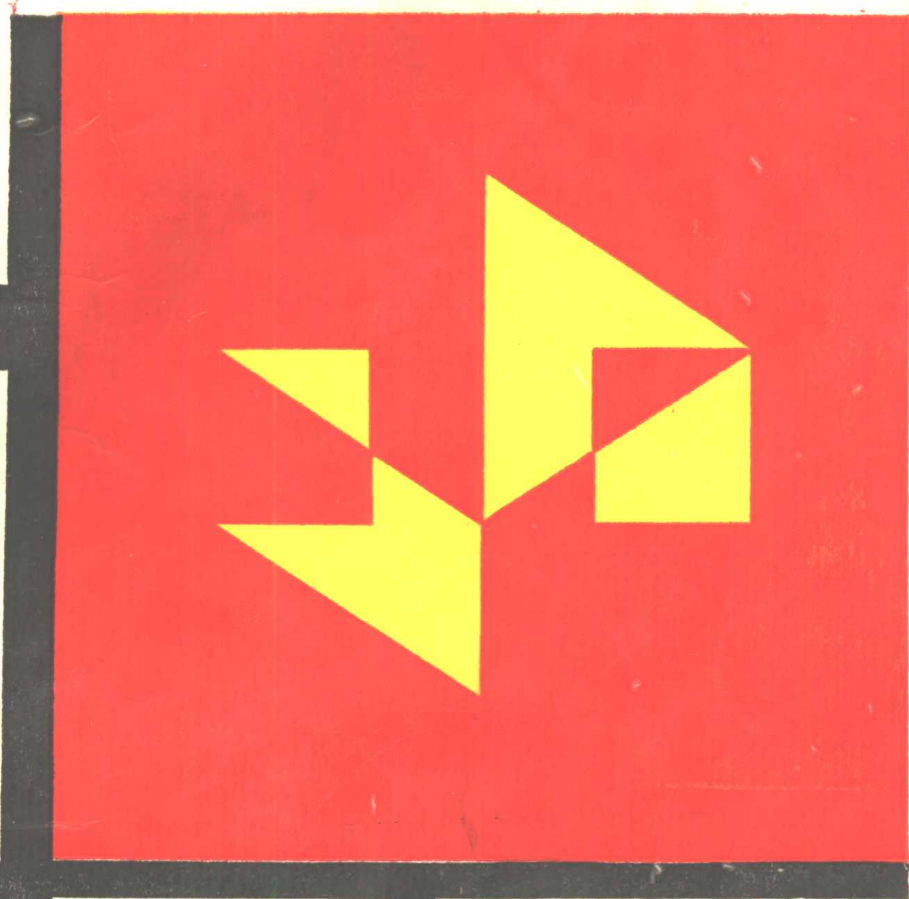


龚浏澄 秦立洁 编著
徐定宇 高春荣

塑料成型

加工实用手册



北京科学技术出版社

塑料成型加工实用手册

龚浏澄 徐定宇 编著
秦立洁 高春荣

北京科学技术出版社

内 容 提 要

本书以实用性、知识性、为编写准则。前五章主要阐述合成树脂与塑料改性（共混、复合、增强）和成型加工的基本理论，介绍合成树脂和添加剂的特征、用途和主要指标。第六章介绍生产前准备；第七至十一章叙述各种塑料成型的工艺路线、成型设备的主要结构及其功能、工艺参数、制品缺陷及其解决办法，其重点为挤出和注塑；第十二章阐述各种二次加工工艺、设备及有关参数。书末附有综合性的附录。

本书可供从事塑料成型加工专业的技术人员、技术工人、管理人员及在校师生参考。

塑料成型加工实用手册

龚浏澄 徐定宇 秦立洁 高春荣 编著

北京科学技术出版社出版
（北京宣门外南路19号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京印刷一厂印刷

787×1092毫米 16开本 27.75印张 680千字

1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷

印数 1—8800册

ISBN 7-5304-0516-0/T·103 定价：11.50元

序

随着我国石油化学工业的高速发展,塑料工业大发展的帷幕已经拉开,塑料制品的年产量已突破200万吨,大批中、小型塑料厂如雨后春笋般地发展起来,从事塑料工业的技术人员、经营管理人员和工人队伍不断壮大,他们需要有关塑料的原材料和成型加工方面的知识。同时,从国外引进和国内开发了一大批新工艺、新技术、新产品和新设备,这些应该消化吸收和总结推广。

在这个新形势下,我们尽量本着实用、可靠,理论与实践相结合的原则编写这本手册,希望对广大从事塑料工业的读者有所裨益,尤其是技术力量薄弱的小型企业起手册性的作用。但是,由于时间和篇幅的限制,再加上我们水平有限,难免有挂一漏百。对书中的错误和不妥之处、恳请广大读者批评指正。

