



宋铭柱 徐鸿生 编

56

塑料成型加工工艺

LIAO CHENGXING JIAGONG GONGYI

浙江科学技术出版社

塑料成型加工工艺

宋铭柱 徐鸿生 编

浙江科学技术出版社

责任编辑 赵益矛

封面设计 周盛发

塑料成型加工工艺

宋铭柱 徐鸿生 编

*

浙江科学技术出版社出版

浙江新华印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本787×1092 1/32 印张9.25 字数210,000

1983年3月第一版

1983年3月第一次印刷

印数：1—14,000

统一书号：15221·37

定 价：0.97 元

内 容 提 要

本书主要介绍塑料成型加工中的基础知识和加工方法。全书共分十章，包括概述，主要原辅材料，原材料的准备和配方，主要的成型加工方法——挤出、注射、吹塑、压制、压延，以及每种加工方法的主要设备，塑料模具设计基础等。

全书内容系统，简明扼要，通俗易懂，可作为塑料行业培训新工人的教材，也可供从事塑料加工的工人、管理人员、技术人员及中专（中技）学校有关专业的师生参考。

前 言

一百多年以来，黑色金属一直作为主要的结构材料。在科学技术飞速发展的今天，这些结构材料，已越来越多地被“后起之秀”的合成材料所代替。塑料是三大合成材料之一，是一项新兴的工业。近几年来，塑料工业的发展日新月异，其产品工业、农业、国防和日常生活等各个领域已得到广泛的应用，很多单位和社队企业转产塑料制品。为了适应塑料加工行业培训新工人的需要，我们编写了这本《塑料成型加工工艺》。本书通俗地介绍了塑料加工的基础知识，以及生产设备，工艺方法和有关的技术。

在编写本书的过程中，得到金华塑料厂戎云仙、浙江省皮塑公司叶海伦、杭州塑料厂倪祖昂、宁波塑料厂吴厚祥、温州塑料厂金梓才等同志的帮助，在此表示感谢。

由于我们水平有限，加之编写时间仓促，内容上难免有不少缺点或错误，望广大读者批评指正。

编 者
一九八一年六月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 塑料工业发展概况	(1)
第二节 塑料的性能与用途	(2)
第三节 什么是塑料、树脂	(4)
第四节 塑料的组成和分类	(5)
第五节 塑料成型加工的理论基础	(7)
第二章 塑料的主要原辅材料	(14)
第一节 聚氯乙烯树脂	(14)
第二节 聚乙烯	(18)
第三节 聚丙烯	(21)
第四节 聚苯乙烯	(25)
第五节 其他塑料树脂	(27)
第六节 增塑剂	(30)
第七节 稳定剂	(47)
第八节 润滑剂	(52)
第九节 填充剂	(54)
第十节 着色剂	(55)
第十一节 其他助剂	(61)
第三章 原材料的准备和配方	(65)
第一节 材料的准备	(65)
第二节 配方	(66)
第三节 捏和	(88)
第四节 废旧塑料的回收和复制	(93)

第四章 挤出成型及设备	(102)
第一节 挤出成型的一般知识	(102)
第二节 挤出理论	(103)
第三节 挤出工艺控制要点	(114)
第四节 挤出机	(116)
第五节 塑料管材的挤出	(135)
第五章 注射成型及设备	(148)
第一节 注射成型原理	(148)
第二节 工艺条件的控制	(149)
第三节 缺陷及其处理方法	(156)
第四节 注射机	(161)
第六章 压制成型及设备	(180)
第一节 压制成型的特点	(180)
第二节 模压成型的工艺条件	(181)
第三节 聚氯乙烯板材	(183)
第四节 模压生产异常现象的分析	(186)
第五节 液压机	(188)
第七章 压延成型及设备	(200)
第一节 压延成型的前阶段	(200)
第二节 压延机	(207)
第三节 压延成型的工艺分析	(211)
第四节 聚氯乙烯人造革	(220)
第八章 吹塑成型及其设备	(225)
第一节 吹塑成型工艺原理	(225)
第二节 工艺操作条件的控制	(228)
第三节 吹塑薄膜的操作及弊病处理	(232)
第四节 吹塑成型加工设备	(237)
第九章 其他塑料成型方法	(247)
第十章 塑料模具设计基础知识	(259)

