

精密塑料成型

JINGMISULIAO CHENGXING

陈洪璆 徐之海 编著



国防工业出版社

精密塑料成型

陈洪璆 徐之海 编著

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

精密塑料成型/陈洪臻, 徐之海编著. —北京: 国防工业出版社, 1999. 8

ISBN 7-118-02147-4

I. 精… II. ①陈… ②徐… III. 塑料成型 IV. TQ320.
66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 03325 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 296 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 19.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

前 言

当今是一个以塑料为代表的合成材料时代,我们生存的环境是“塑料世界”。

由成型设备、成型模具和成型工艺等硬、软件所支撑的成型变换系统,可以把塑料原材料转变成为人们日常生活及工程生产技术上不同应用目的的塑料制品。随着科学技术的发展,制件的精度日益提高,精密塑料成型技术相伴而成长。

本书旨在拟对塑料原材料的组成与性能,成型变换系统基本工作原理,各支撑要素的结构和功能作简捷而系统的描述,同时还考虑到把近年迅速发展的精密塑料成型与模具CAD技术介绍给读者。我们衷心感谢近年在一些会议和期刊上发表的佳作资料,尽管不能在书后的主要参考文献中详细枚列。笔者的多年教学和科研工作体会无疑也会流露于笔端。

限于我们的能力,兼之时间匆促,误谬之处甚多,诚望批评指正。

编 者

内 容 简 介

本书主要介绍精密塑料制件成型技术的理论基础、常见方法和一些应用实践。内容包括材料性能,精密塑件设计、成型工艺和模具,塑件品质控制以及塑料模具 CAD 技术。全书内容简明扼要、循序渐进,其中对高精度、高质量、光学功能的塑件设计及相关成型、品质控制的叙述为之特色;塑模 CAD 技术顺应今后发展趋势,具有潜在引导作用。

本书可作高等院校电子、精密、办公自动化等专业教材,也可供从事塑料加工和模具设计与制造工程技术人员参考。

目 录

第一章 导论	1
第二章 工程塑料性能和应用	4
§ 2.1 塑料的组成和分类	4
一、塑料的组成及其作用	4
二、塑料的分类	7
§ 2.2 塑料的实用性能和技术性指标	8
一、塑料的实用性能	8
二、塑料的技术性指标	9
§ 2.3 常用工程塑料的主要特性和选用	10
一、常用工程塑料的主要特性	10
二、塑件选材的一般原则	11
三、光学塑料的应用性能	12
第三章 精密塑件的设计	15
§ 3.1 设计的准备和程序	15
一、设计前的准备	15
二、设计的程序	15
§ 3.2 塑件结构的一般工艺性原则	17
一、结构工艺性的意义	17
二、塑件的几何形状结构	18
§ 3.3 塑件的尺寸精度和表面质量	29
一、塑料的收缩率	29
二、塑件的尺寸精度	30
三、塑件的表面质量	33
§ 3.4 高精度塑料外观件设计	34
一、高质量塑料外观零件的基本设计原则	34
二、塑料外观零件的配合	36
三、塑料外观零件模具的设计特点	39
§ 3.5 高精度配合塑件的设计	40
一、零件的固紧与定位	40
二、平动和转动结构的设计	42
§ 3.6 塑料齿轮的设计	44
一、齿轮副配对材料	44

二、齿形几何参数	45
三、齿轮强度计算	47
第四章 塑料成型工艺	50
§ 4.1 塑料成型的理论基础	50
一、聚合物的流变学性质	50
二、聚合物熔体在模腔内的流动	53
三、聚合物成型过程中的物理变化	56
四、聚合物的降解和交联	59
§ 4.2 挤出和注射成型	60
一、挤出成型	60
二、注射成型	63
§ 4.3 模压及其它主要成型方法	70
一、模压成型	70
二、其它主要成型方法	73
§ 4.4 精密注射成型	82
一、精密注射成型的概念	82
二、对精密注射成型的物料要求	82
三、精密注射成型的工艺特点	83
四、精密注射机	85
五、精密注射模的特点	86
§ 4.5 塑料光学元件注射成型	87
一、塑料光学元件的特点及要求	88
二、塑料光学元件的型芯加工	93
三、塑料光学元件的注射成型工艺	96
四、塑料光学元件的后处理	100
五、塑料光学元件的真空镀膜	102
第五章 精密塑料成型模具	104
§ 5.1 注射模概要和热成型系统设计	104
一、注射模的基本结构和类型	104
二、注射模与注射机的关系	106
三、成型零部件设计	110
四、浇注系统设计	116
五、排气结构设计	122
§ 5.2 注射模执行机构和温调系统设计	123
一、合模导向机构设计	123
二、支承零部件	124
三、顶出脱模机构设计	124
四、侧向分型与抽芯机构	126
五、温度调节系统设计	127
§ 5.3 模压成型模具	130

