



高等职业教育机电类专业规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训教材

塑料成型工艺与模具设计

SU LIAO CHENG XING GONG YI YU MO JU SHE JI

主编：张秀玲 黄红辉 副主编：卢端敏 杨军 主审：叶久新 参审：杨先泽



中南大学出版社

高等职业教育机电类专业规划教材

塑料成型工艺与模具设计

主 编	张秀玲	黄红辉
副主编	卢端敏	杨 军
主 审	叶久新	
参 审	杨先泽	



中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/张秀玲等主编. —长沙:
中南大学出版社, 2006. 5
ISBN 7-81105-228-8

I. 塑... II. 张... III. ①塑料成型②塑料模具—设计
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 031346 号

塑料成型工艺与模具设计

主 编 张秀玲 黄红辉

副主编 卢端敏 杨 军

主 审 叶久新

参 审 杨先泽

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 汤庶平

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482

☐印 装 湖南大学印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 17.5 ☐字数 424 千字

☐版 次 2006 年 5 月第 1 版 ☐2006 年 5 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 7-81105-228-8/G·081

☐定 价 28.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内 容 简 介

本教材根据从事塑料成型工艺及模具设计的工程技术综合应用型人才的实际需要,总结近几年各院校模具专业教学经验编写而成。

本教材的特点是:理论以“必需,够用”为度,突出应用性;紧密联系实际,有较强的实用性,融相关专业知识为一体,突出综合能力的培养。

本书共9章,内容包括塑料及其性能、用途,注射成型,压缩成型,压注成型,挤出成型,吸塑成型等的原理与工艺特性,各类塑料模具的基本结构及零部件的设计方法,气体辅助注射成型,共注射成型,注塑模计算机辅助设计与辅助制造的应用等。

本书是高等职业技术学院模具专业教学用书,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。



高等职业教育机电类专业规划教材

国家技能型紧缺人才培养教材

编写委员会

主 任：金潇明

副主任：（以姓氏笔画为序）

李建跃 肖智清 钟振龙 梁 勇 曾宪章

委 员：（以姓氏笔画为序）

王志泉 王定祥 王凌云 皮智谋 许文全

刘茂福 肖正祥 汤光华 汤忠义 李绪业

张导成 欧阳中和 张秀玲 张若峰 胡智清

晏初宏 徐政坤 郭紫贵 黄红辉 梁旭坤

董建国 曾霞文 管文华 谭海林 樊小年



总 序

加入世贸组织后,我国机械制造业迎来了空前的发展机遇,我国正逐步变成“世界制造中心”。为了增强竞争能力,中国制造业开始广泛使用先进的数控技术、模具技术,21世纪机械制造业的竞争,其实是数控技术的竞争。随着数控技术、模具技术的迅速发展及数控机床的急剧增长,我国机械企业急需大批数控机床编程、操作、维修技术人才及模具设计与制造技术人才,而目前劳动力市场这种技术应用型人才严重短缺。为此,教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合启动了“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”,明确了高等职业教育的根本任务就是要从劳动力市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以能力为本位,努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才。并在全中国选择确定了90所高职院校、96所中职院校作为数控技术技能型紧缺人才培养培训工程示范院校,推荐403个企事业单位作为校企合作数控培养培训基地。计划2003~2007年向社会输送数控专业毕业生数十万人,提供短期培训数十万人次,以缓解劳动力市场数控技能型人才紧缺的现状。