第一节	塑件的结构	(259)
第二节	塑料的收缩与公差	(267)
第三节	分型面的选择	(269)
第四节	塑料模具的分类	(271)
第五节	塑料模具材料	(275)
第六节	塑料模具的加热和冷却	(279)
第七节	注射模设计实例	(281)

第一章 概 述

第一节 塑料工业发展概况

塑料是人们用化学方法人工合成出来的一种新型材料。塑料工业是一门年轻的新兴工业。世界上以首次投入工业化生产的酚醛树脂算起，至今只有七十多年的历史，很多品种都是近期发展起来的。如聚氯乙烯是在1936年，聚苯乙烯是在1938年，高压聚乙烯是1939年，低压聚乙烯是1954年，聚丙烯是在1957年才相继投入工业化生产的。塑料工业的历史虽然不长，但其发展速度很快。产量每4~5年就翻一番。国外塑料的总产量1960年为640万吨，发展到1970年就有3,000万吨，十年时间增长了近四倍；到1971年发展到3,200万吨，而1979年已达到6,344万吨。

以塑料品种而论，目前世界上生产的已有300多种，其中主要的有五、六十种。产量最大的是聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、氨基塑料、酚醛塑料。七十年代国外塑料工业发展趋势是：通用塑料产量大，而且保持持续上升的趋势；工程塑料已成为发展重点，产量品种都有所增加；原料已由石油代替原来的煤和电石；生产技术向大型化、连续化方向发展。

随着塑料产量的提高，品种的增多，应用的扩大，促进了加工工业的发展，对塑料制品的规格和性能要求也越来越高。各种厚、薄、大、小、粗、细的板、棒、管、膜、线、网以及

导热、导电、导磁、感光、透光、高强度、耐高温、耐低温等性能的获得都与成型加工有关。为了得到不同要求的塑料制品，就需要采用不同的加工工艺。一般讲热塑性塑料可采用挤出、注塑、压延、吹塑、发泡等工艺，而热固性塑料则采用浸渍、模压、层压、浇铸等工艺。

为了适应各种加工工艺的要求，相继设计制造了各种各样的塑料机械。目前不但使塑料机械专业化和规范化，而且也向大型化、连续化和自动化方向发展。

我国塑料工业在解放前几乎是个空白点，解放后才有了一定的发展。到1978年塑料总产量已达67.9万吨。目前国外常用塑料品种，我国基本上都能生产。在原料生产、加工工艺和机械设备上都已建立了我国自行生产体系，并逐渐接近于国际水平。

第二节 塑料的性能与用途

由于塑料原料来源丰富，品种繁多，制造方便，色泽鲜艳，加工成型简单，所以塑料具有许多独特的优良性能。综合起来，主要有如下几点。

1. 质轻

塑料的比重一般为1~1.4，略重于水(其中聚乙烯、聚丙烯比重小于1)，为有色金属的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{5}$ 。

2. 耐腐蚀性好

一般塑料对酸、碱等普通化学药品均有抗腐蚀能力，而其中对化学药品最稳定的是聚四氟乙烯。

3. 强度高

工程塑料中的聚酰胺、聚甲醛等合成树脂，本身就具有很高的机械强度。特别是用碳纤维同塑料复合，其比强度大大超过金属材料。

4. 绝缘性好

大多数塑料都具有优良的电绝缘性，其介电损耗小，耐电弧性也优良。

5. 优良的消声和减震效能

装有塑料轴承和塑料齿轮的机械可减少噪音，提高运转速度，并具有隔音和隔热效能。

6. 良好的透明性

聚甲基丙烯酸甲酯，俗称“有机玻璃”，其透光性超过无机玻璃。

因此，在国民经济建设中，塑料已大量取代各种材料，如木材、陶瓷、棉、麻、毛、皮革以及金属、玻璃等。塑料不仅为人类提供了丰富多采的日用品，而且广泛应用于建筑、电器、纺织、化工、汽车、船舶、飞机和国防等工业，用来代替黑色金属和有色金属。现就几个方面举例如下：

