



机电类**新技师**培养规划教材

塑料成型工艺

SULIAO CHENGXING GONGYI

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

组编

邱丹力 主编

赠送电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机电类新技师培养规划教材

塑料成型工艺

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组编

邱丹力 主编

机械工业出版社 (CIP) 目次

机械工业出版社 北京 邱丹力 主编

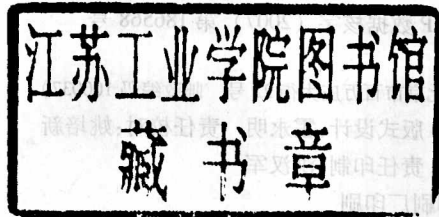
2008.1

机械工业出版社

ISBN 978-7-111-25251-3

机械工业出版社 - 工艺 - 塑料成型 - 邱丹力 主编

1. 19320.00



机械工业出版社

本套教材是根据中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的技师教学计划和教学大纲编写的。本书主要内容包括：塑料的基本性能、塑料的成型基础、塑料制件的结构工艺性、各种典型的塑料成型工艺及成型设备。

本套教材的教学计划和大纲是依据《国家职业标准》中对技师的要求制定的，内容立足岗位，以必需、够用为度。本套教材配有教学计划和大纲、电子教案，部分教材还有多媒体课件和习题及其解答，可供高级技校、技师学院、高等职业院校使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型工艺/邱丹力主编. —北京: 机械工业出版社,
2008. 1

机电类新技师培养规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 22951 - 3

I. 塑… II. 邱… III. 塑料成型 - 工艺 - 技术培训 - 教材 IV. TQ320. 66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 186568 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: 郁雷 版式设计: 霍永明 责任校对: 姚培新

封面设计: 王伟光 责任印制: 洪汉军

高等教育出版社印刷厂印刷

2008 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9.75 印张 · 236 千字

0001 - 4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 22951 - 3

定价: 17.00 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) 88379077

封面无防伪标均为盗版

机电类新技师培养规划教材 编审委员会名单

主任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 徐彤 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 付志达

李晓庆 刘大力 张跃英 董桂桥

委员 于正明 王军 王德 王兆山 王英杰 付志达 冯小平

李涛 李全利 许炳鑫 张正明 杨君伟 何月秋 何秉戌

周冠生 孟广斌 赵杰士 郝晶卉 贾恒旦 徐卫东 凌爱林

奚蒙 章振周 梁文侠 喻勋良 曾燕燕

本书主编 邱丹力

本书参编 刘钧杰 蔡海涛 高树存

本书主审 夏薇

前 言

随着全球知识经济的快速发展，我国工业化建设也呈现迅猛发展之势，因而技术工人十分缺乏。为了顺应形势的发展要求，我国出台了一系列大力发展职业教育的政策：劳动和社会保障部颁布了最新《国家职业标准》，继续实行职业准入制度，并将国家职业资格由三级（初、中、高）改为五级（初、中、高、技师、高级技师），对技术工人的工作内容、技能要求和相关知识进行了重新界定。教育部根据国务院“大力开展职业教育”的精神进行了职业教育的改革，高职学院、中职学校相应地改制、扩招，以培养更多的技术工人。

经过几年的努力，技术工人在数量上的矛盾在一定程度上得到缓解，但在结构比例上的矛盾突显出来。高级工、技师、高级技师等高能人才在技术工人中的比重远远低于发达国家，而且他们年龄普遍偏大，文化程度偏低，学习高新技能比较困难。为打破这一局面，加快数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高能人才的培养，劳动和社会保障部提出的“新技师培养带动计划”，即在完成“3年50万”新技师培养计划的基础上，力争“十一五”期间在全国培养技师和高级技师190万名，培养高级技工700万名，使我国从“世界制造业大国”逐步转变为“世界制造业强国”。为此，劳动和社会保障部决定：除在企业中培养和评聘技师外，要探索出一条在技师学院中培养技师的道路来。中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会经研究决定，制定机电行业的技师培养方案。

在上述原则的指导下，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织30多所高级技校、技师学院和企业培训中心等单位，经过广泛的调研论证，决定首批选定五个工种（职业）——模具工、机修钳工、电气维修工、焊工、数控机床操作工作为在技师学院培养技师的试点。对学制、培养目标、教学原则、专业设置、教学计划、教学大纲、课程设置、学时安排、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》中相关工种对技师和高级技师的要求，结合各校、各地区企业的实际，经过历时三年的充分论证，完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作，并明确了教材编写的思想。

使用本套“机电类新技师培养规划教材”在技师学院培养技师，招收的学员必须符合的条件是：已取得高级职业资格（国家职业资格三级）的高级技校的毕业生，或具有高级职业资格证书的本职业或相近职业的人员。本套教材的编写充分体现“教、学、做”合一的职教办学原则，其特点如下：

