



职业院校机电类专业规划教材
模具设计与制造专业教学用书

塑料成型工艺与设备

SU LIAO CHENG XING GONG YI YU SHE BEI

付宏生 刘国良◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TQ320.66
2432

职业院校机电类专业规划教材
模具设计与制造专业教学用书

塑料成型工艺与设备

付宏生 刘国良 编



机械工业出版社

本书系统地介绍了塑料成型工艺、设备以及模具设计方法。书中第一章介绍了塑料与塑料制品；第二章介绍了塑料成型工艺；第三章介绍了塑料注射成型机；最后一章简述塑料注射成型模具。本书内容简洁，具有较强的实用性、先进性。

本书可作为高等职业学校、中等职业学校和技工学校的模具专业教材，也可作为从事塑料成型制件和加工的技术人员培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型工艺与设备/付宏生, 刘国良编. —北京: 机械工业出版社, 2008. 9

职业教育院校机电类专业规划教材. 模具设计与制造专业教学用书
ISBN 978-7-111-25177-4

I. 塑… II. ①付…②刘… III. ①塑料成型-工艺-专业学校-教材②塑料成型加工设备-专业学校-教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 146470 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 汪光灿 责任校对: 李 婷

封面设计: 陈 沛 责任印制: 李 妍

北京富生印刷厂印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 11.75 印张 · 281 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-25177-4

定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379193

封面无防伪标均为盗版

前 言

科学技术以迅猛的速度向前发展,从而推动了社会的进步和经济的繁荣。根据世界经济发展趋势预计,在新的世纪,我国将成为全球最大的加工制造基地。模具工业是现代加工制造业一个重要的组成部分,对国民经济和社会的发展将起到越来越重要的作用。塑料制品工业尽管发展历史短但其发展速度惊人,1990年全世界的塑料年产量已突破1亿吨,现在塑料已成为继钢铁、木材、水泥之后的第四大工业基础材料。可以预测,21世纪将成为塑料制品工业迅猛发展的世纪。

目前,我国从事塑料成型工艺、塑料成型设备制造以及塑料成型模具制造的技术人员十分紧缺,要解决这一问题,大力发展教育是关键,尤其是模具专业人才的培养。本书是根据现阶段人才培养要求而编写的,其编写内容本着以综合素质为基础,以能力为本位,以企业需求为基本依据,以就业为导向,体现了教学内容的先进性和前瞻性。在本书的编写过程中,特别考虑以下几点:

1. 本书将塑料材料、塑料制品、塑料成型工艺、塑料成型设备、塑料成型模具设计等方面的内容,经过整合,综合于一本书之中。
2. 本书列举了许多生活中常见塑料制品、成型工艺和模具的实例,缩短了与读者的距离,从而增加了本书的可读性。
3. 本书简化了难点,突出了重点,着重介绍了塑料注射成型模具,以此为学生学习塑料成型模具设计与制造的“突破口”,为学习其他模具奠定基础。本书通俗易懂,以任务驱动的形式将知识点和技能点串联起来,有利于读者学习。

本书由付宏生、刘国良老师共同编写,在编写过程中得到有关学校、企业的大力支持,在此表示感谢!

由于编者的水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2008年8月



目 录

前言

第一章 塑料与塑料制品 1

第一节 塑料成型基础 1

一、塑料的一般特性 1

二、塑料的分类 2

三、常用 10 种塑料的特点、性能与应用 3

四、常用助剂的特点、性能与应用 13

第二节 塑料制品造型设计 15

一、塑料制品的设计原则和方法 15

二、注塑制品的细部设计 17

三、塑件的孔与凸凹设计 27

四、塑件螺纹的设计 29

五、嵌件模塑制品 34

第三节 塑件组合设计 39

一、塑件的可拆联接 39

二、塑件的不可拆联接 45

思考练习题 50

第二章 塑料成型工艺 51

第一节 塑性材料的工艺性能及相关

参数 51

一、塑料成型的收缩性 51

二、塑料成型的流动性 53

三、取向与结晶 55

四、热敏性与水敏性 56

五、应力开裂与熔体破裂 56

六、吸湿性 56

七、水分和挥发物含量 57

八、应力敏感性 57

九、相容性 57

十、比体积与压缩比 57

十一、硬化特性 57

第二节 塑料注射成型工艺过程 57

一、注射成型工艺过程 57

二、注射成型工艺参数分析 62

三、常用热塑性塑料的注射成型制品 工艺 71

第三节 典型制品的注射成型工艺 84

例 1 啤酒箱注射成型工艺 84

例 2 塑料箱包注射成型工艺 85

例 3 接线座注射成型工艺 85

第四节 注射成型制品的质量分析与质量

工作规程 86

一、制品的质量分析 86

二、技术质量工作规程 89

三、注射成型工艺卡的制定 90

思考练习题 90

第三章 塑料注射成型机 92

第一节 塑料注射成型机概述 92

一、注射成型机的结构组成及分类 92

二、注射成型原理及特点 95

三、注塑机结构 99

四、注射成型机液压控制系统 111

五、注塑机安全装置 115

第二节 注塑机规格型号与基本参数 115

一、注塑机标准机型的标注 115

二、注塑机主要技术参数及校核 117

三、注塑机的型号及主要技术性能 参数 125

四、塑料注射成型机的安装、调试、 操作、维护及安全生产 137

思考练习题 143

第四章 塑料注射成型模具 144

第一节 塑料注射成型模具的分类与

结构 144

一、单分型面塑料注射模	144
二、多分型面注射模	145
三、带有活动镶块的注射模	145
四、自动卸螺纹的注射模	146
五、侧向分型抽芯的注射模	147
六、定模设置推出机构的注射模	148
七、无流道注射模	148
第二节 浇注系统的设计	148
一、浇注系统的组成	148
二、流道的设计	149
三、浇口的设计	154
第三节 成型零件的设计	157
一、注射成型模具分型面的选择	157
二、成型零件的结构形式及设计	158
第四节 合模导向机构	167
一、导向零件的作用	167
二、导向零件设计原则	167