一、压模的结构和类型	130
二、压模和压机的关系	133
三、压模成型零件设计	135
四、顶出脱模机构设计	140
五、侧向分型与抽芯机构	140
六、硅橡胶人工肛门囊体压制成型瓣合模	141
第六章 精密注射成型塑件的品质管理与后处理工艺	142
§ 6.1 精密塑料成型前的准备工作	143
一、塑料各种性能的测试工作	143
二、塑料的染色与干燥	144
三、模具的安装与调试	146
§ 6.2 精密成型过程中的关键因素	146
一、塑料在注射过程中的状况	146
二、塑料的温度	147
三、注射过程中塑料的压力	147
四、模具的温度	148
五、成型时间	148
§ 6.3 成型不良及其原因和对策	149
一、外观质量问题	149
二、尺寸及形状位置误差问题	152
三、成品物理性能问题	153
§ 6.4 高精度塑件的后处理工艺方法	153
一、塑料的机械加工	153
二、降低表面粗糙度 R_a 参数值及改善表面特性	157
三、表面装饰工艺方法	159
第七章 塑料模具计算机辅助设计	166
§ 7.1 塑料模具 CAD 的技术基础及发展概况	166
一、实现精密塑料模具 CAD/CAM/CAE 化的意义	166
二、塑料注射模具 CAD 技术内容与基础	167
三、塑料注射模具 CAD 的优越性及发展概况	169
§ 7.2 模具计算机辅助系统的硬件和软件配置	171
一、实现模具 CAD/CAM 技术所需要的硬件条件	171
二、实现模具 CAD/CAM 技术所需要的软件条件	174
三、模具 CAD/CAM 系统的类型	176
§ 7.3 塑料注射模具总体结构计算机辅助设计	177
一、标准模具系列的计算机信息库	178
二、型腔和模具图的计算机生成	180
§ 7.4 注射浇注系统的 CAD 交互设计	181
一、流道系统的设计原则	181

二、流道 CAD 设计的数学模型	182
三、交互式流道设计程序	185
§ 7.5 注射流动 CAD 模拟	185
一、流动分析模型	185
二、商品流动软件	189
§ 7.6 注射模具冷却系统的 CAD 模拟	190
一、冷却分析的数学模型	191
二、商品化冷却系统模拟软件	194
附录 塑料及树脂缩写代号(GB1844—80)	196
参考文献	199

第一章 导 论

犹如空气,塑料时时刻刻围绕在人们的身旁。如今我们可谓是生存在“塑料世界”里。

继德国诺贝尔化学奖获得者 Karl Ziegler(1898—1973)在本世纪初创用催化剂使塑料生产离开实验室后,1953 年意大利化学家、诺贝尔化学奖获得者 Giulio Natta 利用新型含有金属离子的树脂催化剂,使塑料生产推向大规模化。现在,塑料已成为四大工业材料(钢铁、木材、水泥、塑料)之一。并且由于它的原料易得,性能优越,加工方便,价格低廉,用途广泛,年增长率总居四者之首。故此有“世界将要进入以高分子材料为主体的合成材料时代”之说。

只要大家对周身的一切略加注意,不难发现,从日常生活的衣、食、住、行开始,到家用电器(如电视、洗衣机、音响设备、照相、摄像机),以及电脑、传真机等办公自动化设备,无论是工农业生产、交通运输、邮电通信、军事国防、仪器仪表和文体医卫;还是能源开发、海洋利用,乃至宇宙太空,哪一行、哪一业能离开这种新颖、性能特异的材料呢?据介绍,“阿波罗”飞船上使用了几千个塑料零件;“哥伦比亚”号宇宙火箭就是由碳纤维增强环氧树脂、聚酰亚胺树脂、再加上碳-碳复合材料及一部分耐火砖组成;……

如今,从各种塑料结构件到人造器官,是应有尽有,不胜枚举。难怪一位美国科学家(Carter)在当他看到硅表面上一段一段生长起来的氮化硅丝后,作如下估测:利用氮化硅聚合物这种特殊功能,再配上特殊功能的分子和分子导线,也许可以在溶液中合成或产生出计算机。那么第六代、第七代的电子计算机也就随着高分子技术的发展而诞生!