（1）教材内容新，贴合岗位实际，满足职业鉴定要求。当今国际经济大格局的进程加快了各类型企业的先进加工技术、先进设备和新材料的使用，作为技师必须适应这种要求，教材中也相应增加了新知识、新技术、新工艺、新设备等方面的内容。另外，教材的内容以《国家职业标准》中对技师和高级技师的知识技能要求为基础，设置的实训项目或实例从岗

位的实际需要出发,是生产实践中的综合性、典型性的技术问题,既最大限度地体现学以致用
的目的,又满足学生毕业考取取得职业资格证书的需要。

(2) 针对每个工种(职业),均编写一本《相关工种技能训练》。随着全球化进程的加
快,我国的生产力发展水平和职业资格体系应与国际相适应,因此,技师应该是具有高超操
作技能的复合型人才。例如,模具工技师不应仅是模具工方面的行家里手,还应懂得车、
铣、数控、磨、刨、镗和线切割、电火花等加工,以适应现代制造业的发展趋势,故此
《相关工种技能训练(模具工)》中,就包含上述内容。其他工种与此类似。

(3) 理论和技能有机结合。劳动和社会保障部颁布的“新技师培养带动计划”中明确
指出“建立校企合作培养高技能人才”的制度,现在许多技师学院从企业中聘请具有丰富
实践经验的工程技术人员作为技能课教师,各专题理论与实践融合在一起的编写方式,更适
于这种教学制度。

(4) 单独编写了两本公共课教材——《实用数学》和《应用文写作》。新时代对技师
的要求不仅是技术技能型人才,还应是知识技能型甚至是复合技能型的高技能人才,有一
定的数学理论基础和写作能力是新技师必备的素质。《实用数学》运用微积分知识分析解决生
产中的实际问题,少推理,重应用;《应用文写作》除介绍、普通事务文书、经济文书、法
律文书、日常事务文书的写法外,还教授科技文书的写法,其中科技论文的写法对于技师论
文的写作会有很大裨益。

(5) 本套教材配有电子教案。电子教案包括教学计划、教学大纲、每章的培训目标、
内容简介、重点难点,教师上课的板书,本章小结、配套习题及答案等等。

(6) 练习题是国家题库及各地鉴定考题的综合归纳和提升。

本套教材的编写得到了各技师学院、高级技工学校领导的高度重视和大力支持,编写人
员都是职业教育教学一线的优秀教师,保障了这套教材的质量。在此,对为这套教材出版给
予帮助和支持的所有学校、领导、老师表示衷心的感谢!

本书由邱丹力统稿并任主编,刘钧杰、蔡海涛、高树存参加编写,夏薇任主审。

由于编写时间和编者水平所限,书中难免存在不足或错误,敬请广大读者不吝赐教!