第五节 冷却装置的设计	169
一、塑料注射成型模具的冷却	169
二、冷却装置设计原则	170
第六节 脱模机构	171
一、推出机构的分类及设计原则	171
二、推杆推出机构	172
三、推管推出机构	173
四、推板推出机构	174
五、联合推出机构	175
第七节 侧向分型与抽芯机构	176
一、侧向分型抽芯机构的特点	176
二、斜导柱分型与抽芯机构	177
思考练习题	180

参考文献	182
------------	-----

第一章 塑料与塑料制品

第一节 塑料成型基础

一、塑料的一般特性

塑料工业是新兴产业之一，发展历史短但其发展速度十分迅速。在不到 100 年内的时间里。塑料就已成为继钢铁、木材、水泥之后的第四大工业基础材料。21 世纪将成为塑料制品工业迅猛发展的世纪。

塑料是以树脂为主要成分，添加一定数量与一定类型的添加剂而形成的，在加工过程中能够形成流动的成型材料。塑料经过成型加工，可以制成具有特定形状又具有一定使用价值的塑料制品。

塑料的品种很多，不同品种的塑料具有不同的特性。尽管塑料品种较多，性能差别大，然而，塑料与其他材料相比仍具有其优良的特性，主要表现为以下 8 个方面。

1. 质轻

塑料一般都比较轻，各种泡沫塑料的相对密度在 $0.01 \sim 0.05\text{kg}/\text{dm}^3$ 之间，普通塑料的相对密度一般在 $0.9 \sim 2.3\text{kg}/\text{dm}^3$ 之间。在要求减轻自重的用途中，塑料有着特殊重要的意义。

2. 优异的电绝缘性能

在电性能方面，塑料包含着极其宽广的指标范围。大多数塑料具有良好的电绝缘性，一些塑料在高频、高压条件下也能作为电气绝缘材料和电容器介质材料。

3. 化学稳定性好

塑料的耐腐蚀性比金属、木材好，它有较好的化学稳定性，对酸、碱、盐溶液、蒸汽、有机溶剂等具有不同程度的抗腐蚀作用。因此，塑料广泛地用作防腐材料。其中，聚四氟乙烯耐腐蚀性最好，被称为“塑料王”，能耐“王水”等极强的腐蚀性介质的腐蚀。

4. 减振、消作用强

许多塑料柔软而富有弹性，可用来做隔音材料和减振材料。

5. 隔热性能好

塑料的热导率极小，是金属材料的 $1/1000 \sim 1/100$ ，是热的不良导体或绝热体，因而常被用作绝热保温材料。泡沫塑料的热导率与静止的空气相当。因此，聚苯乙烯、聚氨酯等许多泡沫塑料广泛应用于冷藏、建筑、节能装置和其他绝热工程。

6. 力学强度范围宽

塑料的力学强度范围宽广，从柔顺到坚韧甚至到刚、脆都有。大多数塑料制品的刚度与木材相近。塑料的比强度接近或超过传统的金属材料的比强度。因此，普通塑料特别适用于受力不大的结构件。

7. 耐磨性能好

大多数塑料摩擦因数很小,有些塑料还具有优良的减磨、耐磨和自润滑特性。许多工程塑料制品的摩擦零件可以在各种条件下有效地工作。有些塑料的耐磨性为许多金属材料所不及,如各种氟以及用氟塑料增强的聚甲醛、聚酰胺塑料就是良好的耐磨材料。

8. 透光性及其防护性能良好

许多塑料制品可以做成透明或半透明材料,如聚苯乙烯和丙烯酸类塑料像玻璃一样透明,常被用做玻璃的替代品。大量用于即保暖又透光的农用薄膜利用的是聚丙烯、聚乙烯等材料。

综上所述,塑料的优点是许多天然材料所不能比的,在工农业生产、日常生活、国防以及科技领域中获得了广泛的应用,如应用在建筑工程上的管材、沟槽、导线管、防潮层、地板、绝缘材料、外墙装饰以及门窗框架等。据统计,在建筑领域,国外一些国家塑料材料用量约占其总产量的20%;目前,汽车制造业已成为塑料市场的主要用户,每辆汽车平均使用100kg以上的塑料,而且在逐年增长;在人造卫星和宇宙飞船中,塑料材料占其总体积的一半。塑料作为包装材料其消耗量占到塑料总产量的20%左右。医学工程领域中的人体器官、医疗器械等也大多用塑料材料制成。

尽管塑料材料在各领域得到了广泛的应用,但它也存在许多缺陷。如耐热性差,温度升高后强度很快下降,有些还会在温度升高和燃烧时释放出具有毒性、刺激性或腐蚀性的气体;导热性较差,受热时膨胀系数较大,容易变形,热塑性塑料在载荷作用下发生蠕变;在日光、大气、热等的作用下会发生老化;有的塑料机械强度低等。然而,我们可以通过各种手段对塑料的这种缺陷加以改善,以满足各种需要。

二、塑料的分类

1. 单组分塑料和多组分塑料

单组分塑料除树脂以外,还加入少量的辅助材料,如着色剂、润滑剂、抗氧剂等。属于这种塑料的有未加填料的聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。多组分塑料则以树脂、填料、增塑剂等为主要成分,如酚醛塑料、软质聚氯乙烯塑料等。

2. 按树脂的名称命名塑料

以聚乙烯树脂为原料的塑料称为聚乙烯塑料,以聚丙烯或聚氯乙烯树脂为原料的塑料称为聚丙烯塑料或聚氯乙烯塑料。树脂不但可以制成塑料,还可以制成纤维、橡胶、涂料、粘合剂等,它们通常也是以树脂的名称来命名的。

3. 按塑料材料受热后的性能表现不同分类

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料能反复加热软化和反复冷却硬化的塑料,如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯等。