大量培养技能型人才中的一个重要问题就是教材。在机电类专业高等职业教育迅速发展的同时,具有高职特色的机电类专业教材极其匮乏,不能满足技能型人才培养的需要。为了适应机电类高职教育迅速发展的形势,在湖南省教育厅职成处,湖南省教育科学研究院的支持、指导和帮助下,湖南省高等职业教育机电类专业教学研究会和中南大学出版社进行了广泛的调研,探索出版符合高职教育教学模式、教学方式、教学改革的新教材的路子。他们组织全国30多所高职院校的院系领导及骨干教师召开了多次教材建设研讨会,充分交流了教学改革、课程设置、教材建设的经验,把教学研究与教材建设结合起来。并对机电类专业高职教材的编写指导思想、教材定位、特色、名称、内容、篇幅进行了充分的论证,统一了思想,明确了思路。在此基础上,由湖南省高等职业教育机电类专业教学研究会牵头,成立了“湖南省机电类专业规划教材编委会”,组织编写出版了高等职业教育机电类专业系列教材,这套教材包括机电类所有专业的公共专业基础课教材及数控、模具专业的核心专业课教材。教材的编委会由业内权威教授、专家、高级工程师技术人员组成,作者都是具有丰富教学经验、较高学术水平和实践经验的教授、专家及骨干教师、双师型教师。编委会通过推荐、招标、遴选确定了每本书的主编,并对每本书的编写大纲、内容进行了认真的审定,还聘请了中南大学、湖南大学等高校的教授、专家担任教材主审,确保了教材的高质量及权威性和专业性。

根据高职教育应用型人才培养目标,这套教材既具有高等教育的知识内涵,又具有职业教育的职业能力内涵,主要体现了以下特点。

(1) 以综合素质为基础,以能力为本位。

本套教材把提高学生能力放在突出的位置,符合教育部机电类专业教学基本要求和人才

培养目标,注重创新能力和综合素质培养。尽量做到理论与实践的零距离,教材的编写注重技能性、实用性,加强实验、实训、实习等实践环节,力求把学生培养成为机电行业一线迫切需要的应用型人才。

(2) 以社会需求为基本依据,以就业为导向。

适应社会需求是职业教育生存和发展的前提,也是职业教育课程设置的基本出发点。本套教材以机电企业的工作需求为依据,探索和建立根据企业用人“订单”进行教育与培训的机制,明确职业岗位对核心能力和一般专业能力的要求,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力。教材选用了技术先进、占市场份额最大的FANUC(法那科)、SIEMENS(西门子)和华中典型数控系统,既具针对性,又兼适应性,使学生具有较强的就业岗位适应能力。

(3) 反映了机电领域的新知识、新技术、新工艺、新方法。

本套教材充分反映了机电行业内最新发展趋势和最新研究成果,体现了数控、模具领域的新知识、新技术、新工艺、新方法,克服了以往专业教材中存在的內容陈旧、更新缓慢的弊端,选择了目前最新的数控系统为典型实例,采用了最新的国家标准及相关技术标准。

(4) 贯彻学历教育与职业资格证、技能证考试相结合的精神。

本套教材把职业资格证、技能证考证的知识点与教材内容相结合,将实践教学体系与国家职业技能鉴定标准实行捆绑,设计了与数控(车、铣)等工种技能考证基本相同的教材体系和标准板块,安排了相应的考证训练题及考证模拟题,使学生在获得学分的同时,也能较容易地获得职业资格证书。

(5) 教材内容精炼。

本套教材以工程实践中“会用、管用”为目标,理论以“必需、够用”为度,对传统教材内容进行了精选、整合、优化和压缩,能更好地适应高职教改的需要。由于作了统一规划,相关教材之间内容安排合理,基础课与专业课有机衔接,全套教材具有系统性、科学性。

(6) 教材体系立体化。

为了方便老师教学和学生学习,本套教材提供了电子课件、电子教案、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材的生命力在于质量,而提高质量是永恒的主题。希望教材的编委会及出版社能做到与时俱进,根据高职教育改革和发展的形势及机电类专业技术发展的趋势,不断对教材进行修订、改进、完善,精益求精,使之更好地适应高等职业教育人才培养的需要,也希望他们能够一如既往地依靠业内专家,与科研、教学、产业第一线人员紧密结合,加强合作,不断开拓,出版更多的精品教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

王键

2006年1月于长沙

(序作者为湖南省教育厅副厅长,教授、博士生导师)



前 言

本书是根据近年来塑料成型工艺及模具设计课程的教学需要编写而成的。

本书扼要地介绍了塑料的性能及用途,在阐述塑料成型工艺的基础上,较详细地分析了塑料成型模具的结构及零部件设计,介绍了气体辅助注射成型、共注成型、注塑模计算机辅助设计与辅助制造的应用等内容。内容力求适应高等职业技术教育的教学要求,从生产实际出发,突出应用性,注重能力培养,重点内容附有设计实例。

