称为均缩聚反应, 例如氨基酸均缩聚得到聚酰胺 (Polyamid, 简写 PA)。



由两种单体进行的缩聚反应称为共缩聚反应, 例如己二胺和己二酸经过共缩聚反应得到聚酰胺-66 (PA66)。

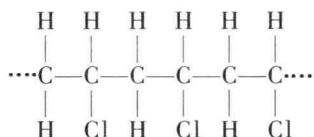




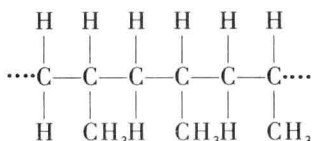
以上两种聚合反应中,均聚所得的聚合物亦称均聚物;共聚所得的聚合物亦称共聚物。

日用品塑料大多数是通过加聚反应制得的,工程上应用的塑料大多数是通过缩聚反应制得的。

3. 大分子链 (Chain) 的特性 由单体经聚合反应形成的高分子化合物很像一条长链,故亦称大分子链。不论是加聚反应或是缩聚反应形成的大分子链,都是由许多单元重复连接而成的。例如聚氯乙烯 (PVC) 大分子链的结构为



聚丙烯 (PP) 大分子链的结构为



(1) 链节与聚合度。这两种大分子链分别由 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$ (单元) 和 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

(单元) 重复构成。为了简单准确地表达这种大分子链的结构,将上述大分子链分别写成 $[\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}]_n$ 和 $[\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}]_n$, 方括号内为大分子链的重复单元,称为链节。 n 表示链节的重复个数,称为聚合度。

(2) 大分子的相对分子质量。一个大分子的相对分子质量等于链节的相对分子质量乘以聚合度。在分子化合物中,每个大分子的聚合度是不同的,因此每个大分子的相对分子质量也是不同的。这样在表示高分子化合物的相对分子质量时就不能以某个大分子为依据,而是用平均相对分子质量表示。

改变聚合条件可以控制高分子化合物的平均相对分子质量。相对分子质量大的聚合物具有较高的强度和硬度及较好的抗龟裂和抗蠕变性能。但随着相对分子质量的增大,聚合物的熔融粘度增大,不利于模塑成型。设计和制造塑料模具时,应对此影响予以充分注意。

(3) 主链与侧基。上述大分子链中的碳-碳链 ($-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$) 是大分子链的核心,称为主链。氢原子 (H)、氯原子 (Cl) 和 (CH_3) 基团称为侧基。主链