本书第一、二、三章,第七章的三、五两节和第十二章的一、三两节由龚浏澄撰写;第四、五章,第七章第二节,第十一、十二章的第二节由徐定宇撰写;第六、八章和第七章第四节、第九章六、七、八节和第十二章第四节秦立洁撰写;第九章一~五节和九节及第十章、第十一章的第一节由高春荣撰写。全书由龚浏澄主编。

第一至第五章承蒙全日光教授审阅,特此感谢。

16946525

目 录

第一章 结论	(1)
一、塑料工业的发展	(1)
二、塑料的特征与分类	(2)
三、塑料成型加工方法	(5)
四、塑料制品设计制造程序	(7)
第二章 合成树脂与塑料	(9)
第一节 聚烯烃	(9)
第二节 乙烯基塑料	(16)
第三节 苯乙烯类塑料	(21)
第四节 聚酰胺树脂	(24)
第五节 丙烯酸类树脂	(27)
第六节 线型聚酯、聚醚	(30)
第七节 氟塑料	(34)
第八节 纤维素塑料	(36)
第九节 酚醛树脂	(38)
第十节 氨基塑料	(41)
第十一节 聚氨酯塑料	(42)
第十二节 不饱和聚酯	(44)
第十三节 环氧树脂	(45)
第十四节 呋喃树脂	(49)
第十五节 耐高温聚合物	(49)
第十六节 有机硅	(53)
第三章 塑料用添加剂	(55)
第一节 增塑剂	(56)
第二节 抗氧剂	(64)
第三节 热稳定剂	(69)
第四节 光稳定剂	(72)
第五节 着色剂	(78)
第六节 填料及增强材料	(86)
第七节 发泡剂	(90)
第八节 阻燃剂	(93)
第九节 交联剂与固化剂	(95)
第十节 润滑剂	(98)
第十一节 抗静电剂	(101)
第十二节 其他添加剂	(103)

第四章 塑料成型的基本原理	(107)
第一节 塑料成型的理论基础.....	(107)
第二节 成型过程中塑料制品的结晶与取向.....	(111)
第五章 高聚物的改性	(116)
第一节 共混改性.....	(116)
第二节 填充和增强改性.....	(124)
第六章 原材料的成型前准备	(143)
第一节 物料的预处理.....	(143)
第二节 物料的输送与计量.....	(148)
第三节 混合工艺与设备.....	(149)
第四节 造粒.....	(157)
第五节 物料配制流程.....	(157)
第六节 物料的回收.....	(159)
第七章 热固性塑料成型工艺	(161)
第一节 压缩模塑.....	(161)
第二节 传递模塑.....	(172)
第三节 热固性塑料注塑成型.....	(176)
第四节 层合.....	(185)
第五节 玻璃钢.....	(190)
第八章 压延、复合与人造革生产	(201)
第一节 压延薄膜和硬片.....	(201)
第二节 薄膜复合技术.....	(217)
第三节 聚氯乙烯人造革的生产工艺.....	(233)
第九章 挤出成型	(237)
第一节 挤出理论与挤出成型的特点.....	(237)
第二节 挤出机的分类、主要结构与技术参数.....	(239)
第三节 管材挤出设备及工艺.....	(250)
第四节 板材挤出成型设备及工艺.....	(261)
第五节 异型材料挤出设备及工艺.....	(269)
第六节 吹塑薄膜.....	(276)
第七节 中空吹塑成型.....	(290)
第八节 挤出低发泡设备及工艺.....	(306)
第九节 挤压、推压成型设备及工艺.....	(310)
第十章 注射成型	(315)
第一节 注射成型原理与特点.....	(315)
第二节 注塑机的基本结构与技术参数.....	(327)
第三节 新型注射成型工艺.....	(340)
第十一章 其他成型工艺	(345)
第一节 铸塑.....	(345)

第二节	回转成型.....	(348)
第三节	流延薄膜.....	(356)
第十二章	塑料二次加工.....	(358)
第一节	塑料件的固定与连接.....	(358)
第二节	塑料的热成型.....	(377)
第三节	静电喷涂.....	(389)
第四节	塑料印刷.....	(389)
第五节	塑料镀膜.....	(402)
附录	(407)
一、	塑料及添加剂缩写符号.....	(407)
二、	树脂和塑料国家标准题录.....	(410)
三、	塑料测试国家标准题录.....	(410)
四、	悬浮法聚氯乙烯国家标准.....	(411)
五、	聚乙烯国家标准.....	(412)
六、	聚丙烯及其共聚物命名.....	(413)
七、	酚醛塑料国家标准.....	(414)
八、	热塑性塑料性能一览表.....	(416)
九、	热固性塑料性能一览表.....	(429)
参考文献	(433)