工业方面：在机器制造、造船、汽车等工业中用塑料制成各种齿轮、凸轮、轴承、轴瓦等零件；在建筑和造船工业中可用增强塑料作结构材料；较小型的船只和房屋可用全塑结构；另外，还可大量制作建筑用天花板、地板、装饰板、隔音板、门窗及隔音材料等。电子工业中，可利用它的优良绝缘性，在电机、电器、仪表等部门制作电线、电缆、仪表外壳及大部分电器零件。化学工业中，利用它的耐腐蚀性，可制作阀门、管道、塔、槽、罐等。一般讲，一吨塑料用在工业上可以代替钢材5~10吨。

农业方面：大量利用塑料薄膜育秧，塑料地膜种植作物，

还大量用来制作排、灌水管道、泵及其他农机具零件。

医疗卫生方面：塑料不但能制成各种医疗器械，而且还用来制造人造血管、人造骨骼、内脏及假牙等。

国防工业方面：塑料不但在常规武器上可制作地雷壳、枪托、快艇船体等，而且由于塑料瞬时能抗数千度高温和抗辐射等优异性能，所以它是火箭、导弹、宇宙飞船、原子能等工业必不可少的材料。

塑料除了在工农业生产上使用外，在人们日常生活中的应用就更广泛了。如市场上销售的塑料凉鞋、仿“皮鞋”、雨衣、手提包、牙刷、肥皂盒、儿童玩具、热水瓶壳等等。目前还在电风扇、洗衣机、电冰箱等高档生活用具方面获得广泛的应用。

总之，随着塑料工业的发展，其应用范围必将继续扩大。当然，塑料在某些性能上还有缺陷，例如有的塑料强度不及金属，耐热性较差，易燃烧，易老化等，这就影响了它的应用范围，这有待于进一步提高和改进。

第三节 什么是塑料、树脂

塑料是一种以高分子量的合成树脂为主要成分，在一定的条件（温度、压力）下，可塑制成一定形状，当外力解除后，在常温下仍能保持其形状不变的材料。由此可见，塑料的第一个特点是在一定温度下具有可塑性。塑料的第二个特点是它的全部或主要成分都是高分子的合成树脂。

树脂，有天然树脂和合成树脂之分。天然树脂是指一些从自然界的动植物身上分泌出来的一种无定形有机物。如松香、树胶、虫胶以及橡胶树上的胶乳。随着社会生产力的不断发

展，科学技术的不断提高，天然树脂远不能满足工农业和人民日常生活的需要，这就促进人们用化学方法合成一些性能比天然树脂更为优越的合成树脂。合成树脂是由有机物中为数极多的低分子，在一定条件下，聚合而成的高分子化合物。它是用大自然中的煤、食盐、石油、天然气及农副产品为原料，所以原料丰富，可以大量生产。同时，还能根据人们对塑料制品的要求，来不断改变和提高合成树脂的性能。

第四节 塑料的组成和分类

我们知道塑料的主要成分是合成树脂，约占塑料总重量的40~100%。所以塑料的基本性能主要取决于树脂的本性，但有时添加剂能有效地改进制品的性能。因此，塑料的组成可分为简单组分和复杂组分两类。简单组分的塑料，基本上由合成树脂组成，其中仅加入少量辅助材料，这一类塑料主要有聚苯乙烯、聚乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯等；也有的塑料除树脂外不加任何添加剂，如聚四氟乙烯。复杂组分的塑料，则由多种组分所组成，除树脂外，还加入填料、增塑剂、色料、稳定剂、润滑剂、促进剂等，这一类主要有聚氯乙烯、酚醛塑料等。