本书由湖南生物机电职业技术学院张秀玲、湖南科技职业技术学院黄红辉任主编,张家界航空职业技术学院卢端敏、湖南工业职业技术学院杨军任副主编,全书共9章。其中第1章由湖南生物机电职业技术学院周旭红编写,第2章由湖南生物机电职业技术学院周莉编写,第3章、第6章由张家界航空职业技术学院卢端敏编写,第4章由湖南科技职业技术学院黄红辉编写,第5章由湖南机电职业技术学院周志冰编写,第7章、第8章由湖南工业职业技术学院杨军编写,第9章由湖南生物机电职业技术学院张秀玲编写。感谢各参编人员所在学校的大力支持。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人教育及本科高校的二级职业技术学院和民办高校的“塑料成型工艺与模具设计”课程的教材,亦可供有关工程技术人员参考。



目 录

第1章 塑料的组成与性能	(1)
1.1 塑料的基础知识	(1)
1.2 塑料的基本组成与分类	(2)
1.3 塑料成型的工艺特性	(3)
1.4 常用塑料介绍	(6)
思考与练习	(13)
第2章 塑料成型原理与工艺特性	(14)
2.1 注射成型原理及工艺特性	(14)
2.2 压缩成型原理及工艺特性	(20)
2.3 压注成型原理及工艺特性	(25)
2.4 挤出成型原理及工艺特性	(27)
2.5 塑料成型工艺规程的制定	(30)
思考与练习	(34)
第3章 塑件的结构工艺性设计	(35)
3.1 塑件的尺寸、精度和表面粗糙度	(35)
3.2 塑件几何形状设计	(40)
3.3 带嵌件塑件的设计	(55)
3.4 塑件的结构工艺性设计实例	(59)
思考与练习	(60)
第4章 注射模结构与设计	(62)
4.1 注射模的分类	(62)
4.2 注射模的典型结构	(62)
4.3 注射模具与注射机的关系	(74)
4.4 分型面选择	(77)
4.5 浇注系统设计	(80)
4.6 成型零件的结构设计	(93)
4.7 推出机构设计	(104)
4.8 侧向分型与抽芯机构设计	(117)
4.9 注射模模架	(127)
4.10 脱螺纹机构	(139)
4.11 模具温度调节系统设计	(141)

4.12 注射模设计步骤	(146)
4.13 注射模设计实例	(147)
思考与练习	(152)
第5章 压缩模设计	(153)
5.1 压缩模的结构及分类	(153)
5.2 压缩模与压力机的关系	(157)
5.3 压缩模的设计	(160)
思考与练习	(172)
第6章 压注模设计	(174)
6.1 压注模的类型及结构	(174)
6.2 压注模与压力机的关系	(177)
6.3 压注模结构设计	(179)
思考与练习	(187)
第7章 挤出模设计	(188)
7.1 挤出模的分类及结构组成	(188)
7.2 挤出模设计要点	(191)
7.3 管材挤出模	(195)
7.4 异型材挤出模	(202)
7.5 挤出模设计实例	(209)
思考与练习	(213)
第8章 其他塑料成型模具设计简介	(214)
8.1 热成型模具	(214)
8.2 中空吹塑模具	(221)
8.3 泡沫塑料成型模具	(234)
思考与练习	(242)
第9章 塑料模新技术的应用	(243)
9.1 气体辅助注射成型	(243)
9.2 共注射成型	(250)
9.3 注塑模计算机辅助设计、辅助工程与辅助制造	(251)
附录A 塑料及树脂缩写代号(国家标准 GB/T1844—1980)	(256)
附录B 常用塑料的收缩率	(259)
附录C 常用热塑性塑料注射成型的工艺参数	(260)
附录D 常用国产注射机的技术规范	(263)
参考文献	(265)