第一章 绪 论

随着高分子科学的创立和发展,石油化工的迅速发展和成型加工技术的不断开拓,作为高分子合成材料的塑料,以其原料丰富、制造容易、成本低廉、比强度(强度与密度之比)大和性能优良、适应性强等特点,已从代替部分金属、木材、皮革及无机材料,发展成为各个部门不可缺少的一种化学材料,并跻身于金属(钢铁、铝、铜等)、纤维材料(木、棉、丝、麻、皮革、毛、纸、绸等)和硅酸盐(玻璃、陶瓷、水泥等)三大传统材料之列,因而被称为重要的新型材料之一。以塑料为主体的建筑材料在建筑工业中已列为金属、木材、水泥以外的第四大类建材。

世界塑料产量1938年仅为30万吨,到1984年就已达到7200万吨。在我国国民经济中,塑料制品已成为各行各业不可缺少而重要材料之一。

一、塑料工业的发展

世界塑料工业的发展,大致分为如下几个阶段。

1. 初创阶段

酚醛(PF)、脲醛(UF)、硝酸纤维素(CN)及醋酸纤维素(CA)的工业化。其特征是用间歇法、小批量生产、规模不大。

2. 发展阶段

30年代,低密度聚乙烯(LDPE)、聚苯乙烯(PS)、聚氯乙烯(PVC)和聚酰胺(PA)等热塑性塑料相继工业化,奠定了塑料工业的基础,并为其进一步发展开辟了道路。

3. 飞跃阶段

从50年代中期到60年代末,石油化工的高速发展为塑料工业提供了丰富而廉价的原料。齐格勒-纳塔用有机金属络合物定向催化体系聚合工艺的创立。高分子学科的进一步发展及聚合技术的开拓,使得高密度聚乙烯(HDPE)和聚丙烯(PP)工业化。工程塑料也因聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)、聚酰亚胺(PI)等的相继出现并实现工业化生产,使得塑料向耐高温的领域突破。增强及复合材料的出现使塑料步入高强度、耐高温的尖端材料领域。这一阶段,塑料的产量和品种不断增加,成型加工技术更趋完善。

4. 稳定增长阶段

70年代以来,由于石油危机和资本主义周期性的经济危机,原材料价格猛涨,塑料的增长速度显著下降。这一阶段塑料工业的特点是:通过共聚、交联、共混、复合、增强、填充、发泡等方法来改进塑料性能,提高产品质量,扩大应用领域,生产技术更趋合理。生产工艺的自动化、连续化,产品的系列化,以及不断开拓功能性塑料的新领域。

我国的塑料工业起步较晚,40年代只有酚醛和赛璐珞(CN)两种塑料,年产量仅200吨。50年代末,由于万吨级聚氯乙烯装置的投产和70年代中期几套引进石油化工装置的建成投产,使塑料工业有了两次跃进,与此同时,塑料成型加工机械和工艺方法也得到迅速发展,各种加工工艺都已齐全。

增塑剂等塑料添加剂是塑料工业中不可缺少的组成部分，它在成型加工过程中起着重要作用，还直接影响制品的性能和用途。所以，添加剂的开发应用是促进塑料工业发展的重要环节。

二、塑料的特征与分类

1. 塑料的特征

塑料是一种具有高分子量的有机化合物，一般是以固体形态存在的合成树脂或改性了的天然树脂，在热和压力等作用下可以流动，形成一定形状的一类物质。通常，它还包括相当量的增塑剂、稳定剂、填料、增强材料及其他配合剂。

目前已知的有机化合物达几十万种，大多数分子量在500以下。通常，分子量 (\bar{M}) 在10000以上的叫高分子化合物，1000以下的叫低分子化合物。但酚醛、脲醛等树脂的分子量仅100~300，只有在固化剂存在下，经加热、加压作用交联后才形成分子量非常大的热固性塑料。高分子化合物与低分子化合物相比，无论在化学性能和物理性能上，其差异都是悬殊的（见表1-1）。

表 1-1 高、低分子量化合物的性状

物 质	分子量	一个分子中的碳原子数目	形态	性 状	用途
甲烷	16	1	气体		
低分子物	<1000	1~100	气、液体	结晶	单体
中等分子化合物	$10^3 \sim 10^4$	10~100	固体	硬而脆→硬→脂膏状	中间体
高分子化合物	$10^4 \sim 10^6$	$10^3 \sim 10^5$	固体	硬而强韧→硬而脆或柔曲	塑料
超高分子化合物	$>10^6$	$>10^5$	固体	强韧，成型困难	塑料