(2) 热固性塑料 热固性塑料为经加热或其他方法固化时,变成不溶解、不熔化产物的塑料,如酚醛塑料、脲醛塑料等。

4. 按用途分,有通用塑料、工程塑料和特种塑料

(1) 通用塑料 一般指产量大、用途广、成型好价廉的塑料,如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、酚醛等塑料。

(2) 工程塑料 一般说来,工程塑料指凡是可以作为工程材料的塑料或者说凡是可

以作为结构材料的塑料,并有良好力学性能和尺寸稳定性,能在高、低温下仍具有优良性能的塑料,如聚酰胺、聚砜、聚碳酸酯等。

(3) 特种塑料 一般指具有特种功能(如耐热、自润滑)、可应用于特殊要求的塑料,如氟塑料、有机硅塑料等。

5. 按塑料半成品或制品分类有以下几种

(1) 模塑料 它主要由热固性树脂和填料等经充分混合、辊压、粉碎而成,如酚醛塑料模塑粉等。

(2) 增强塑料 它是指组分中含有高强度纤维,使某些力学性能比原来树脂有较大提高的塑料。

(3) 微孔塑料 它也称发泡塑料、泡沫塑料,整体内因存大量相互连通或不连通的小孔穴而降低了密度的塑料。

(4) 单丝 其强度足以在工业纺织操作中用作纱或在其他应用中作为实体的单根长丝。

(5) 其他塑料 其他塑料如塑料薄膜、管材、片材、板材、人造革、异型材及各种模塑制品。

6. 按成型方法分主要有以下几种:

(1) 模压塑料 供压塑用的树脂混合料,如一般树脂混合料。

(2) 层合塑料 它是指用或不用粘结剂,借加热、加压把相同或不同材料的两层或多层结合为整体的塑料材料。

(3) 注塑、挤出和吹塑塑料 一般指能在机筒温度下熔融流动、在模具中迅速硬化的塑料,如一般热塑性塑料。

(4) 铸塑塑料 它能在无压或稍加压力情况下,倾注于模具中并能硬化为一定形状制品的液态树脂混合料,如单体浇注尼龙等。

(5) 反应注塑模塑料 一般指液态原材料,加压注入模腔内,使其反应固化为成品,如聚氨酯类。

三、常用 10 种塑料的特点、性能与应用

我们先讨论几种常见的热塑性塑料。热塑性塑料一般为线型聚合物,可反复受热软化、熔融和冷却硬化,在软化、熔融状态下可进行各种成型加工,熔体冷却至软化点以下能保持一定的形状而成为制品的聚合物。由于热塑性塑料在成型加工过程中几乎没有化学反应,因而能反复成型加工。

(一) 聚乙烯 (PE)

1. 聚乙烯的性能

纯净的聚乙烯外观是乳白色蜡状固体粉末,微显角质状,无味,无臭,无毒。除薄膜外,其他制品皆不透明,这是由于制品具有较高的结晶度之故。

聚乙烯可以分为低密度聚乙烯(LDPE),密度范围为 $0.91 \sim 0.925 \text{ g/cm}^3$;中密度聚乙烯(MDPE),密度范围为 $0.926 \sim 0.94 \text{ g/cm}^3$;高密度聚乙烯(HDPE),密度范围为 $0.941 \sim 0.97 \text{ g/cm}^3$ 。因此,用高压法制得的一般皆是低密度聚乙烯,少数情况下可得到中密度聚乙烯。由低压法和中压法制得的皆是高密度聚乙烯。

(1) 聚乙烯的力学性能 在聚乙烯的力学性能各项指标中,除冲击强度较高外,其他力学性能绝对值在塑料材料中都是较低的。一般而论,LDPE 性能柔韧耐冲击,而

HDPE 的拉伸强度、刚度和硬度则优于 LDPE, 有利于制品的薄壁化和轻量化。常温下, HDPE 的断裂伸长率小, 延展性差, 但在适当的温度条件下, 具有较大的拉伸倍数, 利用这一点可获得高度取向的制品。

PE 的力学性能随温度升高呈下降趋势, 在受力情况下, 即使很小的载荷其变形温度也很低。PE 的耐蠕变性较差, 在负荷作用下, 随着时间的延长而连续变形, 产生蠕变, 并随着负载增大, 温度升高, 密度降低而加剧。

环境应力开裂是指在某种环境条件下, 长时间或反复施加低于塑料力学性能的应力而引起塑料外部或内部产生裂纹的现象。应力开裂的速度除与成型加工中产生的内应力和使用过程中受到的应力大小有关外, 环境介质的作用是应力开裂的重要因素, 如热、氧、溶剂的作用。

(2) 聚乙烯的热性能 聚乙烯受热后, 随着温度的升高, 结晶部分逐渐减少而无定形部分逐渐增多。结晶部分完全消失时, 聚乙烯即熔化。结晶完全消失时的温度称为“熔点”。聚乙烯的相对分子质量超过 1500 后, 分子量变化对其熔点就不再发生影响。低密度聚乙烯的熔点为 $110 \sim 115^{\circ}\text{C}$, 高密度聚乙烯的熔点为 $125 \sim 131^{\circ}\text{C}$ 。

随着温度的升高, 聚乙烯的密度显著降低。相反, 当聚乙烯熔融后, 再进行冷却并降低其温度, 它的密度显著增加。如聚乙烯自熔点温度降至 25°C 时, 其密度增加约 15%。所以, 熔融聚乙烯进行冷却时, 容易产生内应力, 处理不当会使其耐环境应力开裂性能下降。