第 1 章 塑料的组成与性能

1.1 塑料的基础知识

1.1.1 树脂

塑料的主要成分是树脂。树脂可分为天然树脂和合成树脂。

树木的分泌物如松香、橡胶等,热带昆虫的分泌物如虫胶等,石油的附产物如沥青等都是天然树脂。

用人工方法合成的树脂称合成树脂。由于天然树脂产量有限,而且性能也远远不能满足需求,故主要靠大批量生产合成树脂来满足市场需求。

1.1.2 高分子聚合物

树脂都属于高分子聚合物,简称高聚物或聚合物。

低分子化合物的单体转变成大分子物质的过程称为聚合反应。单体经过这种化学反应后,其原子便能以共价键的方式形成大分子结构,相对分子质量将远远大于原来单体的相对分子质量。

高分子聚合物的特点:①含原子数量多,有几十万个原子;②高分子化合物的相对分子质量比低分子化合物的相对分子质量大得多,前者从几万到上千万,而后者却只有几十或几百;③高分子化合物的分子长度比低分子化合物的分子长度长得多,如聚乙烯分子的长度为普通乙烯分子长度的 13600 倍。

1.1.3 聚合物分子结构

聚合物的分子结构共有三种:①线型结构;②支链线型结构(二维结构);③网状体型结构(三维),如图 1-1 所示。



图 1-1 聚合物的分子结构

线型聚合物的物理特性是具有弹性和塑性,在适当的溶剂中可以溶解。当温度升高时则软化至熔化状态而流动,冷却后固化,再加热后还可以具有流动性,因而可以反复成型,这样的聚合物具有热塑性。

体型聚合物的物理特性是脆性大、弹性较高和塑性很低,成型前是可溶和可熔的,而一经硬化成型(化学交联反应)后,就成为不溶不熔的固体,即使在更高的温度下(甚至被烧焦碳化)也不会软化,这样的聚合物称为热固性聚合物。

1.1.4 不同温度时聚合物呈现的三种状态

聚合物在不同温度下所表现出来的分子热运动特征称为聚合物的物理特征。物理状态的转变主要与温度有关,不同温度时聚合物呈现为三种状态:

(1) 低温态 温度较低时呈玻璃态(固态),在外力作用下,有一定的变形,但变形可逆,即外力消失后,其变形也随之消失。

加工性:在这种状态下,不易进行大变形量加工,但可进行车、钻、铣、刨等切削加工。

(2) 高弹态 是橡胶态的弹性体。其变形能力显著增加,但变形仍可逆。

加工性:可进行真空成型、压延成型、中空成型、压力和弯曲成型等。

(3) 黏流态 是粘性流体,常称为熔体。加工不可逆,一经成型冷却,形状保留。

加工性:可进行注塑、吹塑、挤出等成型加工。

1.1.5 聚合物的交联

聚合物在成型时,当温度达到成型固化温度时,其分子结构由线型或支链型二维结构变为三维网状体型结构的反应称为交联。通过交联反应能制得体型聚合物。

交联反应主要发生在热固性聚合物的成型过程中,通常采用压缩、压注和层压等方法成型。但在热塑性聚合物成型时,由于成型条件或其他原因(如原料不纯)等也可能引起交联反应,使聚合物的性能变坏,这在成型过程中应尽量避免。

1.1.6 聚合物的降解

塑料的成型加工通常是在高温、高压下进行的。因此,聚合物分子在受到热应力、微量水、酸、碱等杂质以及空气中的氧的作用,导致聚合物链断裂、分子变小、相对分子质量降低的现象称为聚合物降解(也称裂解)。

轻度降解会使聚合物变色;进一步降解会使聚合物分解出低分子物质,使制品出现气泡和流纹弊病,削弱制品各项物理、力学性能;严重的降解会使聚合物焦化变黑并产生大量的分解物质。