塑料、合成橡胶、合成纤维都是高分子化合物，统称为合成材料。它们之间也存在着明显的区别。橡胶的弹性很大，杨氏模量很低，是线性分子，分子间存在着交联键，无结晶性，分子间的凝聚力小（见表1-2）。纤维的拉伸强度和弹性模量都很高，分子具有对称性，分子间凝聚力大，有高度结晶性，纤维定向拉伸后，在拉伸方向的性能提高。塑料则介于橡胶与纤维之间，只有聚乙烯因与易于结晶的分子结构有关而显得特殊（见表1-2）。

表 1-2 高分子物质的比分子凝聚力

高分子物质		比凝聚力
橡 胶	聚丁二烯PP	1.1
	天然橡胶	1.3
塑 料 纤 维	聚乙烯	1.0
	聚氯乙烯	2.6
	聚苯乙烯	4.0
	纤维素	6.2
	聚酰胺 生丝	5.8 9.8

塑料品种繁多，各有其特征。塑料制品的外观特征是生产、应用者首先能感觉到的，对有些商品来说是至关重要的。表1-3列出了各主要塑料品种及其塑料制品的形状和外观特征。

表 1-3 塑料与制品外观

塑料品种	制 品 形 状						塑 料		制 品		外 观 特 征	
	制品	层合品	薄膜	泡沫体	单丝	弹性体	透明度	色调	透明度	色调		
PVC	○		○	○	○	○	透	非	透→透不	非→着	与PVC相似 纤维	
PVCA	○	○	○	○		○	透	非	透→不	非→着		
PAFM				○	○		透	非	—	非→着		
PVB			○				透	非	—	—		
PVAL			○				透	非	透	非→着		
PVDC			○	○	○		透	非	透	—		
PE	○		○	○	○		半透	白	半透	着、非		半透明薄膜、密封容器盖
PP	○		○		○		半透	白	透	着、非		硬
PS	○		○	○			透	非、着	透	着、非		有金属声、硬、透明
ABS	○			○			乳	白	乳	着非		
AS	○						透	非→褐		普通兰色	硬 蓝色	
PMMA	○						透	非	透→不		透明	
PA6	○		○	○			乳	微褐	半、乳	着~非	孔白、强韧	
PA66	○			○			乳	微褐	半~乳	着~非		
CTA			○	○			透	非	透、半透	着色、非	胶片	
EC	○						透	非	透、半透	着色、非	与CAB相似	
CAB	○						透	非	透、半透	着色、非		
CN	○		○				透	非	透、半透	着色、非	极易穿	
POM	○					○	乳	微褐	半、乳	着色、非	强弹性，制齿轮、轴承	
PC	○		○				透	非	半、乳	着色、非	强度大	
PTFE	○		○		○		乳、半	白	半、乳	普、非	摩擦系数小、制薄膜、制品	
PCTFE	○						乳	白	半、乳	普、非		
EVA	○		○				透	非	透	着、非	比PE弹性大、抗冲击好	
GRPET	○						乳	微褐	不透	着、非	非常坚硬，制电气制品	
PPO	○						乳	微褐	不透	着、非		
TPB	○		○				透	非、着	透	着、非	0.83	

○—各种塑料品种可具有的产品名称，如制品，指薄塑制品，包括挤塑制品。

透—透明；半透—半透明；乳—乳白色；不—不透明；非—指没有色调，即无色；白—白色；着—带有颜色；褐—呈褐色。

塑料的成型加工性、物理和化学性能也是塑料工作者和使用者所关心的重要特征。表1-4列出了各种塑料的特性。

总之，塑料具有下列优缺点：

优点：①易于成型，设计的自由度高；②容易着色，能制成具有金属感、木质感、大理石和珍珠色彩的效果；③不用后加工即可得到外观美的制品；④从透明到不透明，从硬到软，从坚实的固体到柔软的、发泡体等性能差异悬殊的材料；⑤材料可随心所欲制得各种形状（薄膜、板、片、发泡体、制品、挤出异型材、纤维等）；⑥比其它工业材料轻（PP相对密度为0.9，最重的PTFE相对密度仅为2.2）；⑦电性能优异（包括高频，低频绝缘和导电或半导