塑料是一种以聚合物(树脂)为主体的高分子材料,通常可在一定的温度和压力条件下被模塑成符合使用要求的各种各样的构件。工程塑料的应用实践表明,它能使构件的结构简化、减轻重量、提高某些质量,易于加工、既省材料、又节约成本,大大地提高生产效率,增加了经济效益。

高科技领域中的精密工程塑料制件(制品和零件)的应用,最早可追溯到第二次世界大战期间,英、法等国用透明塑料来制作望远镜、潜望镜;而今较典型的应用例子是在照相机和各种办公自动化设备中,大量、甚至整体地采用塑料制件。比如日本 Canon 全塑相机就是由约 300 个塑料零件组成。

随着精密、超精密注射成型工艺的出现,精密(指尺寸精度和表面面形与质量)塑料制件生产推向一个新的高潮。以下的几个例子从不同的角度来说明精密塑料成型的发展态势。德国生产的注射量为 0.01g 注射机,可用来制造手表轴承;我国从德国引进生产技术的巴尔达相机的重量仅 147g,外形尺寸为 103mm×63mm×22mm。日本松下公司使用计算机精密控制温度和压力的透镜超精密注射,将精度提高 10~100 倍,形状精度小于 5 μ m;而另一家 Ohmiya 厂,采用无定形聚烯烃树脂为原料生产传真机用的塑料透镜,月产量达 4~5 万片。在国内,近年来开展了非球面塑料透镜精密注射成型研究,取得了可喜

效果;微锥阵列对焦屏精密注射成型也工业化生产;此外,一些科研单位还展开了微透镜阵列成型技术的研究,都获得了满意的效果。

十年前有人对世界的塑料制品情况作了统计。表 1-1 列出 80 年代几种工程塑料消耗年平均增长率。它们主要是用于汽车和电子、电器行业,例如 ABS 四分之一用于汽车,三分之一用于家用电器和视听设备。作为比对,当时世界上几个经济大国的塑料消耗量和国民的人均年消耗水平,列于表 1-2。由此,可以把一个国家塑料生产量和国民人均消耗量的多少作为经济实力评定指标。

表 1-1 80 年代工程塑料年消耗增长率

塑料名称	ABS	聚酰胺	聚甲醛	聚苯醚(PPO)	热塑性聚酯	改性 PPO	氟塑料	聚碳酸酯
增长率(%)	3.5	6	5	3.5	15	10	5	8

表 1-2 经济大国塑料消耗状况(1988 年)

国 家	美 国	日 本	联邦德国	法 国	意大利	英 国	苏 联
消耗量/Mt	2711.5	1101.6	916.6	407	292	199	585
人均量/kg	116.9	99.3	149.4	74.6	52.3	35.6	28
年增长率(%)	7	9.8	8.6	5.4	3.5	2.1	6.1

我国自进入 90 年代以来,塑料的生产量和消耗量急剧增加,增长率可达 20% 以上。表 1-3 列出了该年代的前几年状况。但是由于人口基数大,国民人均消耗量却很低。1992 年消耗人均数仅约为 4kg。估测即使到了 21 世纪(2000 年)也不会超过 10kg。

表 1-3 我国 90 年代初塑料消耗状况

年 分	(1989)	1990	1991	1992
消耗量/万 t	(352.5)	366.8	433.5	536.8
增长率(%)		4.06	20.91	20.04

上述统计数据一方面体现了发达国家的经济实力和国民生活水平;另方面也让我们看到了我国的差距。这差距表明了我国整个塑料潜在发展的好兆头,也对于从事研究、生产技术的工作人员来说,提供大展才干的好时机,可谓任重而道远!