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言

第一章 塑料

第一节 塑料的基本组成

一、树脂

二、塑料添加剂

第二节 塑料的分类

一、按塑料的使用特性分类

二、按塑料受热后呈现的基本特性

分类

复习思考题

第二章 塑料的性能与加工

第一节 塑料的基本性能、用途和加工

方法

一、塑料的基本性能

二、塑料的用途

三、塑料的主要成型方法

第二节 常用热塑性塑料的性能与加工

一、聚乙烯

二、聚丙烯

三、聚氯乙烯

四、聚苯乙烯

第三节 常用热固性塑料的性能与加工

一、酚醛树脂

二、氨基树脂

三、环氧树脂

四、不饱和聚酯树脂

复习思考题

第三章 注射成型工艺

第一节 塑料成型制件的结构工艺性

一、尺寸和尺寸精度

二、塑件的表面质量

三、形状

四、斜度

五、壁厚

六、加强肋及其他增强防变形结构

七、支承面

八、圆角

九、孔的设计

十、螺纹的设计

十一、齿轮设计

十二、嵌件和自攻螺钉孔设计

十三、铰链

十四、标记、符号、文字

第二节 塑料注射成型工艺过程及控制

因素

一、注射成型原理及特点

二、塑料注射成型工艺过程

第三节 注射成型工艺参数

一、温度

二、压力

三、成型周期

复习思考题

第四章 压缩成型

第一节 概述

第二节 热固性塑料的工艺性能

一、流动性

二、固化速率

三、收缩率

四、压缩比

第三节 压缩成型工艺过程

一、压缩成型前的准备

二、压缩成型过程

三、压后处理

第四节 压缩成型的工艺参数

一、压缩成型压力

二、压缩成型温度

三、压缩时间

第五节 常用模塑料的压缩工艺

一、团(散)状模塑料模压工艺

二、片状模塑料模压工艺

三、吸附预成型坯模压工艺

四、短纤维模塑料成型工艺

五、定向铺设模压成型工艺

复习思考题

| | | | |
|------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 第五章 压注成型 | 74 | 四、典型泡沫塑料——聚苯乙烯的常用 成型工艺 | 105 |
| 第一节 概述 | 74 | 第三节 涂覆制品成型 | 106 |
| 第二节 压注成型原理及特点 | 74 | 一、涂层制品 | 106 |
| 一、压注成型基本原理 | 74 | 二、塑料涂覆 | 106 |
| 二、压注成型特点 | 75 | 第四节 层压成型工艺 | 107 |
| 第三节 压注成型用材料 | 76 | 一、叠料 | 107 |
| 一、压注成型用基体树脂 | 76 | 二、热压工艺 | 108 |
| 二、压注成型用增强材料 | 77 | 三、脱模 | 109 |
| 三、预成型体的加工 | 79 | 四、后加工 | 109 |
| 四、胶粘剂 | 81 | 五、热处理 | 109 |
| 第四节 压注成型的工艺过程及工艺 参数 | 82 | 第五节 中空吹塑成型工艺 | 110 |
| 一、压注成型的工艺过程 | 82 | 一、中空吹塑成型的分类及成型工艺 过程 | 110 |
| 二、压注成型的工艺参数 | 82 | 二、吹塑成型的工艺参数 | 113 |
| 三、压注成型制品缺陷及解决方法 | 85 | 第六节 抽真空成型工艺 | 114 |
| 复习思考题 | 85 | 一、抽真空成型的特点、分类 | 114 |
| 第六章 挤出成型工艺 | 86 | 二、各种抽真空成型的工艺过程 | 115 |
| 第一节 概述 | 86 | 第七节 搪塑工艺 | 118 |
| 第二节 挤出成型工艺 | 87 | 一、工艺过程 | 118 |
| 一、挤出成型工艺过程 | 87 | 二、塑料糊在热处理过程中的物理 变化 | 118 |
| 二、挤出成型工艺参数 | 89 | 三、塑料玩具的生产工艺 | 119 |
| 第三节 挤出管材成型工艺 | 91 | 复习思考题 | 120 |
| 一、挤出管材工艺控制要点 | 91 | 第八章 塑料成型设备 | 121 |
| 二、挤出管材常出现的不正常现象 | 92 | 第一节 注射成型机 | 121 |
| 三、挤出管材操作规则 | 92 | 一、注射机的分类 | 121 |
| 第四节 典型塑料管材制品 | 93 | 二、注射机型号规格的表达法 | 122 |
| 一、硬质聚氯乙烯塑料管材 | 93 | 三、注射机的主要技术参数 | 124 |
| 二、软聚氯乙烯管材 | 97 | 四、注射机有关工艺参数的校核 | 128 |
| 复习思考题 | 98 | 五、注射机的安装、调试、操作及 维护 | 132 |
| 第七章 其他塑料成型工艺 | 99 | 第二节 压力机 | 135 |
| 第一节 压延成型工艺 | 99 | 一、压力机的工作原理、结构及分类 | 135 |
| 一、概况 | 99 | 二、压力机的主要零部件 | 138 |
| 二、压延机 | 99 | 三、压力机的主要技术参数及选择 | 141 |
| 三、压延用塑料 | 99 | 四、压力机的安装调试、安全使用和 维护 | 143 |
| 四、压延成型工艺过程 | 99 | 复习思考题 | 144 |
| 五、影响压延制品质量的因素 | 102 | 参考文献 | 146 |
| 第二节 泡沫塑料成型工艺 | 103 | | |
| 一、概述 | 103 | | |
| 二、泡沫塑料基本原料 | 104 | | |
| 三、成型方法 | 104 | | |

第一章 塑料

本章应知

1. 塑料的基本组成成分的特性。

2. 塑料的分类。

本章应会

1. 根据对塑料性能要求合理选用和添加各种添加剂。

2. 根据用途选用塑料。

第一节 塑料的基本组成

塑料是以合成树脂（高分子聚合物）为基体，在其中添加了某些特定用途的添加剂（少数情况下可以不加添加剂），并在加工为制品的某阶段可流动成型的材料。高分子聚合物是指成千上万个结构相同的小分子单体通过加聚或缩聚反应形成的长链大分子。它既存在于大自然中（称为天然树脂），又能够用化学方法人工制取（称为合成树脂）。合成树脂是塑料最基本、最重要的组成部分。在合成树脂中加入某些添加剂，如稳定剂、填料、增塑剂、润滑剂、着色剂等，可以得到各种性能的塑料品种。添加剂在塑料中所占比例较小，塑料的性能主要取决于合成树脂的性能。

一、树脂

树脂分为天然树脂和合成树脂两种。

1. 天然树脂

天然树脂是指从树木中分泌出的脂物，如松香就是从松树分泌出的乳液状树脂中分离出来的。后来又发现，从热带昆虫的分泌物中也可提取树脂，如虫胶；有些树脂还可以从石油中得到，如沥青，这些都属于天然树脂。

天然树脂的特点有：无明显的熔点，受热后逐渐软化，可溶解于有机溶剂，而不溶解于水。

2. 合成树脂

合成树脂是人们模仿天然树脂的成分，并克服了产量低、性能不理想的缺点，用化学方法人工制取的树脂，是高分子物质或其预聚体。合成树脂常呈液体状、粉状或颗粒状，不能直接使用，需通过一定的加工工艺将它转化为塑料或塑件后才能使用。