塑料的品种很多，分类方法也很多。最常用的分类方法，是根据合成树脂在受热后所表现的性能不同来划分，一般分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

1. 热塑性塑料

在受热条件下，塑料软化熔融，冷却后定型，并可多次反复而始终具有可塑性，加工时所起的是物理变化。通常讲，就是可以回炉的塑料叫热塑性塑料。常见的热塑性塑料有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、ABS、有机玻璃、聚甲醛、聚

碳酸酯、尼龙等。

这类塑料在产品品种、质量和产量上发展都非常迅速。它的优点是，成型工艺简单，具有相当高的物理机械性能，并能反复回炉，但缺点是耐热性和刚性较差。

2. 热固性塑料

在受热条件下，塑料先行软化，然后内部发生化学变化，固化成型；变硬后，即使再加热也不能使它再软化，加工时起化学变化。通常讲，不能回炉的塑料叫热固性塑料。常见的热固性塑料有酚醛、氨基、环氧等。

这类塑料的成型工艺较麻烦，不利于连续生产和提高生产率，而且不能复制利用。但一般具有较高的耐热性和受压不易变形的特点。

塑料为什么有热塑性和热固性之分？简单讲，这是由树脂本身分子结构所引起的。树脂的分子结构一般是线性、支链型、网状三类。线性和支链型的分子结构属于热塑性塑料，而网状结构就属于热固性塑料。

另外，若按塑料的用途分类，又可分为如下四类。

1. 通用塑料

一般指产量大、用途广、价格低的一类塑料。包括五大品种：聚烯烃（聚乙烯、聚丙烯）、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛、氨基。

2. 工程塑料

一般指机械强度高，可代替金属而用作工程材料的塑料，这类塑料包括聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰胺等。

3. 耐高温塑料

这类塑料的特点是耐高温，通常用于宇宙飞船、火箭、导弹、原子能等国防工业，这类塑料一般是氟塑料、硅塑料等。

4. 特殊用途的塑料

这类塑料主要是具有特殊用途，如环氧树脂和离子交换树脂。

每种塑料经不同的成型工艺，可生产各种制品。根据制品的形状、要求、用途和生产厂的可能，选择合理的配方、工艺和成型方法是十分重要的。目前常用的成型方法，有挤塑、注塑、压延、吹塑、压制、二次成型、热成型、滚塑成型等。

第五节 塑料成型加工的理论基础

高聚物按其结晶性能可分为两类：即结晶性和非结晶性（无定形）。常见的结晶性高聚物有聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、尼龙等；常见的无定形高聚物有聚苯乙烯、有机玻璃等。各种高聚物由于条件的改变，结晶性高聚物可以变为不结晶；无定形高聚物也可以变为结晶。对于结晶性高聚物，在一般情况下，也不是一个完全的晶体，而是一个结晶区和无定形区共存的体系。无论是不能结晶的高聚物，还是可以结晶而没有结晶的高聚物，或者已经结晶的高聚物中的无定形部分，一般都存在着三种物理状态，即玻璃态、高弹态和粘流态。

所谓“物理状态”，就是指在一定的物理条件下，具有共同物理特性的状态。

1. 非结晶高聚物的三种物理状态

由于分子结构和分子量的变化，高分子化合物的性质与低分子化合物有着根本的区别。例如，低分子物质在不同温度下出现气态、液态和固态三种聚集状态；但高分子化合物却不会出现气态。因为高分子化合物的分子间作用力很大，气化温度需要很高，当高分子化合物还没来得及变成气体时，它本身早