编者根据多年的教学、科研实践及体会,汇集塑料的原材料、成型基础理论、塑件设计、成型工艺和模具知识为一书,试图内容广泛、简明扼要、层次渐递、综合全面地向读者介绍塑料成型技术,注意突出精密成型的相关技术问题,具有一定的新颖、独到之处。所谓的精密成型,主要叙述尺寸和形状精度很高、表面粗糙度很低的塑料制品成型的工艺、模具及品质控制,除牵涉到成型物料、成型设备、模具等硬件因素外,还与塑件的设计、成型工艺参数(压力、温度、时间等)设定以及操作人员素质状况等软件因素相关。书中的一

些例子来自生产实践,具有一定的参考价值。计算机模具 CAD 能迅速地完成模具各类尺寸的计算、平衡流道系统、模拟注射过程并对之进行计算和分析,通过反复交互,可使设计的模具达到尽可能的完美。

愿望总归美好,实践是检验真理的唯一标准。编者只想把自己的一点积累献给读者,供参考,愿大家心想事成。

第二章 工程塑料性能和应用

塑料是一种以树脂为主体的高分子材料。由于树脂相对分子质量很大故亦被称之为聚合物或高聚物。单纯的聚合物性能往往不能满足加工成型和实际使用的要求,因此根据需求和可能可适当地佐以助剂(增塑剂、稳定剂、色料、填料等)。由树脂和助剂组成的塑料具有一系列优异特性,在一定的温度和压力条件下可模塑成符合使用要求的各种各样制品和零件。

§ 2.1 塑料的组成和分类

一、塑料的组成及其作用

1. 聚合物(树脂)

聚合物有天然和合成两大类型,常呈液状、粉状和粒状。作为塑料的主要成分聚合物大多是合成树脂,它决定了制件的基本性能,在制件中为均一的连续相。树脂的作用在于将各种助剂粘结成一个整体,而使之具有一定的物理-机械性能。

聚合物的种类很多,以满足各种制件的要求而具有不同的性能;另一方面,即使一种聚合物也可因为合成方法不同而性能有差异。因此从配料的角度来讲,对聚合物的选择要求主要是分子量大小及分布,颗粒大小、结构以及与增塑剂、溶剂等相互作用的难易程度诸方面考虑。

聚合物分子量大,则强度好而流动性差,需用的配料和成型温度就要求高;分子量小,聚合物的配料和成型虽方便些,但制件的使用性能降低。当聚合物和增塑剂配合时,其分子量增大引起混合物溶胀和塑化速度减小,物料配制将变得困难。一般情况下,分子量的分布不宜过宽,大分子量组分有可能因配料温度低未经塑化而纳入制件;或者小分子量组分有可能因配料温度过高而引起热降解。它们都影响到制件的成型性能和实际使用性能,并影响到配料的过程。

聚合物颗粒大小匀称、表面粗糙、形状不规则和结构疏松,则容易吸收增塑剂,且配料温度较低,配料时间较短。但是,大颗粒者有可能混合不均或塑化不完全;细颗粒者也容易引起尘埃飞爆。

此外,聚合物的水分、密度、结晶度和挥发物含量等对制件的物料成型性能和成型后的实际使用性能也会带来影响,故在配料和成型工艺过程中都应给予关注。

由于聚合物种类众多,而由它们组成的塑料可达数百种。书末附录 I 列出了(GB1844—80)规定的塑料及树脂缩写代号。要注意的是,一个代号又包含了多个品种。例如,PE(聚乙烯)代表了 LDPE(低密度聚乙烯)、LLDPE(线型低密度聚乙烯)、MDPE(中密度聚乙烯)、HDPE(高密度聚乙烯)和 UHMPE(超高相对分子质量聚乙烯)等。

2. 增塑剂

增塑剂是为了改善聚合物成型时的流动性能和增进制件的柔顺性所添加的助剂。它能降低聚合物分子之间的作用力,因此而被称为增塑剂,这种作用也就称为增塑作用。

增塑剂通常是一类对热和化学试剂都很稳定的有机物,大多数是挥发性低的液体,少数则是熔点较低的固体。从化学组分来看,有邻苯二甲酸酯、脂肪族二元酸酯、石油磺酸苯酯、磷酸酯、聚酯、环氧化合物等。对增塑剂的要求是与聚合物相容性良好,挥发性低;此外还要兼颜色、臭、毒、可燃和吸水性能。