聚乙烯的脆折温度较低, 但与其分子量有关。聚乙烯分子量增高时, 其脆折温度降低, 极限值为 -140°C 。分子量相同时, 聚乙烯结晶度增加, 脆折温度也提高。

(3) 聚乙烯的电性能 聚乙烯本身无极性, 决定了它有优异的介电及电绝缘性。它的吸湿性很小 (小于 0.01%), 使得它的电性能不受环境湿度改变的影响。聚乙烯介电常数小, 约在 2.25 ~ 2.35 之间; 介质损耗因数 (介电损耗角正切 $\tan\delta$) 也很小, 约为 $(2 \sim 5) \times 10^{-4}$; 体积电阻率高, 大于 $10^{14} \sim 10^{15} \Omega \cdot \text{m}$; 低密度聚乙烯介电强度约为 $18.1 \sim 27.6 \text{ kV/mm}$, 高密度聚乙烯可达 35 kV/mm 。由于是非极性材料, 其介电性能不受电场频率的影响。

(4) 聚乙烯化学性能

1) 透气性。聚合物材料的透气性是由溶解和扩散两个过程引起的。气体先溶解于塑料材料中, 随后扩散到气态物质浓度较低的一面, 并蒸发出去。材料的分子结构、厚度、扩散介质的化学性质、浓度及环境温度等因素都会影响透气性。

各种介质对于聚乙烯的透气性与其在聚乙烯中的溶解度关系很大。通常, 非极性介质的透气性比极性介质的透气性好。

2) 化学稳定性好。聚乙烯是非极性结晶聚合物, 具有优良的化学稳定性。室温下它能耐酸、碱, 如盐酸、氢氟酸、磷酸、甲酸、醋酸、氨、氢氧化钠、氢氧化钾以及各类盐溶液, 即使这些物质浓度较高对聚乙烯也无显著作用, 但浓硫酸和浓硝酸以及其他氧化剂除外。

3) 可溶性差。聚乙烯内聚能密度在塑料材料中属于较低者, 它的溶解度参数 (δ 值) 约为 $16.5 (\text{J/cm}^3)^{1/2}$ 。由于它的结晶结构和非极性, 在室温下没有任何溶剂可使它溶解, 仅仅可以在 δ 值与之接近的溶剂中溶胀; 随着温度的升高, 可以在 δ 值与之接近的溶剂中

溶解。

4) 耐老化性。在大气、阳光和氧的作用下会发生老化,具体表现为伸长率和耐寒性降低,力学性能和电性能下降,并逐渐变脆,产生裂纹,最终丧失其使用性能。

为了防止聚乙烯的氧化降解,便于储存、加工和应用,一般使用的聚乙烯原料在合成过程中已加入了稳定化助剂,可满足一般的使用要求。在聚乙烯中添加抗氧剂和光稳定剂等助剂,可提高耐热老化性。

2. 聚乙烯的应用

聚乙烯是通用塑料之中产量最大并且应用最广的塑料品种。聚乙烯专用于高频绝缘,还可注塑成各种工业用品及日常用品,如生活用品中的水桶,各种大小的盆、碗、灯罩、瓶壳、茶盘、梳子、淘米箩、玩具、文具、娱乐用品等,也可制备自行车、汽车、拖拉机、仪器仪表中的某些零件。

聚乙烯树脂的鉴别方法有许多,最常用的是燃烧鉴别法和溶液鉴别法,请学生通过调研掌握鉴别方法,通过实验证实。同时,鼓励学生找到更好的鉴别方法。

(二) 聚丙烯 (PP)

聚丙烯在常温下为白色蜡状固体,外观与高密度聚乙烯相似,但比高密度聚乙烯轻,透明,无臭无味无毒,密度为 $0.90 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$,是现有塑料中最轻的一种。

1. 聚丙烯的性能

(1) 聚丙烯的力学性能 聚丙烯在室温以上有较好的冲击性能,但由于它本身分子结构的规整度很高,其低温冲击强度较聚乙烯低。聚丙烯的刚度和硬度比聚乙烯高,二者均随等规度和相对分子质量的增加而增大,在同一等规度时,相对分子质量大的聚丙烯表现出高的刚性和硬度。显然,这是由于分子量降低、结晶度增加的结果。

优良的耐弯曲疲劳性是聚丙烯的一个特殊力学性能,把聚丙烯包片直接弯曲成铰链或注射成型的铰链,能经受几十万次的折叠弯曲而不损坏。聚丙烯还有良好的耐环境应力开裂性,它的相对分子质量越大,耐环境应力开裂性越好。

聚丙烯摩擦因数小于聚乙烯,自身对磨时摩擦因数为 0.12,对钢的摩擦因数是 0.33。

聚丙烯力学方面的缺点是韧性不够好,特别是温度较低时脆性明显。

(2) 聚丙烯的热性能 聚丙烯的熔融温度比聚乙烯约提高 $40 \sim 50^\circ\text{C}$,一般约在 $164 \sim 170^\circ\text{C}$ 。100% 等规度聚丙烯熔点为 176°C 。

聚丙烯的耐热性稍高于聚乙烯,无载荷情况下最高连续使用温度可超高 120°C 。聚丙烯耐沸水、耐蒸气性良好,在 135°C 的高压锅内可蒸煮 1000h 不破坏,特别适宜于制备医用高压消毒用品。聚丙烯的相对分子质量大小对耐热性也有影响,分子量提高,热变形温度都会下降,但耐寒性会改善。

(3) 聚丙烯的电性能 聚丙烯是属于非极性聚合物,具有优良的电绝缘性,并因其吸水率小于 0.01%,它的电绝缘性不受环境湿度的影响。它的介电常数和介电损耗角正切值很小,几乎不受温度和频率的影响,因此,可在较高温度和频率下使用。

(4) 聚丙烯的化学性能

1) 氧化与老化。聚丙烯易受空气中氧气的氧化。尽管它们在氮气等惰性气体环境中具有较高的热稳定性,但当暴露在大气中,特别是受到光和热的作用时,它们的性质就逐渐变坏。试验表明:未加稳定剂的聚丙烯粉末在空气中置放 4 个月就会变质,在 150°C 经