表 1-4 塑料特性一览表

塑料	成型性	机加工性	耐冲击性	强韧性	耐磨耗性	耐蠕变性	可挠性	润滑性	透明性	耐候性	耐溶剂性	耐药品性	耐燃性	热稳定性	耐寒性	耐湿性	尺寸稳定	价格低
PE	◎	◎	◎		◎		○	○			○	○			◎	○		◎
PP	◎	◎			○		○				○	○				○		◎
PVC	◎	○			◎		◎		○			○	○			○	○	◎
PS	◎								◎							○	○	◎
ABS	◎	◎	◎	○					◎							○	○	○
PC	○	◎	◎	◎	○	○		○	◎				○	○	○	○	○	○
PMMMA	◎	◎							◎	◎						○	○	○
PA	○	◎	○	◎	◎	○		○	◎		○		○	○	○	○	○	○
POM	○	◎	○	◎	◎	○	○	○			○	○		○	○	○	○	○
PPO	○	◎	○	◎									○	○	○	○	○	○
PPS				○		◎		○			○	○	○	◎	○	○	○	○
PI		○		○	◎	◎				○	○	○	◎	◎	◎	○	○	○
PSV		◎	○	◎		○			○			○	○	○	○	○	○	○
PET	○	○	○	◎		○		○	○		○		○	○	○	○	◎	○
PBT	○	○	○	◎		○									○	◎	◎	○
PTFE		○	○		◎		○	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	○		○
PTFE	○	○	○		◎		○	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	○		○
PVOF	○	○	○		◎		○	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	○		○
PAR		◎	○	◎		○	○		○				○	○	○	○	○	○
TPE	◎	○	◎				◎				◎	◎				○		○
CA	◎	◎	◎	◎			○		○	◎						○	○	○
PF	◎	○	○		○	◎					○	○	○	○	○	○	○	◎
MF	◎	○	○		○	◎					○	○	○	○	○	○	○	◎
UF	◎				○	◎			○	◎		○	○	○	○	○	○	◎
UP	◎		◎	◎	○	◎			○	◎		○	○	○	○	○	○	◎
EP	○		○	◎	○	◎	◎		○	◎		○	○	◎	○	○	○	○
SI	○	○	○				○		○	◎			○	◎	○	○	○	○
PUR	○	◎	◎	○	◎		◎				○				◎	○		○

◎：优；○：良；◎：优劣取决于牌号；⊕：加入增强材料；Ⓢ：软质制品。

PAR：共聚芳酯（双酚A类），polyarylate。

TPE：热塑性弹性体。

体)；⑧导热性低，没有金属的冷感；⑨耐水性优，不生锈，不腐蚀；⑩无论是大量生产还是少量制造，所耗能量都低于其他材质的生产；⑪与其他材料容易复合、粘接；⑫耐化学药品性能优。

·缺点：①耐候性一般都差，特别不耐紫外光；②耐热性低，高温下性能下降；③多数塑料易燃；④与钢铁相比，刚度和强度低，抗反复载荷性弱；⑤易产生静电；⑥热膨胀系数大，尺寸稳定性差，约为金属的10倍；⑦表面硬度低，易擦伤；⑧耐有机溶剂性差，有吸水性；⑨耐久性差。

2. 塑料的分类

(1) 按性质分类

类别	特 征	典型塑料
热塑性塑料	线型或带支链的高分子化合物，受热可软化和流动，可多次反复塑化成型	PE、PP、PS、PVC
热固性塑料	树脂为多官能团大分子，在固化剂和热、压作用下可软化(或熔化)并固化成不溶、不熔的立体型结构高分子化合物	PF、UF、MF、EP、UP

(2) 按高分子主链的元素结构分类

类别	特 征	典型塑料
碳链高分子	主链全由碳原子构成，多属加聚物	PE、PVC、PS
杂链高分子	主链除碳原子外还有O、N、S、P等原子，多属缩聚物	UP、PA、PUR、PPS
元素高分子	主链不一定含碳原子，主要由Si、O、N、Al、B、P、Ti等元素构成，也多属缩聚物	SI

(3) 按应用功能分类

类别	特 征	典型塑料
通用塑料	原料来源丰富，产量大，应用面广，价格便宜，成型加工容易	PVC、PE、PP、PS、PF、UF、MF
工程塑料	综合性能(电性能、机械性能、耐高低温性)好，可代替金属作工程结构材料	PA、ABS、PC、POM、PBT、PET
功能塑料	具有某种物理功能，如耐高温、耐烧蚀、耐辐射导电、导磁	PI、PASF、PPS、聚苯、吡咙等