减少和消除降解的办法是依据降解产生的原因采取相应措施。

1.2 塑料的基本组成与分类

1.2.1 塑料的组成成分

塑料是以合成树脂为主要成分,加入适量的添加剂而组成的混合物。

(1) 树脂 树脂决定着塑料的性质和类别,是塑料中最主要的原料。塑料中树脂的含量为40%~100%。

(2) 添加剂 包括填充剂、增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂和固化剂等。

①填充剂:有增量作用以减少合成树脂的比例,有利于降低成本,同时还有改善性能的作用。如酚醛树脂中加入木粉后,可获得机械强度较高的胶木。

②增塑剂:可改善塑料的成型性能,降低刚性和脆性,即增加了塑料的塑性、流动性和韧性。

③稳定剂:可抑制和防止降解。它分为三种:热稳定剂——防止受热而降解;光稳定剂——防止因受光而降解;抗氧化剂——防止发生氧化而加速降解。

④润滑剂:对塑料表面起润滑作用,防止塑料在成型加工过程中粘附在模具上。同时,添加润滑剂还可以提高塑料的流动性,便于成型加工,并使塑料表面更加光滑。

⑤着色剂:主要起装饰美化作用,同时还可提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐气候性。

⑥固化剂:又称硬化剂,它的作用是促使合成树脂进行交联反应而形成体型网状结构,或加快交联反应速度。固化剂一般多用在热固性塑料中。

1.2.2 塑料的分类

1. 按合成树脂的分子结构及其受热时呈现的基本行为分类

(1) 热塑性塑料 是由可以多次加热加压,反复成型,具有一定的可塑性的合成树脂和各种添加剂制成的塑料。在反复加热加压的多次成型过程中,只有物理变化而无化学变化;其变化过程是可逆的;其分子结构是线型或支链型的二维结构。常见的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜和聚四氯乙烯等。

(2) 热固性塑料 与前者相比主要不同处是:不但合成树脂有所不同,而且在添加剂中还加入了固化剂。因此在加热过程中,当温度达到使固化剂产生化学变化的温度时,其分子结构从线型结构或支链型结构变为网状的交联体型结构而固化,再加热也不再变化,成为既不熔化又不溶解的物质。整个成型过程中既有物理变化也有化学变化,其过程是不可逆的。常用的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂、脲醛塑料、三聚氰胺甲醛和不饱和聚酯等。

2. 按塑料的用途分类

(1) 通用塑料 即普通的易于成型的、产量大、用途广而又廉价的塑料。最常用的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料六大品种。

(2) 工程塑料 即可成型工程结构件一类的塑料。较之通用塑料它具有强度高、尺寸稳定、在高低温下变形小、能保持良好的性能的特点,如ABS、尼龙、聚甲醛等。

(3) 特种塑料 即具有特种功能的塑料。如耐高温、低温、高冲击、具有高强度的塑料;具有导电或超导功能的塑料(即导磁、吸波、光敏、记忆性及超导功能)等。

1.3 塑料成型的工艺特性

塑料的成型工艺特性是塑料在成型加工过程中表现出来的特有性质。无论是热塑性塑料

还是热固性塑料都具有流动性、收缩性和吸湿性,但两者情况又各不相同。下面分别就热塑性塑料与热固性塑料的工艺性进行讨论。

1.3.1 热塑性塑料的工艺特性

(1) 收缩性 塑件从温度较高的模具中取出冷却到室温后,其尺寸或体积会发生收缩变小,这种性质称为收缩性。收缩性的大小以塑件收缩尺寸的单位长度百分比来表示,称为收缩率。

由于成型模具与塑料的线膨胀系数不同,收缩分为实际收缩率和计算收缩率。

成型温度下塑件在型腔中的尺寸(即型腔尺寸)与脱模冷却到室温时制品的尺寸之差除以制品室温下的尺寸为实际收缩率。而计算收缩率则是室温时的型腔尺寸与室温下塑件制品尺寸之差除以制品室温下的尺寸。

计算公式如下:

$$\text{实际收缩率} = \frac{\text{成型温度下的型腔尺寸} - \text{制品室温下的尺寸}}{\text{制品室温下的尺寸}} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$\text{计算收缩率} = \frac{\text{室温下的型腔尺寸} - \text{制品室温下的尺寸}}{\text{制品室温下的尺寸}} \times 100\% \quad (1-2)$$

公式(1-1)在大型、精密模具成型件尺寸计算时常用,而公式(1-2)在普通中、小型模具成型件尺寸计算时使用。实际上两者相差甚小,故一般均用公式(1-2)计算。

塑件的收缩不仅仅是热胀冷缩的结果,塑件脱模时的弹性恢复、塑性变形也会引起塑件尺寸的线性收缩。另外,塑料的品种、塑件的结构、成型工艺、模具结构等对塑件的收缩都会产生影响。因此,在设计塑件及相应的模具时,必须认真分析,正确选择塑件的材料和成型方法,确定合理的塑件结构和相应的模具结构,制定正确的成型工艺参数,选择适当的成型设备,从而制造出合格的塑件。