0.5~3.5h 就会发脆。因而未加稳定剂的聚丙烯没有使用价值。

2) 耐化学药品性。聚丙烯具有优良的化学稳定性,除强氧化剂、浓硫酸、浓硝酸、硫酸与铬酸混酸等对它有侵蚀作用外,其他试剂对聚丙烯无作用。

2. 聚丙烯的应用

聚丙烯的注射制品表面光洁,具有高的表面硬度和刚性、耐应力开裂、耐热等性能,因此,聚丙烯可制备下列用途的制品:如医疗器械中的注射器、盒、输液袋、输血工具、病人用具;一般用途机械零件中的轻载结构件,如壳、罩、手柄、手轮,特别适用于制备反复受力的铰链、活页、法兰、接头、阀门、泵叶轮、风扇轮等;汽车零部件如汽车方向盘、蓄电池壳、空气过滤壳、起动脚踏板、发动机等。

聚丙烯树脂的鉴别方法有许多,最常用的是燃烧鉴别法和溶液鉴别法,请学生通过调研掌握鉴别方法,通过实验证实,同时,鼓励学生找到更好的鉴别方法。

(三) 聚氯乙烯(PVC)

1. 性能

聚氯乙烯塑料是白色或淡黄色的坚硬粉末,密度约为 1.40g/cm^3 ,纯聚合物湿性不大于 0.05%,增塑后吸湿性增大,可达到 0.5%。纯聚合物的透气性和透湿率都较低。

聚氯乙烯一般都加有多种助剂。不含增塑剂或含增塑剂不超过 5% 的聚氯乙烯称为硬聚氯乙烯。含增塑剂的聚氯乙烯中增塑剂的加入量一般都很大,使材料变软,故称为软聚氯乙烯。助剂的品种和用量对材料物理力学性能影响很大。

(1) 聚氯乙烯的力学性能 由于聚氯乙烯是极性聚合物,其固体表现出良好的力学性能,但它力学性能的数值主要取决于分子量的大小和所添加塑料助剂的种类及数量,尤其是增塑剂的加入,它不但能提高聚氯乙烯的流动性,降低塑化温度,而且使其变软。通常,在 100 份聚氯乙烯中增塑剂量大于 25 份即变成软质塑料,伸长率增加,而拉伸强度、刚度、硬度等力学性能均降低;增塑剂加入量小于 25 份时为硬质或半硬质塑料,且有较高的力学强度。

(2) 聚氯乙烯的热性能 聚氯乙烯是无定形聚合物,它的玻璃化转变温度一般为 80°C , $80\sim 85^\circ\text{C}$ 开始软化,完全流动时的温度约是 140°C ,这时的聚合物开始明显分解。在现有的塑料材料中,聚氯乙烯是热稳定性特别差的材料之一,在适宜的熔融加工温度 $170\sim 180^\circ\text{C}$ 下会加速分解释出氯化氢,在富氧气氛中会加剧分解。工业上生产的各品级和牌号的聚氯乙烯都加有热稳定剂。聚氯乙烯的最高连续使用温度在 $65\sim 80^\circ\text{C}$ 之间。

(3) 聚氯乙烯的电性能 聚氯乙烯具有较好的电性能,是体积电阻和击穿电压较高、介电损耗较小的电绝缘材料之一,其电绝缘性可与硬橡胶媲美。随着环境温度的升高,其电绝缘性能降低;随着频率的增大,电性能变坏,特别是体积电阻率下降,介电损耗增大。聚氯乙烯的电性能还与配方中加入的增塑剂、稳定剂等品种和数量有关,与树脂的受热情况也有关。当聚氯乙烯产生热分解时,产生的氯离子会使其电绝缘性降低,如果大量的氯离子不能被稳定剂所中和,会使电绝缘性能明显下降。

(4) 聚氯乙烯的耐化学试剂及耐溶剂性 聚氯乙烯的耐化学腐蚀性比较优异,除浓硫酸、浓硝酸对它有损害外,其他大多为数无机酸、碱类、无机盐类、过氧化物等对聚氯乙烯无侵蚀作用,可以作为防腐材料。

增塑后的聚氯乙烯耐化学腐蚀性有所降低。降低程度与增塑剂品种与用量有关。

2. 聚氯乙烯的应用

聚氯乙烯注塑加工可用来生产凉鞋、壳体、管件、阀门、泵等制品。聚氯乙烯注塑时必须使用螺杆注塑机,改变不同的模具,即可生产不同制品。在注塑硬质聚氯乙烯时,应选用聚合度较低的树脂、设计较好的热稳定体系和润滑体系,成型温度范围在 $160 \sim 190^{\circ}\text{C}$,喷嘴温度一般比料筒最高温度低 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

因其熔体粘度大,流动性差,宜采用较高的注塑压力,通常在 90MPa 以上,保压压力在 $60 \sim 80\text{MPa}$,模具温度一般在 40°C 以下,螺杆转速一般控制在 $20 \sim 50\text{r/min}$,成型周期除大型制品或超厚制品外,一般在 $40 \sim 80\text{s}$ 。

聚氯乙烯树脂的鉴别方法有许多,最常用的是燃烧鉴别法和溶液鉴别法,请学生通过调研掌握鉴别方法,通过实验证实,同时,鼓励学生找到更好的鉴别方法。

(四) 聚苯乙烯 (PS)

聚苯乙烯是无色、无臭、无味的透明性刚硬固体,制品掷地时有金属般响声。聚苯乙烯的透光率不低于 88% ,雾度约 3% ,折射率较大,在 $1.59 \sim 1.60$ 之间,具有特殊的光亮性,在储存时易泛黄。泛黄的原因之一在于单体纯度不够,特别是含有微量硫元素时;其二是聚合物在空气中缓慢老化引起发黄。聚苯乙烯较轻,密度在 $1.04 \sim 1.065\text{g/cm}^3$ 之间。