三、塑料成型加工方法

塑料工业包含树脂生产和塑料制品生产(即塑料成型加工业)两个系统,没有制品生产,塑料就不能成为生产或生活资料。塑料制品生产是根据各种塑料固有的性能,利用成型加工手段使其成为具有一定形状而又有使用价值的物件或定型材料。塑料制品生产主要由成型、机械加工、修饰和装配四个过程组成(见表1-5)。成型是将各种形态的塑料(粉料、粒料、溶液、糊料或分散体)制成所需形状的制品或坯件的过程,它是成型加工中最重要且不可缺少而过程。其它三个过程视制品要求而取舍。机械加工指在成型后的工件上进行钻、车、铣等过程,以完成成型工艺无法实现或完成不得不准确的作业;修饰的目的在于美化制品外观或为达到其它目的(例如为提高制品的介电性能就要求它具有高度光滑的表面);装

成型加工过程既要针对不同塑料的特征选择最合理的成型加工工艺条件,又要针对制品的要求取得满意的产品。这就涉及到对温度、压力、时间、模具设计的因次及各种添加剂配比等参数进行控制,这也是本书的主要内容。

表 1-5 各种塑料适应的成型方法

塑料品种	成型方法		层合		注塑	挤塑	吹塑	压延	板材		压铸	搪塑	回转型	发泡成型
	模压	传递模塑	(高压)	(低压)					热成型	冷成型				
ABS					◎	◎	○	○	◎	○				◎
AS					◎	○	○							
CN	○					○			◎	○				
CA					◎	◎	○	○	○				○	
EP	◎	◎	○	◎	○						◎			
EVA	○				◎	◎	◎	○	○					◎
MF	◎	◎	◎		○									
PA	○				◎	◎	○							
PC	○				◎	◎	○		○	○	○		○	
PDAI	◎	○		◎	○					○				
PE	○				◎	◎	◎		○					◎
PF	◎	◎	◎		◎	◎					○			○
PMMA	○				◎	◎	○		◎		○		○	
POM					◎	◎	○							
PP					◎	◎	◎		○	○			○	○
PPO					◎	◎	○			○				○
PS					◎	◎	◎		◎					◎
PTFE	◎				○	○							○	
PUR	○	○			◎	○	○		◎		◎			
PVC	○			◎	○	◎		◎		○		○		◎
PVDC	○					◎						○		◎
SI	◎			◎							○			○
UF	◎	◎	◎		○						○			○
UP	◎	○		◎	○						○			○

◎—最适用的方法；○—可以采用的方法

配是将各个已完成的工件连接或配套安装，以使其成为一个完整制品的过程。表1-5为各种塑料适用的成型方法。

目前，世界上通用热塑性塑料的产量几乎占塑料总产量的80%，我国也不例外。这些塑料的加工都是物理加工技术（例如注射、挤出、压延等），也就是塑料通过加热—熔融冷却的过程而成制品。近20年来，成型加工技术发展很快，但基调变化不大，不过已由单向型向组合型发展（例如挤—拉—吹、注—拉—吹、挤—热成型、挤—复合）；由一般向特殊条件的成型加工技术发展（例如高压、高温、高真空、等离子喷涂等）。此外，化学加工技术也大有进展，例如反应注射成型的发展。