二、塑料添加剂

1. 增塑剂

凡添加到聚合物中能使聚合物的塑性增加的物质都可以称为增塑剂。增塑剂的主要作用是削弱聚合物分子间的作用力（范德华力），从而增加聚合物分子间的移动性，降低聚合物分子链的结晶性，即增加聚合物的塑性。同时，因为增塑剂一般为小分子物质，在分子链间易于移动，相对为高分子链的运动起了润滑作用，表现为聚合物的

硬度、模量、软化温度、脆化温度下降，而伸长率、曲挠性和柔韧性提高。使用增塑剂是为了改进树脂的柔顺性、延伸性和可塑性等，以达到降低其熔融粘度和熔融温度，改善其加工性能的目的。但增塑剂的加入会降低塑料的稳定性、介电性能和力学性能。

选用增塑剂的基本要求是增塑剂与天然树脂要有良好的相容性，化学稳定性要好，挥发性要低。其次，要求增塑剂无害、无毒、无臭、不易燃烧，对光热的稳定性好，吸水性差和价格低廉等。

常用的增塑剂有以下几种：

(1) 苯二甲酸酯类 常用品种包括邻苯二甲酸二丁脂、二辛脂等。这类增塑剂的优点在于可以使材料保持良好的绝缘性和耐寒性。

(2) 磷酸酯类 常用品种有磷酸三甲酚脂、磷酸三酚脂、三辛脂。这类增塑剂的特点是可以使材料保持较好的耐热性，但耐寒性较差，且该类增塑剂有毒性。

(3) 二辛脂类 常用的品种有己二酸、壬二酸、癸二酸。这类增塑剂可以使材料具有较好的耐寒性，但耐油性较差。

2. 填料

填料一般是对聚合物呈惰性的粉末物质。加入填料后一方面可以改善塑料的某些物理性能，如导热性、膨胀性、耐热性、硬度、收缩性、尺寸稳定性等；另一方面也可以减少树脂的用量，降低塑料的成本。例如，把木粉加入到酚醛树脂中，既能起到降低成本的作用，还能改善它的脆性；把玻璃纤维加入到塑料中，可以大幅度提高塑料的机械强度；聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)中加入钙质填料后，可得到刚性和耐热性都很好且物美价廉的钙塑料。此外，有的填料还可使塑料具有树脂没有的性能，如导电性、导磁性等。

填料的种类很多。按其化学结构可分为有机填料和无机填料；按来源可分为矿物性填料、植物性填料、合成填料等；按其外观形状可分为粉状填料、粒状填料、薄片状填料、实心微球填料、中空微球填料；按功能可分为增量型填料、增强型填料、阻燃型填料、导电型填料、着色型填料、耐热型填料、耐候型填料和抗粘型填料等许多种。

常用的填充剂有玻璃纤维、碳酸钙(CaCO_3)、滑石粉、木粉等。

3. 稳定剂

塑料在受热及紫外线、氧气等的作用下会逐渐老化。工业上为了提高树脂在热、光和霉菌等外界因素作用时的稳定性，常在树脂中加入少量用以减缓或阻止塑料在加工和使用过程中分解变质的添加剂，这些添加剂称为稳定剂。

选择稳定剂首先要求和树脂相容性好，对树脂的稳定效果好；其次要求在成型过程中最好不分解，挥发性小，无色、耐油、耐化学药品及耐水等。

常用的稳定剂有光稳定剂和热稳定剂等。

(1) 光稳定剂 将光稳定剂加入到塑料配方中，能改善塑料的耐日光性，防止或降低日光中紫外线对塑料产生的破坏。常用的光稳定剂有以下几种： TiO_2 、 ZnO 、水杨酸酯类、二苯甲酮类等。

(2) 热稳定剂 将热稳定剂加入到塑料配方中，能改善树脂的稳定性，抑制其热降解、热分解。常用的热稳定剂有以下几类：盐基铅盐热稳定剂、金属皂类热稳定剂、有机锡化合物热稳定剂。

4. 润滑剂

润滑剂是以改进高聚物的流动性、减少摩擦、降低界面黏附力为目的而在树脂中使用的一种添加剂。

聚合物熔体粘度高，高聚物在加工过程中熔体的分子内摩擦及聚合物熔体与加工机械表面的外摩擦等易影响塑件的外观质量，为此在树脂中加入润滑剂以改善其流动性，同时润滑剂还可以起到熔融促进剂、防粘连和防静电、有利于脱模等作用。

润滑剂分为外润滑剂和内润滑剂两种。外润滑剂用于减小塑料加工时物料或制品与加工设备金属表面间的摩擦或黏附。内润滑剂用于减小塑料熔融加工时树脂大分子间的摩擦，降低熔体的粘度，增加熔融物料的流动性，有利于塑料的加工。

同一种润滑剂在不同的聚合物或不同的加工条件下会表现出不同的润滑作用，如高温、高压下内润滑会被挤压出来变成外润滑。多数润滑剂兼有内、外润滑剂的双重功能。常用的塑料润滑剂种类有：