1. 聚苯乙烯的性能

(1) 聚苯乙烯的力学性能 聚苯乙烯属于硬而脆的材料,拉伸、弯曲等常规力学性能皆高于聚烯烃,但韧性却明显低于聚烯烃,拉伸时无屈服现象。

聚苯乙烯的力学性能还与温度有关。聚苯乙烯在常温下质硬且脆,无延伸性,其拉伸性能表现出拉伸至屈服点附近即断裂。但温度升高使分子热运动加剧,分子间距离增大,强度下降。聚苯乙烯的弯曲强度、压缩强度和冲击强度也都是随着温度的升高而降低。

(2) 聚苯乙烯的热性能 聚苯乙烯属于弱极性聚合物,分子间作用力较小,耐热性较差,其负荷变形温度为 $70 \sim 90^{\circ}\text{C}$,制品的最高连续使用温度与承载的大小和时间有关,一般为 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$,聚苯乙烯的脆化温度为 -30°C 。

聚苯乙烯的耐热性受相对分子质量大小的影响较小,但受苯乙烯单体含量的影响较大。若使残留单体含量从 0 升到 5% 时,流动性明显提高。以这种方式改进材料的流动性是不可取的,因为在加工时,单体将会挥发,致使产品产生银纹等缺陷。

聚苯乙烯的热导率很低,且不随温度发生变化,因此能作为良好的冷冻绝热材料。其比热容也较低,但随温度升高而有所增大。由于聚苯乙烯的热膨胀系数与金属相差较大,故制品不宜带有金属嵌件,否则当环境温度变化时,制品极易产生应力开裂现象。

聚苯乙烯制品经退火处理可减少内应力,提高力学强度、负荷变形温度,降低受溶剂侵蚀而引起的开裂。

(3) 聚苯乙烯的电性能 聚苯乙烯的体积电阻率和表面电阻率高,分别为 $10^{16} \sim 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ 与 $10^{15} \sim 10^{18} \Omega$,介电耗角正切极低,在 60Hz 时约为 $(1 \sim 6) \times 10^{-4}$,并且不受频率和环境温度影响,是优异的电绝缘材料。此外,由于聚苯乙烯在 300°C 以上开始解聚,挥发出的单体能防止其表面碳化,因而还具有良好的耐电弧性。但是,聚苯乙烯的耐热性差限制了它在电气方面的某些应用。

(4) 聚苯乙烯的化学性能 聚苯乙烯可耐某些矿物油、有机酸、碱、盐、低级醇及

它们的水溶液,但易受许多烃类、酮类、高级脂肪酸酯等侵蚀而软化,可溶于芳烃如苯、甲苯、乙苯、苯乙烯单体、氯化烃,四氯化碳、氯仿、二氯甲烷、氯苯、酮类,酯类如乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丁酯和某些植物油中。聚苯乙烯的耐溶剂性一般随相对分子质量的增加而增加,而且还与聚苯乙烯的类型、制品中内应力的大小、与化学试剂接触时间的长短、温度高低、浓度的大小以及所受外加应力的因素有关。

2. 聚苯乙烯的应用

聚苯乙烯的应用主要有这样四个方面:首先是电气用品,如电视机、录音机以及各种电器仪表零件、壳体、高频电容器等;二是用于公共建筑透明部件、光学仪器 and 透明模型的生产,如灯罩、仪器壳罩、包装容器等;三是日用杂品方面,如梳、盒、牙刷柄、圆珠笔杆、学习用具、儿童玩具等;四是聚苯乙烯泡沫塑料在建筑工业上可用作防震、保温、夹芯结构材料,火车、轮船、飞机等也用其作为隔音、隔热材料。

聚苯乙烯树脂的鉴别方法有许多,最常用的是燃烧鉴别法和溶液鉴别法,请学生通过调研掌握鉴别方法,通过实验证实,同时,鼓励学生找到更好的鉴别方法。

(五) 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂 (ABS)

ABS 树脂呈微黄色,外观是不透明粒状或粉状热塑性树脂,无毒,无味,其制品可着成五颜六色,并具有 60% 的高光泽度。ABS 的相对密度为 1.05,吸水率低。ABS 同其他材料的结合性好,易于表面印刷、涂层和镀层处理。

1. ABS 的性能

(1) ABS 的力学性能 ABS 具有优秀的力学性能,其冲击强度极好,可在低温下使用;即使 ABS 制品被破坏也只能是拉伸破坏而不会是冲击破坏。ABS 的冲击强度随温度的降低下降缓慢,即使在 -40°C 的温度时,仍能保持原冲击强度的 $1/3$ 以上。

ABS 的耐磨性优良,尺寸稳定性好,又具有耐油性,显示了较好的综合性能,因而被广泛地用作工程塑料。

(2) ABS 的热学性能 ABS 的耐热性一般,在 1.86MPa 压力下的热变形温度为 85°C 左右,制品经过退火处理还可提高 10°C 左右;大多数 ABS 在 -40°C 时仍具有一定的冲击强度,表现出韧性,可在 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内使用。

(3) ABS 的化学性能 ABS 能耐水、无机盐、碱及弱酸和稀酸,但不耐氧化性酸,如浓硫酸、浓硝酸;大多数烃类和醇类、矿物油、植物油等化学介质与 ABS 长期接触时会引起应力开裂,但对无应力制品影响不大;酮、醛、酯及氯代烃会使 ABS 溶解或形成乳浊液。

由于结构有双键存在,ABS 树脂的耐候性较差,在紫外线和热氧的作用下易发生氧化降解。如 ABS 塑料制品在室外暴露于大气中半年,其冲击强度会降低 45%。一般变硬发脆是 ABS 在紫外线和热氧作用下发生老化的特征。为提高其耐候性,常加入炭黑和酚类等抗氧剂。