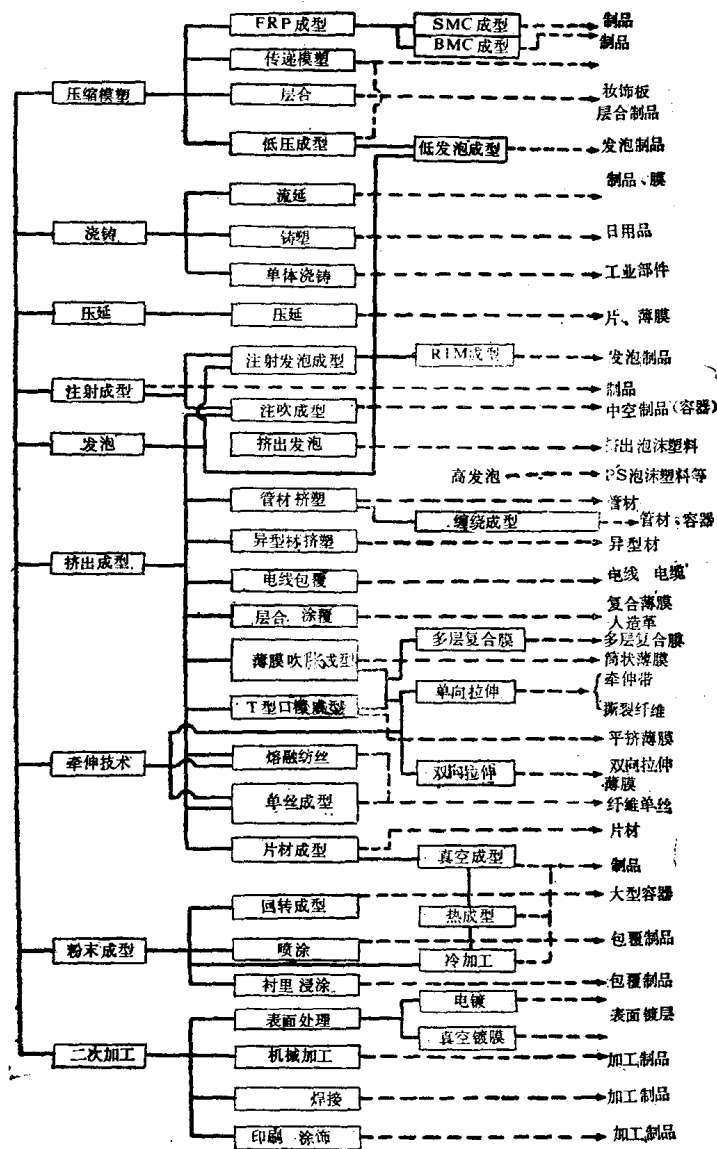


图 1-1 塑料制品生产系统

四、塑料制品设计、制造程序

当接受一个制品任务时，技术人员首先要收集三方面的资料：①材质方面（包括塑料的性能、优缺点、改性可能性、加工性能、价格等）；②成型加工方面（如适合的成型、加工方法，表面装饰，成型设备和模具等）；③制品应用方面。

然后，按下列程序进行制品的设计和制造：①根据用户提供的制品质量要求，外观与外形要求、使用环境和使用功能，以及要求数量的交货时间等基本资料，确定材质，即选用塑料品种、牌号和配方；②选用适当的成型、加工工艺；③设计制品图；④设计模具图；⑤选择模具的材质和制造模具；⑥确定工艺条件并试生产；⑦试产产品检测；⑧试用；⑨投产；⑩产品追踪调查，积累数据资料；⑪改进制品和模具设计。

在进行材质的选择时应按下列顺序进行：

①降低成本；②减轻重量；③提高外观质量；④提高耐腐蚀、耐药品和其它性能；⑤适宜成批生产；⑥组装容易；⑦部件尽可能一体化，使组装作业省力省工；⑧品质均一、稳定；⑨使用寿命长和维护管理费用低。

在选择材质时应考虑以下事项：①使用环境的温度变化，所选材质是否耐高温；②接触物质的耐性（水、溶剂、油、化学介质……）；③日光的影响；④对使用载荷的耐性；⑤食品卫生和使用中的安全性；⑥绝热、绝缘的程度；⑦耐弯曲强度；⑧耐燃、耐焰性；⑨经济性；⑩必要的尺寸精度和尺寸稳定性；⑪表面装饰和外观的满足程度；⑫光学特性；⑬耐蠕性；⑭抗菌性；⑮其它要求。

在材质的选择过程中，主要根据上述要求和塑料的优缺点及原料来源的稳定性等多方面因素综合评定。现以聚丙烯和高密度聚乙烯为例。两者比较相似，但也有所不同，如：

（1）外观：从制品表面光泽方面看应选PP；从细小纹理的再现性方面看应选PP，因HDPE成型收缩率大，在成型过程中常因收缩而较早离开模腔表面；从透明程度上看应选HDPE；若要制造能看见内盛物的容器如注射器等医用器具或瓶类等则选用PP为好。

（2）尺寸稳定性：从外观与尺寸稳定性角度看，应选用PP。

（3）使用环境温度：HDPE的热变形温度为71℃，而PP为110℃，从蒸气杀菌和耐热要求来看，当然要用PP；但从低温性能方面看，则HDPE耐寒性和耐低温冲击性都大大地优于PP，因而凡寒冷地区、冷库、冻室等所用制品皆以HDPE为佳。

（4）耐候性：HDPE优于PP，HDPE在室外可用10年以上，在地下已有使用近30年仍“安然无恙”的实例，耐冲击性也好。

（5）轻量化与价格：PP较轻，价格则与HDPE相差无几，因而主要从成型角度来衡量，若注塑制品，则用PP；若挤出或回转成型，则用LDPE。

（6）耐化学介质性：HDPE和PP的耐热品性都好，但HDPE更好一型，且HDPE的耐油性也优于PP，不过作为医疗器具和容器，洗涤剂瓶等常用PP（HDPE在洗涤剂作用下易应力开裂）。