- (1) 脂肪酸及其脂类 如硬脂酸、硬脂酸甲酯、硬脂酸丁酯等。
- (2) 脂肪酸酰胺类 如硬脂酸酰胺、油酸酰胺、己酰胺、辛酰胺等。
- (3) 金属皂类 如钙、镁、钡、锂、锌、铅等金属的硬脂酸盐。
- (4) 烃类 如聚乙烯蜡、石蜡等。
- (5) 硅有机化合物 如甲基硅油和乙基硅油。

润滑剂的用量一般为0.5%~1%（质量分数）。

5. 着色剂

着色剂是能使塑件具有各种颜色的物质。合成树脂的本色都是白色半透明或无色透明的。现代塑件的着色不仅能够使塑件外观绚丽多彩、美艳夺目，提高了塑件的商品价值，还可根据不同的用途给塑件配以合适的颜色，起到特殊的作用。例如军用塑料的颜色大多与自然界中的颜色相近，以便于增加其隐蔽性。此外，着色剂还可改善塑件的性能，如可以提高塑件的耐候性、力学性能、电性能及光学性能等。

着色剂一般有无机颜料、有机颜料及染料三大类。后两类又统称为有机着色剂。表1-1是三类着色剂的性能比较。

表1-1 三大类着色剂性能比较

| 指标 | 无机颜料 | 有机颜料 | 染料 |
|------|------|------|----|
| 色相 | 不鲜明 | 鲜明 | 鲜明 |
| 着色力 | 大 | 大 | 大 |
| 遮盖力 | 大 | 小 | 小 |
| 分散力 | 好 | 好 | 好 |
| 耐光性 | 差 | 差 | 差 |
| 耐热性 | 好 | 差 | 差 |
| 耐迁移性 | 好 | 差 | 差 |
| 耐溶剂性 | 好 | 差 | 差 |
| 耐药品性 | 好 | 差 | 差 |

一般来说，理想的着色剂应色彩鲜艳，着色力大；有良好的分散性，能够均匀地分散在树脂中，不结块；在树脂的加工温度和最高使用温度下具有良好的热稳定性，不变色、不分解，能长期耐热；光稳定性好，尤其耐日光照射；耐溶剂性好，有良好的耐酸、耐碱性，并且具有良好的化学稳定性；不影响塑料的加工性能和使用性能；价格便宜，对产品成本影响不大等特性。

第二节 塑料的分类

塑料的种类繁多,大约有300多种,常用的塑料也有几十种,而且每一品种又有多种牌号,为了便于识别和使用,需要对塑料进行分类。

一、按塑料的使用特性分类

1. 通用塑料

通用塑料是指产量大、用途广、价格低、性能普通、主要用于制造日用品的塑料。主要有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料等,约占塑料总产量的75%以上。

2. 工程塑料

是指力学性能优良,可在较广温度范围内承受机械应力并能在较为苛刻的化学及物理环境中使用,可以作为工程结构材料的一类塑料。主要有聚酰胺(尼龙)、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚苯醚、聚砜、聚酯及各种增强塑料。

工程塑料与通用塑料相比产量小,价格较高,具有优异的力学性能、电性能、化学性能、耐磨耐热性能、耐腐蚀性能、自润滑性能及尺寸稳定性,可代替一些金属材料用于制造结构零部件。

3. 功能塑料

功能塑料是指用于特殊环境中,具有某一方面特殊性能的塑料。主要有医用塑料、光敏塑料、导磁塑料、高耐热性塑料及高频绝缘性塑料等。这类塑料产量小,价格较高,性能优异。

二、按塑料受热后呈现的基本特性分类

1. 热塑性塑料

热塑性塑料是指在一定的温度范围内,能反复加热软化乃至熔融流动,冷却后能固化成一定形状的塑料。

热塑性塑料基本上是以聚合反应得到的线型或支链型树脂为基础制得的,在成型过程中只有物理变化而无化学变化,因而受热后可多次成型,废料可回收再利用。常用的有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、ABS、聚甲醛、尼龙及有机玻璃等。

2. 热固性塑料

热固性塑料是指加热温度达到一定程度后能成为不熔性物质,使形状不再变化的塑料。

热固性塑料基本上是以缩聚反应得到的,在成型受热时发生化学变化使线型分子结构转变为体型结构,废料不能再回收利用。常用的有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、不饱和聚酯塑料、三聚氰胺塑料等。

复习思考题

1. 塑料一般由哪些成分组成?
2. 在塑料中加入填料的作用是什么?对填料有何要求?
3. 增塑剂的作用是什么?对增塑剂有何要求?
4. 稳定剂有几类?它们的作用是什么?
5. 着色剂的作用是什么?对它的要求是什么?
6. 塑料是如何进行分类的?热塑性塑料和热固性塑料有什么区别?