(4) ABS 的电性能 ABS 具有良好的电性能,可以作为要求不很严格的电绝缘材料使用。温度、湿度和频率变化对 ABS 电性能的影响不显著。

2. ABS 塑料的应用

ABS 由于具有优良的综合性能,用途十分广泛,通过注射成型可制得各种机壳、电气零件、机械部件、汽车部件、冰箱内衬、灯具、家具、安全帽、杂品等。一般选用柱塞

式注塑机的成型温度为 $180 \sim 230^{\circ}\text{C}$ ，而选用螺杆式样注射机的成型温度为 $160 \sim 220^{\circ}\text{C}$ ，对表面光泽度要求高的制品模具温度为 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，而一般制品模具温度为 $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 即可。对薄壁制品注塑压力为 $130 \sim 150\text{MPa}$ ，而对厚壁制品注射压力为 $60 \sim 70\text{MPa}$ 。

ABS 与聚苯乙烯树脂的鉴别方法相同，只是从外观上看 ABS 不透明，而聚苯乙烯非常透明。鼓励学生找到更好的鉴别方法。

(六) 聚碳酸酯 (PC)

PC 是无色或微黄色透明颗粒，无味，无臭，无毒。密度为 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，吸水率小于 0.16% ，透光率为 $75\% \sim 90\%$ ，折光指数为 1.5890 ，可制成透明、半透明、不透明的各种制品。

1. 聚碳酸酯的性能

(1) 聚碳酸酯的力学性能 PC 具有的力学性能十分优良，具有刚而韧的优点。其冲击性能是热塑性塑料中最好的一种，比聚酰胺、聚甲醛高 4 倍多。PC 的拉伸强度和弯曲强度都好，并受温度的影响小。尺寸稳定性好。

PC 的耐应力开裂性差，缺口敏感性高，耐磨性一般，较易产生内应力，引起应力开裂。

(2) 聚碳酸酯的热学性能 PC 的耐高低温性好，可在 $-130 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 温度范围内使用；热变形温度可达 $130 \sim 140^{\circ}\text{C}$ ，不能承受较大的载荷。

PC 是极性聚合物，电性能比非极性的碳氢聚合物稍差，但仍属于电性能优良的塑料品种，再加上它具有较高的耐热性、透明性、韧性和阻燃性，使其在电气方面有广泛的应用。

(3) 聚碳酸酯的化学性能 PC 对热、氧、大气和紫外线均有良好的稳定性。制品在户外暴露一年，其物理力学性能几乎不变。但长期在室外使用或受强烈光照下，其表面会变暗，失去光泽，泛黄，甚至产生龟裂。为了提高它的耐老化性能，可加入抗氧剂和紫外线吸收剂等稳定化学助剂。

聚碳酸酯具有一定的吸水性，但不影响尺寸和形状的稳定。它在正常使用情况下的吸水性是 0.15% ，室温水中的吸水性是 0.35% ，沸水中吸水性为 0.58% ，它能耐 60°C 温度热水，但在更高的水温下就会导致开裂并失去韧性。水蒸煮 100 次以后，其物理力学性能才会显著下降。

2. 聚碳酸酯的应用

聚碳酸酯是优良的绝缘材料，在电子电器行业的应用十分广泛。它常用来制作绝缘插件、线圈框架、管座、绝缘套管、电话机壳体及零件。用聚碳酸酯还可制作精度很高的零件，如电子计算机、视频录像机、电话交换机、信号继电器等通信器材，具有很高的使用价值。利用聚碳酸酯的优异冲击韧性和良好的物理性能，常被用来制作齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆、棘轮等受力不大的紧固件。由于聚碳酸酯的声学性能比金属好，而成本仅为钢的一半，使之能用玻璃纤维增强聚碳酸酯结构材料制造自行车架、把手等。聚碳酸酯的透光率接近有机玻璃。在聚碳酸酯中加入紫外线吸收剂，使制品有良好的耐候性，因此在光学照明器材方面可用来制作大型灯罩、防护玻璃等。由于聚碳酸酯的冲击强度、拉伸强度、负荷变形温度比有机玻璃高得多，所以可广泛的用于飞机上的透明材料。

聚碳酸酯树脂是一种工程塑料，请学生通过调研掌握鉴别方法，通过实验证实，同时，鼓励学生找到更好的鉴别方法。

(七) 聚酰胺 (PA)

PA 的外观为透明或不透明乳白或淡黄的粒料, 表面角质, 坚硬, 制品表面有光泽, 又称尼龙。其密度为 $1.02 \sim 1.15 \text{ g/cm}^3$, 吸水率 $0.3\% \sim 9.0\%$ 。PA 的吸水率比较大。

1. 聚酰胺的性能

(1) 聚酰胺的力学性能 PA 在室温下的拉伸强度和冲击强度都较高, 但冲击强度不如聚碳酸酯和聚甲醛高; 随温度和湿度的升高, 拉伸强度急剧下降, 而冲击强度则明显提高。玻璃纤维增强 PA 的强度受温度和湿度的影响小。

PA 的耐疲劳性较好, 但抗蠕变性较差, 不适于制造精密的受力制品, 但玻璃纤维增强后可改善。PA 的耐摩擦性耐磨损性优良, 是一种常用的耐磨性塑料品种。

(2) 聚酰胺的热性能 PA 的熔融温度范围窄, 具有较明晰的熔点, 通常在 $180 \sim 280^\circ\text{C}$ 之间, 随着品种和结构的不同而异。PA 的熔点虽然较高, 但长期使用温度却不高, 通常在 80°C 左右。若在 100°C 以上的温度下长期与氧接触会引起其表面缓慢热氧降解, 使制品逐渐呈现褐色, 丧失使用性能。PA 的线膨胀系数为金属的 $5 \sim 7$ 倍。

(3) 聚酰胺的化学性能 PA 在室温下耐稀酸、弱碱和大多数盐类, 但强酸、较高浓度的酸及强氧化剂会使其明显受到侵蚀, 在较高温度下发生破坏。

PA 的耐熔剂性优良, 能耐烃类、油类及一般溶剂, 如四氧化碳、乙酸甲酯、环己酮、苯等。耐油性好, 它对矿物油、植物油和油脂均显惰性。

(4) 聚酰胺的电性能 各种 PA 的电性能在干态时基本相同, 具有较高的电阻值, 但随着温度和吸水率的增加有明显降低。介电常数与此相反, 随吸水率的增加而增大。因此, PA 不适宜作高温 (高于 80°C) 和高湿度场合的电绝缘材料。