常用塑料的收缩率见附录 B。

(2) 流动性 塑料在一定的温度、压力作用下充填模具型腔的能力,称为塑料的流动性。塑料的流动性差,就不容易充满型腔,易产生缺料或熔接痕等缺陷,因此需要较大的成型压力才能成型。相反,塑料的流动性好,可以用较小的成型压力充满型腔。但流动性太好,会在成型时产生严重的溢边。

影响塑料流动性的因素有以下三个:

①温度:料温高,则流动性大。但不同塑料也各有差异。例如 ABS、AS、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、有机玻璃、聚碳酸酯等塑料的流动性随温度变化的波动较大,而聚乙烯、聚甲醛的流动性随温度变化的波动较小。

②压力:注射压力增大,则熔体受剪切作用大,流动性也增大,尤其是聚乙烯和聚甲醛对注射压力较为敏感。

③模具结构:浇注系统的结构及尺寸、冷却系统的设计、熔体的流动阻力、排气是否顺利等都对流动性有直接的影响。凡能促使料温降低、流动阻力增加的因素,都会使流动性降低。

流动性好的塑料有:聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、醋酸纤维等。流动性一般的塑料有:ABS、AS、有机玻璃、聚甲醛等。流动性差的塑料有:聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚砒等。

(3) 相容性 即两种或两种以上不同品种的塑料熔融后能融合到一起而不产生分离、起层现象的性能。相容性的优劣与其分子结构的相似程度有关。分子结构相似则易于相容,反之则难于相容。

相容性又称为共混性。良好的共混性是改造塑料性能的重要条件和重要途径。例如 ABS 与聚碳酸酯共混后性能大为改善。

(4) 吸湿性 即塑料对水分的吸附性能。按吸湿或黏附水分能力的大小,可将塑料分为吸湿性塑料和不吸湿性塑料两大类。前一类具有吸湿或黏附水分倾向,如聚酰胺、ABS、聚碳酸酯、聚苯醚和聚砜等;而后一类的吸湿或黏附水分能力极小,如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和氟塑料等。

吸湿性塑料在注射成型过程中比较容易发生降解,成型后塑件上出现气泡、银丝与斑纹等缺陷。因此,在成型前必须进行干燥处理,使水分含量不超过 0.5%。

(5) 热敏性 即某些热稳定性差的塑料,遇高温或在高温中时间较长时发生降解,出现变色等影响塑件性能的现象。

热敏性塑料成型时或遇高温时,往往会产生一些具有刺激性和腐蚀性的气体,这些气体对人体、模具和注射机都有刺激、腐蚀作用或毒性。必要时可在塑料中添加热稳定剂。

常用的热敏性塑料有硬聚氯乙烯、聚偏氯乙烯、醋酸乙烯共聚物、聚甲醛和聚三氟氯乙烯等。

(6) 结晶性 塑料在成型后的冷凝过程中,有的具有结晶性,如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、聚四氟乙烯等,而有的则属于非结晶型的塑料,如聚苯乙烯、ABS、聚碳酸酯、聚砜等。

结晶度大的塑料密度大,强度、硬度高,耐磨性和刚度好,耐化学腐蚀,电性能也好。结晶度小的塑料柔软性、透明度较好,伸长率、抗冲击强度较大。

(7) 应力开裂 有的塑料性质较脆,成型时易产生内应力,在外力作用下易产生应力开裂,如聚乙烯、聚碳酸酯、聚砜等。在设计塑件结构、模具结构及成型的工艺条件时都要加以注意,必要时还可添加稳定剂。

1.3.2 热固性塑料的工艺特性

(1) 收缩性 与热塑性塑料的情况近似。

(2) 流动性 与热塑性塑料的情况近似。

(3) 比容和压缩率 比容和压缩率都是用以确定模具加料腔尺寸大小的工艺特征。比容是指单位重量的松散塑料所占的体积(cm^3/g);压缩率则是塑料体积与成型后塑件体积之比,其比值恒大于 1,即塑料体积必定大于塑件体积。因为前者是松散的,后者是压实以后的。