第二章 塑料的性能与加工

本章应知

1. 塑料的基本性能、用途及加工方法。

2. 热塑性塑料的性能及加工。

3. 热固性塑料的性能及加工。

本章应会

1. 能够根据性能要求选用塑料。

2. 根据选用的塑料确定加工方法。

第一节 塑料的基本性能、用途和加工方法

不同品种的塑料具有不同的性能和用途，综合起来，塑料具有以下几种基本性能和用途。

一、塑料的基本性能

1. 可塑性

顾名思义，塑料就是可以塑造的材料。所谓塑料的可塑性就是可以通过加热的方法使固体的塑料变软，然后再把变软了的塑料放在模具中，让它冷却后又重新凝固成一定形状的固体。塑料的这种性质也有一定的缺陷，即遇热时容易软化变形，有的塑料甚至用温度较高的水烫一下就会变形，所以塑料制品一般不宜接触开水。

2. 弹性

有些塑料也像合成纤维一样具有一定的弹性。当它受到外力拉伸时，卷曲的分子被拉直，但一旦拉力取消后，它又会恢复原来的卷曲状态，例如聚乙烯和聚氯乙烯的薄膜制品。但是有些塑料弹性比较差。

3. 强度

塑料虽然没有金属那样坚硬，但与玻璃、陶瓷、木材等相比，还是具有比较高的强度及耐磨性。大多数塑料具有优良的减振、耐磨和自润滑特性。许多用工程塑料制造的耐磨零件就是利用塑料的这些特性，在耐磨塑料中加入某些固体润滑剂和填料时，可降低其摩擦因数或进一步提高其耐磨性能。按单位质量计算的强度称为比强度，有些增强塑料的比强度接近甚至超过钢材，例如合金钢材单位质量的抗拉强度为 160MPa，而用玻璃纤维增强的塑料可达到 170~400MPa。塑料可以制成机器上坚固的齿轮和轴承。

4. 耐腐蚀性

塑料既不像金属那样在潮湿的空气中会生锈，也不像木材那样在潮湿的环境中会腐烂或被微生物侵蚀，塑料有优良的化学稳定性能。一般塑料对酸、碱等化学药品均有良好的耐腐蚀能力，特别是聚四氟乙烯的耐化学腐蚀性能比黄金还要好，甚至能耐“王水”等强腐蚀性电解质的腐蚀，被称为“塑料王”。因此塑料常常被用作化工厂的输水、输液管道、建筑

物的门窗等。

5. 绝缘性

几乎所有的塑料都具有优异的电绝缘性能，塑料的分子链是原子以共价键结合起来的，分子既不能电离，也不能在结构中传递电子，所以塑料具有绝缘性。如极小的介电损耗和优良的耐电弧特性，这些性能可与陶瓷媲美。塑料可用来制造电线的包覆层、电插座、电器的外壳等。

6. 透光及防护性能

多数塑料都可以制成透明或半透明制品，其中聚苯乙烯和丙烯酸酯类塑料像玻璃一样透明。有机玻璃化学名称为聚甲基丙烯酸甲酯，可用作航空玻璃材料。聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等塑料薄膜具有良好的透光和保暖性能，大量用作农用薄膜。塑料具有多种防护性能，因此常用作防护用品，如塑料薄膜、箱、桶、瓶等。

7. 减振、消音性能

某些塑料柔韧而富于弹性，当它受到外界的机械冲击和振动时，内部产生粘性内耗，将机械能转变成热能，因此，工程上用作减振消音材料。例如，用工程塑料制作的轴承和齿轮可减小工作中的噪声，各种泡沫塑料更是广泛使用的优良减振消音材料。

8. 质轻

塑料质轻，一般其密度都在 $0.9 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ 之间，只有钢铁的 $1/8 \sim 1/4$ 、铝的 $1/2$ 左右，而各种泡沫塑料的密度更低，约在 $0.01 \sim 0.5 \text{g/cm}^3$ 之间。

上述塑料的优良性能，使它在工农业生产和人们的日常生活中具有广泛用途。它已从过去作为金属、玻璃、陶瓷、木材和纤维等材料的代用品，而一跃成为现代生活和工业不可缺少的材料。

然而，塑料也有不足之处。例如，耐热性比金属等材料差，一般塑料仅能在 100°C 以下温度使用，少数能在 200°C 左右使用；塑料的热膨胀系数要比金属大 $3 \sim 10$ 倍，容易受温度变化而影响尺寸的稳定性；在载荷作用下，塑料会缓慢地产生粘性流动或变形，即蠕变现象；此外，塑料在大气、阳光、长期的压力或某些物质的作用下会发生老化，使性能变坏等。塑料的这些缺点或多或少地影响或限制了它的应用。但是，随着塑料工业的发展和塑料材料研究工作的深入，这些缺点正被逐渐克服，性能优异的新颖塑料和各种塑料复合材料正不断涌现。