增塑的机理可用图 2-1 来说明。聚合物大分子链以次阶力形式形成的联结点在分子热运动中呈解而复结的动平衡,而聚合物整体具有刚性。加入增塑剂后,其分子“插入”聚合物分子之间,并也与它们的活性中心形成解而复结的动平衡。相对地说原来的聚合物-聚合物联结点,由于增塑剂-聚合物联结点的介入而减少。因此分子间的作用力降低,导致聚合物性能的变化。

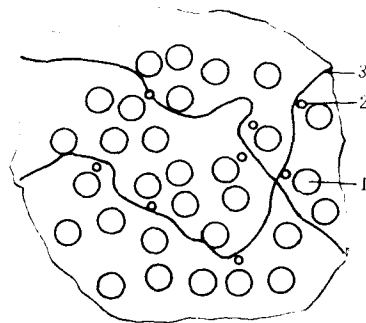


图 2-1 聚合物增塑示意图

1—聚合物分子;2—增塑剂分子;
3—增塑剂与聚合物的联结点。

3. 稳定剂

阻缓塑料变质的物质称为稳定剂,其添加的目的是制止或抑制聚合物因受外界因素(光、热、霉菌等)影响所引起的破坏作用。因此有热稳定剂、光稳定剂、抗氧剂等种类,以满足工程应用的需要。但如果按稳定剂的作用原理来分类,则有紫外线抗御剂;抗氧剂;转变降解催化剂的物质和去除活性中心的物质四类。这里简要说明紫外线抗御剂的使用,以便防止塑料光学元件的光降解。

日光中的紫外线含量约占 5%,波长范围为 290~400nm。因光子能量与波长成反比例关系,其辐射能量足以引起一般有机物化学键的破坏。户外或照明用塑料制件常因此而变质,开裂、变色、起泡,乃至完全粉化。为此,需用紫外线抗御剂以防所害。可喜的是最常用的透明塑料聚甲基丙烯酸甲酯具有很强的抵抗紫外线能力,而透明度略逊;但机械强度高得多的聚碳酸酯则不然,它可用羟基二苯甲酮类、羟基苯基连三氮杂茛或取代丙烯酸酯类作抗御剂。

紫外线抗御剂的作用形式有两种。其一是比聚合物先吸收了入射的紫外线而放出光能或热能,减缓或免除聚合物的降解。这类物质被称为紫外线吸收剂或蔽光剂。其二是移出聚合物吸收的光能量,使内储的光能量不足以引起光降解。这类物质称为能量转移剂。

4. 填料(填充剂)

填料一般都是对聚合物呈惰性的粉末状物质。它的加入是为了改善塑料的成型性能,提高制件的使用性能,赋予塑料新的特性和降低成本(含量可达近 40%)。

与聚合物相似,填料的颗粒大小和表面状况对塑料性能有一定影响,粒子愈细对制件稳定性和外观等的改善作用就愈大。此外,还要求填料分散性良好,不吸油和水(潮气),稳定且磨损不严重的设备等。填料的加入并不是单纯的混合,而且有次价力的存在,当聚合物分子量较大时则显得相当可观,从而改变了分子间的构造,降低结晶倾向,提高

玻璃化温度和硬度。但是填料的使用常会使塑料的强度和耐低温性降低,量大时会使加工性能和表面光泽变差。所以需对品种和加入量进行严格控制。常用的填料及其作用如表 2-1 所列。

表 2-1 常用的塑料填料及其作用

序 号	填料名称	作 用
1	碳酸钙	用于聚氯乙烯、聚烯烃等 提高制件耐热性、硬度;降低收缩率、降低成本 因遇酸易分解,不宜用于耐酸制件
2	粘土 高岭土 滑石粉 石棉 云母	用于聚氯乙烯、聚烯烃等 改善加工性能,降低收缩率,提高制件的耐药物、耐燃、耐水性及降低成本;提高制件刚性、尺寸稳定性以及使制件具有某些特性(如滑石粉可降低摩擦系数,云母可提高介电性能)
3	碳黑	用于聚氯乙烯、聚烯烃等 提高制件导热、导电性能,也作着色、光屏蔽剂
4	二氧化硅 (白炭黑)	用于聚氯乙烯、聚烯烃、不饱和聚酯、环氧树脂等 提高制件介电、抗冲击性能;可调节树脂的流动性
5	硫酸钙(石膏) 亚硫酸钙	用于聚氯乙烯、丙烯酸类树脂等 降低成本,提高制件尺寸的稳定性、耐磨性
6	金属粉	用于各种热塑性工程塑料、环氧树脂等 提高塑料导电、传热、耐热等性能。铅粉可使塑料具有遮蔽 X 或 γ 射线的作用
7	二硫化钼 石墨	用于尼龙浇铸制件等 提高表面硬度,降低摩擦系数、热膨胀系数,提高耐磨性
8	聚四氟乙烯粉 (或纤维)	用于聚氯乙烯、聚烯烃及各种热塑性工程塑料 提高制件的耐磨性、润滑性等