比容和压缩率要适当。值太大,模具加料腔则大,模具也大,成本高,而且料太松散,成型时气体太多,排气困难,成型周期变长,不利于成型。

(4) 硬化速度 硬化是指塑料成型时完成交联反应的过程。硬化速度是指熔融塑料充满型腔后,分子结构从线型或支链型结构变为网状体型三维结构即交联固化所需的时间。时间越短,说明固化速度越快。

硬化速度通常以塑料试样固化 1mm 所需的时间(秒)来计量。硬化速度慢会使成型时间加长,降低生产效率。而硬化速度过快,又不适于成型大型的或复杂的塑件。

(5) 水分及挥发物含量 塑料中的水分和挥发物,一方面来自于塑料自身,另一方面则

来自压缩或压注过程中化学反应的副产物。

水分及挥发物含量过高,会使其流动性过大,易产生溢边和内应力,使塑件收缩加大而加剧变形,而且塑件中易产生气泡使塑件强度降低并产生水纹,光泽也不好。但含水分过少,又会大大降低其流动性,成型时不易充满型腔,成型困难。同时还不利于预压打饼。而且,当流动性不好时,必然会加大成型压力,以求注满而减少废品,因而加剧了模具的磨损,降低了模具的寿命。

1.4 常用塑料介绍

塑料及树脂名称及缩写代号见附录 A。

1.4.1 塑料的简易辨别方法

我们可以采用看、闻、燃烧、敲击等方法对常用塑料进行简易辨别(表 1-1)。

表 1-1 塑料的辨别方法

方法 种类	燃烧 难易	清焰后是否 继续燃烧	火焰 颜色	塑料 状态	有无臭味	成型品特性
PMMA 树脂	易	燃烧	黄色,两 端青色	软化	丙烯聚合物臭味	不如玻璃冰冷,易 弄弯
PC 树脂	易	燃烧	橙黄色, 黑烟	软化	苯乙烯聚合物臭味	敲击时有金属声音, 多为透明品
尼龙 树脂	徐徐燃烧	不燃烧	顶端黄色	熔融 掉下	独特臭味	有弹性
PVC 树脂	难	不燃烧	黄色,下 端绿色	软化	氯的臭味	硬质为橡胶状,其他 可为各种硬度
电木树脂	易	燃烧	黄色	胀起裂缝	酚醛臭味	多为黑褐色

1.4.2 热塑性塑料

(1) 聚乙烯(PE)

①主要用途:聚乙烯塑料是塑料工业中产量最大的品种。按聚合时采用的压力不同可分为高压、中压和低压三种。低压聚乙烯可用于制造塑料管、塑料板、塑料绳以及承载力不高的零件,如齿轮、轴承等;高压聚乙烯常用于制作塑料薄膜、软管、塑料瓶等。由于它具有优良的电气绝缘性能,常用于生产绝缘零件和包覆电缆等。

②基本特性:低压聚乙烯比较硬,耐磨、耐蚀、耐热及绝缘性较好。高压聚乙烯结晶度和密度较低(故称低密度聚乙烯),且具有较好的柔软性、耐冲击性及透明性。

聚乙烯无毒、无味、呈乳白色。密度为 $0.91 \sim 0.96 \text{ g/cm}^3$,是结晶型塑料。聚乙烯和其他塑料相比其机械强度、表面硬度较低,弹性模量也不高。聚乙烯的绝缘性能优异,并耐稀硫酸、稀硝酸和任何浓度的其他酸以及各种浓度的碱、盐溶液,但不能耐浓硫酸和浓硝酸。聚

乙烯有高度的耐水性,长期接触水其性能可保持不变。聚乙烯的可溶性较差,在室温下不溶解于一般溶剂。一般高压聚乙烯的使用温度在 80°C 左右,低压聚乙烯为 100°C 左右。聚乙烯能耐寒,在 -60°C 时仍有较好的机械性能, -70°C 时仍有一定的柔软性。聚乙烯在热、光、氧气的作用下会发生老化,必须在聚乙烯塑料中加入稳定剂。