二、塑料的用途

塑料已被广泛用于农业、工业、建筑、包装、国防尖端工业以及人们日常生活等各个领域。

在农业和渔业方面，大量塑料被用于制造地膜、育秧薄膜、大棚膜、排灌管道、鱼网、养殖浮漂等。

在工业方面，电气和电子工业广泛使用塑料制作绝缘材料和封装材料；在机械工业中用塑料制成传动齿轮、轴承、轴瓦及许多零部件代替金属制品；在化学工业中用塑料制作管道、各种容器及其他防腐材料；在建筑工业中制作门窗、楼梯扶手、地板砖、天花板、隔热隔音板、壁纸、落水管件及坑管、装饰板和卫生洁具等。

在国防工业和尖端技术中，无论是飞机、舰艇，还是火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船和原子能工业等，塑料都是不可缺少的材料。

而在人们的日常生活中,塑料的应用更广泛,如塑料凉鞋、拖鞋、雨衣、手提包、儿童玩具、牙刷、肥皂盒、热水瓶壳等。目前在各种家用电器,如电视机、收录机、电风扇、洗衣机、电冰箱等方面也获得了广泛的应用。

在包装领域中塑料已获得广泛应用,例如各种中空容器、注塑容器(周转箱、集装箱、桶等)、包装薄膜、编织袋、瓦楞箱、泡沫塑料、捆扎绳和打包带等。

三、塑料的主要成型方法

塑料的成型加工方法很多,下面简要介绍几种主要的成型方法。

1. 注射成型

塑料的注射成型也称为注塑成型。该方法采用注射成型机将粒状的塑料连续输入到注射成型机料筒中受热并逐渐熔融,使其成黏性流动状态,由料筒中的螺杆或柱塞推至料筒端部,通过料筒端部的喷嘴和模具的浇注系统将熔体注入闭合的模具中,充满后经过保压和冷却使塑件固化定型,然后开启模具取出塑件。注射成型主要用于热塑性塑料,现在也用于热固性塑料。注射成型在塑料塑件成型中占有很大比例,是塑料加工中重要成型方法之一。

注射成型具有以下几方面的特点:

- 1) 成型周期短,能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑件。
- 2) 对成型各种塑料的适应性强。目前,除氟塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可用此方法成型,某些热固性塑料也可采用注射成型。
- 3) 生产效率高,易于实现自动化生产。
- 4) 注射成型所需设备昂贵,模具结构比较复杂,制造成本高,所以注射成型特别适合大批量生产。

2. 压缩成型

压缩成型又称压制成型。它是把由上、下模组成的模具安装在压力机的上、下模板之间,将塑料原料直接加在敞开的模具型腔内,再将模具闭合,塑料粒料(或粉料、预制坯料)在受热和受压的作用下充满闭合的模具型腔,固化成型后得到塑件。该法主要用于热固性塑料。

压缩成型与注射成型相比有如下特点:

- 1) 压缩成型所使用的设备和模具以及生产过程的控制都比较简单。
- 2) 压缩成型的塑料制品耐热性好,塑件的收缩率小、变形小,各项性能比较均匀。
- 3) 压缩成型适宜成型流动性差的塑料,比较容易成型大、中型塑件。

同时压缩成型又有如下的特点:

- 1) 压缩成型生产周期长,效率低,不易实现自动化,由于模具要加热到高温,引起原料中粉尘和纤维飞扬,劳动条件较差。
- 2) 不能模压对尺寸精度要求较高的塑件。因为塑件常有较厚的溢边,溢边厚度的波动影响塑件高度尺寸的精确度。
- 3) 带有深孔、开头有精细嵌件的塑件难以成型。
- 4) 对模具材料要求较高。因为压缩模具需要交替的加热和冷却,同时还受到高压作用,另外压模在操作中冲击振动较大,易磨损变形。一般压塑模具使用寿命仅20~30万次。

3. 压注成型

压注成型是在压缩成型的基础上发展起来的热固性塑料成型方法,其工艺类似于注射成

型工艺,所不同的是压注成型时塑料在模具的加料腔内塑化,再经过浇注系统进入型腔,而注射成型时在注射成型料筒内塑化。

与压缩成型相比较,压注成型的特点是:

1) 压注成型能生产带有精细嵌件,较深的孔和外形复杂、薄壁或壁厚变化很大的塑件,因为压注成型的塑料在进入型腔前已经塑化。

2) 压注成型周期短,生产效率高。

3) 就塑件的质量来看,压注成型塑件的物理力学性能较高;塑件的飞边很薄,容易去除;在塑件的合模方向上有较高的尺寸精度;表面粗糙度值也较小。

与注射成型相比,压注成型安放嵌件方便,因此压注成型常用于成型形状复杂或带较多嵌件的热固性塑料的塑件。

压注成型的缺点是模具结构复杂、制造成本高,塑料浪费较大,塑件修整工作量大,工艺条件较压缩成型严格,操作难度大。

4. 挤出成型

挤出成型又称挤塑成型。该方法与注射成型的原理类似,将粒状塑料在挤出机的料筒中完成加热和加压过程,熔体经过装在挤出机机头上的成型口模挤出,然后冷却定型,借助牵引装置拉出,成为具有一定横截面形状连续塑件。一般用于板材、管材、单丝、扁丝、薄膜、电线电缆的包覆等的成型。由于挤出成型方法变化多、用途广、产量高,因此,它是热塑性塑料加工中重要成型方法之一。