就分解了。固态高分子化合物与固态低分子物质虽然都存在晶态与非晶态，但高分子化合物要比低分子化合物复杂得多。非晶态线型高聚物与晶态低分子物质一样，在低温时呈现一定的刚性，通常称为玻璃态；在高温时呈现为流体，称为粘流态或流动态。对于低分子物质，只有这两种物理状态。但对于高聚物，当分子量大到一定程度后，就开始出现高弹态。它是介于玻璃态与粘流态之间的一种物理状态。这就是说，非晶态线性高聚物，通常具有三种物理状态：即玻璃态、高弹态和粘流态。

各态的特征主要从形变能力表现出来，见图 1—1 所示。

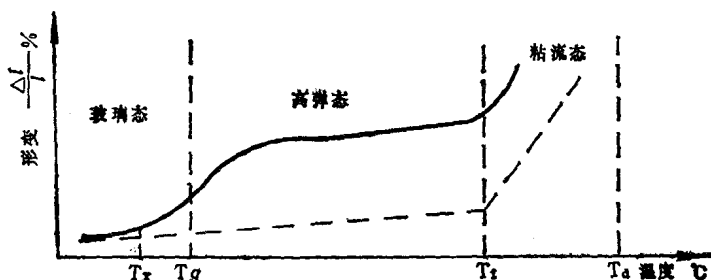


图 1—1 线型高聚物在恒定应力下的形变——温度曲线

在一定的的外力作用下，高聚物的三种物理状态在不同的温度范围内出现。温度较低时，整个高聚物处于一种刚性状态，形变很小而且是可逆的，这时表现为玻璃态；当温度升高，热运动能量不断增加，高聚物的体积膨胀，达到某一温度后，虽然整个大分子链尚不能移动，但分子中的链段都有足够的活动空间，能够发生位移，因而分子的形状可以发生拉直或卷曲，这时开始呈现柔软而富有弹性的高弹态；若温度继续上升，直到整个大分子链都能移动，就开始呈现出具有塑性的粘流态。

在玻璃态时，高聚物很硬，但并不很脆，可作为具有一定强度的高分子材料应用。但是当温度低于 T_g 时，高聚物处于脆态，材料失去使用价值，这温度就叫脆化温度。

T_g 叫做玻璃化温度，就是材料从玻璃态转化为高弹态的温度。

T_f 叫做粘流温度，就是材料从高弹态转为粘流态的温度。

T_d 叫做分解温度，就是材料开始分解的温度。

T_g-T_f 为高弹态，在此区间的高聚物在较小的外力作用下，可产生很大的形变，外力解除后，能够恢复原来形状。这种高弹形变不是瞬时发生，而是随时间逐渐发展的，也就是恢复原状要延迟一些时间。

T_f-T_d 为粘流态。塑料的成型加工是在这个范围内进行的。 T_f-T_d 的区间愈宽，塑料加工就愈容易进行。如聚苯乙烯、聚乙烯等，可以在相当宽的温度范围内形成粘流态，不易分解，因而操作容易。 T_f-T_d 区间愈窄，塑料加工困难愈大。如硬聚氯乙烯等，其粘流温度很接近分解温度，即使在接近 T_d 的高温下，其流动性仍较差，所以成型困难。

达到粘流态的方法除加热外，加入溶剂也是一种方式。利用加入增塑剂可以降低高分子化合物的粘流温度。粘流温度不仅与高聚物的结构有关，而且与分子量大小也有关。由于高聚物的分子量存在着多分散性，因而 T_g 和 T_f 不是一个明显的转折点，而是存在一个温度范围。

非晶态高聚物的 T_g 和 T_f 对它的实际应用很重要。按实际应用，高聚物分成塑料、橡胶和纤维，它们之间并没有严格的界限。如果高聚物的 T_g 在常温以上，就是常温时处于玻璃态，通常可作塑料使用；如果经纺丝及拉伸则可制成纤维。假如高聚物的 T_g 在常温以下，即在常温时处于高弹态，则可作为橡