第二章 合成树脂与塑料

本章着重介绍各种合成树脂与塑料的特征、成型方法和用途，有关具体性能指标则列于附录一。

第一节 聚 烯 烃

聚烯烃(PO)系指以乙烯、丙烯、丁烯等烯烃为主的均聚物和共聚物，也包括部分改性、共混、增强、复合物。主要品种有：低密度聚乙烯(LDPE)、线性低密度聚乙烯(LLDPE)、中密度聚乙烯(MDPE)、高密度聚乙烯(HDPE)、高分子量高密度聚乙烯(HMWHDPPE)、超高分子量聚乙烯(UHMWPE)、甚低分子量聚乙烯(VLDPE)、交联聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)、聚丙烯(PP)、聚1-丁烯(PB)、聚4-甲基-1-戊烯(P4MPI)、热固性丁二烯(TSPB)、离子键聚合物(IO)等。

一、聚 乙 烯

聚乙烯(PE)的分子式为 $-(CH_2-CH_2)-$ ，系半结晶性的饱和碳氢化合物。通常按其密度可分为低密度、中密度和高密度聚乙烯；或按聚合压力可分为高压、中压和低压聚乙烯。还有根据分子量大小而定的低分子量聚乙烯和超高分子量聚乙烯(UHMWPE)，以及根据结构特征而命名的线性低密度聚乙烯(LLDPE)。

聚乙烯的主要产品质量指标是密度和熔融指数(MI)。表2-1为聚乙烯的密度对性能的影响。影响聚乙烯性能的主要结构因素为支化度、平均分子量(\bar{M})和分子量分布(\bar{M}_{WD}) (如表2-2所示)。在成型加工性能方面，它们之间既有共同之处，又有所差异，表2-3和2-4为三种主要聚乙烯树脂成型加工和性能的比较。

表2-1 聚乙烯密度对性能的影响

性 能	密 度, g/cm ³	LDPE	MDPE	HDPE
		0.910~0.925	0.925~0.940	0.941~0.965
结 晶 度, %		65	75	85
刚 性 (相对值)		小(1~2)	中(2~5)	大(5~8)
维卡软化点, °C		90~100	100~120	125~135
拉伸强度, MPa (kgf/cm ²)		~13.7 (~140)	~17.7 (~180)	24.3~39.2 (250~400)
断裂伸长率, %		~500	~300	100~20
硬 度 D		44~48	45~60	60~70
缺口冲击强度 (相对值)		10	5	3~4(6)
低温脆性, °C		-120	-120~-70	-60~-80
耐磨性 (相对值)		差(10~15)	中(6~10)	较好(2~5)
透气性 (相对值)		大(20)	中(10~15)	小(5)

表 2-2 聚乙烯的密度、熔融指数 (MI)、分子量分布 (\overline{M}_{wD}) 对性能的影响

物 性	密 度, g/cm ³ 0.915→0.965	MI 小→大	\overline{M}_{wD} 窄→宽
熔体粘度	↑	↓	↓ ^①
熔体粘度与剪切速率关系			↑
熔体强度			↓
熔体流动性	↑		↑
熔体弹性			↑
屈服拉伸强度	↑↑	↓	
伸 长 率	— ^②	— ^②	
抗 蠕 变 性	↑	↓	
弯 曲 刚 性	↑↑	↓	
耐 冲 击 性	↓	↓	↓
薄膜耐冲击性	↓	↓	
薄膜爽滑性	↑	—	
低 温 脆 性	↓	↓	↑
维卡软化点	↑↑	↓	
低 温 脆 性	↓	↓	↑
耐 磨 耗 性	↑	↓	
耐应力龟裂性	↓	↓↓	
透 明 度	↑	↑	
表 面 光 泽	↑	↑	
水蒸气透过率	↓	—	
气液透过率	↓↓	—	
成 型 性			↑
成 型 收 缩 率	↓↓	↑	
电 性 能	↑	—	
最低热封温度	↑	↓	

↑：一显著增大；↓：显著减小；↑：一增大；↓：一下降；↑：一稍微增大；↓：一稍微下降；—：一看不出变化。
①在高剪切速率下； ②变化很小。

表 2-3 LDPE、LLDPE与HDPE成型加工性能比较

成 型 工 艺	LDPE	LLDPE	HDPE
薄 膜	最 容 易	中 等	困 难
注 塑	柔 软	较 硬, 但 翘 曲 少	硬
管 材	软	圆 周 应 力 较 好	较 硬
电 线 电 缆	挤 出 较 快	抗 环 境 应 力 龟 裂 和 耐 温 性 较 好	耐 温 性 最 好, 可 交 联
吹 塑 成 性	型 坏 强 度 好	型 坏 强 度 差	硬 度 好
回 转 成 型	流 动 性 好	需 较 高 温 度	较 硬
粉 未 涂 层	低 温 柔 软	需 较 高 温 度	硬
挤 出 涂 层	低 缩 幅	高 缩 幅	硬
交 联 发 泡	易 控 制	难 控 制	易 控 制