③成型特点:聚乙烯的成型性能好,吸水性小,成型前可不预热。聚乙烯成型收缩率较大,且方向性明显,其注射方向的收缩率大于垂直方向的收缩率,易产生变形、缩孔。冷却速度慢,必须充分冷却。质软易脱模,塑件有浅的侧凹时可强行脱模。

(2) 聚氯乙烯(PVC)

①主要用途:聚氯乙烯是世界上产量最大的塑料品种之一,其价格便宜,应用广泛。由于聚氯乙烯的化学稳定性高,所以可用于制作防腐管道、管件、输油管、离心泵和鼓风机等。聚氯乙烯硬板广泛用于化学工业上制作各种贮槽的衬里,建筑物的瓦楞板,门窗结构,墙壁装饰物等建筑用材。由于电气绝缘性能优良,聚氯乙烯可在电气、电子工业中,用于制造插座、插头、开关和电缆。在日常生活中,聚氯乙烯用于制造凉鞋、雨衣、玩具和人造革等。

②基本特性:聚氯乙烯树脂为白色或浅黄色粉末,是线型结构、非结晶型的高聚物。其可溶性和可熔性较差,加热后塑性也很差,故纯聚氯乙烯树脂不能直接用作塑料,一般都应加入添加剂。在聚氯乙烯树脂中加入少量的增塑剂,可制成硬质聚氯乙烯,而软质聚氯乙烯树脂中则含有较多的增塑剂,其塑性、流动性比硬聚氯乙烯好。纯聚氯乙烯的密度为 1.4 g/cm^3 ,加入了增塑剂和填料等的聚氯乙烯塑件的密度范围一般为 $1.15\sim 2.00\text{ g/cm}^3$ 。硬聚氯乙烯有较好的抗拉、抗弯、抗压和抗冲击性能,可单独用作结构材料。软聚氯乙烯的柔软性、断裂伸长率、耐寒性会增加,但脆性、硬度、拉伸强度会降低。聚氯乙烯有较好的电气绝缘性能,可以用作低频绝缘材料,其化学稳定性也较好。

③成型特点:聚氯乙烯成型性能较差,又是热敏性塑料,在成型温度下容易分解放出氯化氢。因此,在成型时,必须加入稳定剂和润滑剂,并严格控制温度及熔体的滞留时间。应采用带预塑化装置的螺杆式注射机注射成型,模具浇注系统也应粗短,进料口截面宜大,模具应有冷却装置。

(3) 聚苯乙烯(PS)

①主要用途:聚苯乙烯是仅次于聚氯乙烯和聚乙烯的第三大塑料品种。在工业上可用于制作仪表外壳、汽车灯罩、指示灯罩、化学仪器零件、透明模型等。在电气方面用于制作良好的绝缘材料,如电视机结构零件、接线盒和电池盒等。在日用品方面则广泛用于制作包装材料、各种容器和玩具等。

②基本特性:聚苯乙烯是无色透明并有光泽的非结晶型线型结构的高聚物,落地时发出清脆的类似金属的声音,密度为 1.054 g/cm^3 。聚苯乙烯的透明性好,透光率高,在塑料中其光学性能仅次于有机玻璃。聚苯乙烯有优良的电性能(尤其是高频绝缘性能)和一定的化学稳定性。聚苯乙烯能耐酸(硝酸除外)、碱、醇、油、水等,但对氧化剂、苯、四氯化碳、酮类(除丙酮外)、酯类等的抵抗能力较差。聚苯乙烯的着色性能优良,能染成各种鲜艳的色彩。聚苯乙烯耐热性低,热变形温度一般在 $70^{\circ}\text{C}\sim 98^{\circ}\text{C}$,所以只能在不高的温度下使用。聚苯乙烯质地硬而脆,有较高的热膨胀系数,塑件易产生内应力,易开裂,因此,限制了它在工程上的应用。近几十年来,由于有了改性聚苯乙烯和以聚苯乙烯为基体的共聚物,从而扩大了它的用途。