挤出成型特点:

1) 挤出成型所用设备结构简单、操作方便、占地面积少、环境清洁。

2) 可以连续化生产,效率高、投资少、成本低。

3) 模具结构也较简单,制造维修方便。

4) 挤出成型塑件的内部组织均衡致密,尺寸比较稳定。

5) 挤出成型适应性强,除氟塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可采用此方法成型,部分热固性塑料也可以采用挤出成型。

5. 中空成型

中空成型又称吹塑成型。它是制造中空件和管筒型薄膜的方法。该法先用挤出机或注射机挤出或注射出管筒形状的熔融坯料,然后将此坯料放入吹塑模具内,向坯料吹入压缩空气,使处于高弹态的熔融塑料型坯发生膨胀变形,然后再经冷却定型,从而获得中空容器。吹塑制品包括塑料瓶、容器及各种形状的中空制品,它广泛用于化工、交通运输、食品、饮料、化妆品、儿童玩具等领域。

第二节 常用热塑性塑料的性能与加工

一、聚乙烯

聚乙烯(Polyethylene, PE)是由乙烯单体自由基聚合而成的聚合物。

1. 结构性能

聚乙烯是无臭、无味及无毒的可燃性白色粉末。经挤出造粒成蜡状半透明颗粒料,手触似蜡,柔而韧呈乳白色。耐腐蚀性、电绝缘性(尤其高频绝缘性)优良,可以氯化、辐照

改性,可用玻璃纤维增强。低压聚乙烯的熔点、刚性、硬度和强度较高,吸水性小,有良好的电性能和耐辐射性;高压聚乙烯的柔软性、伸长率、冲击强度和渗透性较好;超高相对分子质量聚乙烯抗冲击强度高、耐疲劳、耐磨。

低压聚乙烯适于制作耐腐蚀零件和绝缘零件;高压聚乙烯适于制作薄膜等;超高相对分子质量聚乙烯适于制作减振、耐磨及传动零件。

其密度为 $0.94 \sim 0.96 \text{g/cm}^3$,成型收缩率为 $1.5\% \sim 3.6\%$,成型温度为 $140 \sim 220^\circ\text{C}$ 。

2. 成型性能

1) 成型和机械加工、修饰容易;与有机玻璃熔接性良好,可制作双色成型塑件。

2) 结晶料吸湿小,不需充分干燥,流动性极好,对压力敏感,成型时宜用高压注射。料温均匀,填充速度快,保压充分。不宜用直接浇口,以防收缩不均,内应力增大。注意选择浇口位置,防止产生缩孔和变形。

3) 收缩范围和收缩值大,方向性明显,易变形翘曲。冷却速度宜慢。模具设冷料穴,并有冷却系统。

4) 加热时间不宜过长,否则会发生分解、灼伤。

5) 软质塑件有较浅的侧凹槽时,可强行脱模。

6) 可能发生融体破裂,不宜与有机溶剂接触,以防开裂。

3. 加工方法

聚乙烯可用挤出、注塑、吹塑等方法进行成型,但挤出方法用得较多,3/4的聚乙烯制品是用挤出成型法生产的,挤出制品有薄膜、管材、棒材、片材、电线电缆包覆层及各种型材等。

加工时应注意:

1) 聚乙烯吸水性低,除了有吸湿剂存在外,加工前可以不予干燥。

2) 聚乙烯在空气中会被氧化,在熔融温度下特别明显,因此应减少熔体与空气接触。

3) 聚乙烯的加工温度比较低,但其比体积较高,且随温度而变化。

4) 聚乙烯有高度结晶性,在冷却时产生高度收缩。

5) 松弛时间短。

6) 刚性较低,抗拉强度低。

7) 熔点相当明显。

8) 抗刮性差。

二、聚丙烯

聚丙烯 (Polypropylene, PP) 是由丙烯单体经自由基聚合而成的聚合物。

1. 结构性能

质轻,密度小,刚硬有韧性,弯曲程度高,耐疲劳、耐应力开裂,屈服强度、抗拉强度、抗压强度、硬度等力学性能均优于低压聚乙烯。耐热性较好,可在 100°C 左右使用,若不受外力,则温度升到 150°C 也不变形。具有良好的电性能和高频绝缘性。基本上不吸水,并且有较好的化学稳定性,除对浓硫酸、浓硝酸外,几乎都很稳定。但在 0°C 以下易变脆,热变形温度较低,耐候性差,不耐磨,易老化。适于制作一般机械零件、耐腐蚀零件和绝缘零件。

聚丙烯密度约为 $0.9 \sim 0.91 \text{g/cm}^3$,成型收缩率为 $1.0\% \sim 2.5\%$,成型温度为 $160 \sim$