(5) 聚酰胺的环境性能 PA 的耐候性一般, 制品在室内或不受阳光照射的地方使用, 其性能随时间的延长变化不大, 但直接暴露在大气中则易于老化, 导致制品表面变色, 力学性能下降。一般加入碳黑、胺类和酚类稳定剂可明显提高其耐候性。

2. 聚酰胺的应用

通过注射成形可以制得各种形状复杂、尺寸精度高的 PA 制品。由于其品种较多, 各类注射制品在材料选择上既要注意其共性, 又要了解各种品种的特性, 根据实际使用环境和条件进行选用。作为耐磨和自润滑材料, PA 齿轮在各方面得到了广泛应用, 而各种 PA 齿轮的性能不同, 具有各自的应用范围。如 PA-66 齿轮具有较高的力学强度和刚性, 优良的耐磨性、自润滑性、耐疲劳性及耐热性, 可在中等负荷、较高温度且无润滑和少润滑下使用; PA-1010 齿轮的力学强度、刚度和耐热性稍低于 PA-66, 但是, 它的吸水率低, 具有较好的尺寸稳定性, 湿度波动大, 可在无润滑或少润滑的条件下使用。除制造齿轮外, 还可用来制作轴承、轴瓦、凸轮、滑块、滑轮等耐磨件。

聚酰胺树脂是一种工程塑料, 请学生通过调研掌握鉴别方法, 通过实验证实, 同时, 鼓励学生找到更好的鉴别方法。讨论学生认识到的尼龙制品。

(八) 聚甲醛 (POM)

POM 的外观为淡黄色或白色半透明的粉料或粒料, 硬而质密, 与象牙相似, 制品表面光滑并有光泽, 成型收缩率高达 3.5% 。POM 的透气性小, 仅为 PE 的几分之一。

1. 聚甲醛的性能

(1) 聚甲醛的力学性能 POM 具有较高的拉伸模量。这样使其有较好的刚性和硬度。

POM 既具有刚性又具有较高的耐冲击性,在工程塑料中是很宝贵的。POM 具有较高的耐磨性,对于经受长期滑动的部件较为适用。另外,POM 的表面硬度与铝合金接近,动态摩擦时具有自润滑作用,无噪声。

(2) 聚甲醛的热学性能 POM 具有较高的热变形温度,它属于热敏性聚合物,在成型温度下的热稳定性差,易分解,一般加入 0.1% 双氰胺和 0.5% 抗氧剂 2246 作为稳定剂。

(3) 聚甲醛的化学性能 POM 具有能耐许多种有机溶剂的功能,对油脂类(汽油、润滑油)有较好的稳定性。

(4) 聚甲醛的电性能 POM 的电绝缘性能较好,它的电性能在较宽的频率和温度范围内变化很小,温度对其也没有显著的影响。但当长期在室外的紫外线下使用时,它的拉伸强度和冲击强度下降,表面甚至会导致粉化,这们使得它的电性能比其他工程塑料稍差一些。

POM 耐电弧性极好,而且能在高温下保持。它的介电强度与厚度有关,厚度 0.127mm 时是 82.7kV/mm,厚度为 1.88mm 时为 23.6kV/mm。

(5) POM 的环境性能 POM 的耐溶剂性良好,它可以耐烃类、醇类、醛类、醚类、汽油、润滑油及弱碱,而且可以在高温下保持当的化学稳定性。POM 不耐强酸和氧化剂,对稀酸及弱酸有一定的稳定性。

2. 聚甲醛的应用

针对聚甲醛的性能,这种塑料在各行各业得到了广泛的应用。机械工业中一般用于生产制造强度大、耐磨、耐疲劳、冲击高的一些零件,如齿轮、轴承、滑轮、凸轮、皮带轮、螺栓等;汽车工业中利用比强度高的优点,用来生产制造一些水箱阀门、散热器箱盖、风扇、控制杆、开关、齿轮等;电子电器行业利用其介电强度高、介电损耗角正切值小、耐电弧高的优点,生产制造电扳手外壳、电动工具外壳、开关手柄、电视机等的外壳。

聚甲醛树脂是一种工程塑料,请学生通过调研掌握鉴别方法,通过实验证实,同时,鼓励学生找到更好的鉴别方法。讨论学生认识到的聚甲醛制品。

(九) 聚四氟乙烯 (PTFE)

聚四氟乙烯是氟塑料中综合性能最好、产量最大、应用最广的一种。它属于结晶型线型高聚物。

(1) 聚四氟乙烯主要性能 聚四氟乙烯主要的特性是具有优异的耐热性,聚四氟乙烯长期使用温度为 $-250 \sim 260^{\circ}\text{C}$;聚四氟乙烯的化学稳定性特别突出,无论是强酸、强碱及各种氧化剂等腐蚀性很强的介质对它都毫无作用,甚至沸腾的“王水”和原子工业中用的强腐蚀剂五氟化钠对它也不起作用。它的化学稳定性超过了玻璃、陶瓷、不锈钢,甚至金、铂,因此,聚四氟乙烯有“塑料王”之称。聚四氟乙烯的摩擦因数非常小,且在工作温度范围内摩擦因数几乎保持不变;聚四氟乙烯具有极其优异的介电性能,在 0°C 以上其介电性能不随温度和频率而变化,也不受潮湿和腐蚀气体的影响,是一种理想的高频绝缘材料;但聚四氟乙烯力学性能不高,刚度差。

(2) 聚四氟乙烯成型性能 聚四氟乙烯成型困难,是热敏性塑料,极易分解,分解时产生腐蚀性气体,有毒,必须严格控制成型温度。流动性差,熔融温度高,成型温度范围小,要高温、高压成型。模具要有足够的强度和刚度,应镀铬。