5. 增强剂

加入聚合物中的纤维类材料以使其机械性能得到补强而称之为增强剂。实际上它也是一种填料,往往用于热固性塑料,近来也在热塑性塑料中广泛地应用,但对成型性能和设备磨蚀影响很大。

主要使用的增强剂是玻璃纤维及其织物。由于玻璃纤维是由玻璃制成,其许多物理、化学性能与玻璃完全相同,而强度要比玻璃高得多。这是因为玻璃拉成细丝后,内部细微裂纹大为减少之故。玻璃纤维的耐热温度高达 300°C ,线膨胀系数为 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$,导热系数又小,因此能提高耐热、绝热性能;而且抗腐蚀性能(除氢氟酸和热的浓磷酸外)、电绝缘性能也都很好。

此外,木材、纸、石棉、棉麻和合成纤维也用作增强剂。为满足某些尖端技术的需要(如宇航、火箭、原子能方面),也使用耐高温、高强度的特种玻璃纤维和无机材料为增强剂。

6. 色料(着色剂)

色料赋予塑料以色彩或特殊的光学性能,不仅能使制件鲜艳、美观,有时也能改善制件的耐候性。

给予色彩的色料主要有颜料(无机、有机)和染料;给予特殊光学性能的有金属絮片,珠光、磷光、荧光色料等。一般要求色料性能稳定、不分解、易扩散、耐光和耐候性优良,不发生从制品内部向表层析出和移向与其接触的其它物质的迁移现象。

7. 润滑剂

为改善塑料熔体的流动性能,减少、避免对成型设备的摩擦、磨损和粘附,以及改进制品表面粗糙度而加入的一类助剂称为润滑剂。

润滑剂分为内、外两类。前者在聚合物中具有有限的相溶性,主要作用是减少聚合物分子的内摩擦;后者与聚合物的相溶很低,故能保留在塑料熔体的表面以降低与成型设备间的摩擦。

8. 其它主要助剂

防静电剂、阻燃剂、驱避剂等助剂也是塑料组成的不可少成分。通常塑料在成型过程中与模具或设备表面间都有静电荷积蓄(在后继的加工或传输中还有可能增强)。携带静电表面容易吸尘,过强时会危及人身,甚至引起火灾。于是,为使制品表面具有导电的分子层以消除带静电现象而采用防静电剂。耐驱避剂的添加是为了抵御、避免和消灭制品在储运、使用中可能遭受鼠、虫、菌等的侵蚀。

对热固性塑料而言,有时需加交联剂(硬化剂),二者相互作用而交联在一起(树脂分子向三维发展并逐渐构成巨型网状结构)。

9. 特殊助剂

在某些场合,为使塑料制品能够满足特殊需要而加入一些特殊用途助剂,最典型的一种是发泡塑料制品中的发泡剂。

二、塑料的分类

塑料因其聚合物不同而品种繁多,而且每一品种又具有多种牌号。为了便于识别和使用,需对之进行分类。

从应用角度来区分,塑料可分为通用塑料和工程塑料两大类。后者中又可细分出特种工程塑料以及用在特殊场合的功能塑料,如医用塑料、光敏塑料、珠光塑料、导磁塑料、离子体塑料等。

如果从制造树脂的化学反应类型来区分塑料的话,有缩聚型塑料和加聚型塑料两大类。树脂合成的加聚反应是指在一定的条件下,单体分子的活性链发生相互作用,“加聚”成一条大分子链的过程。而缩聚反应是靠单体中的可反应基团等来反应的,其反应是逐步缩合的,并伴有水、氨、甲醇、氯化氢等某种小分子物质析出。

如果按塑料成型方法来区分塑料的话,则有模压塑料、层压塑料、注射、挤塑和吹塑塑料、浇铸塑料、反应注射模塑材料等。

最科学的分类法是从化学结构及其基本行为来进行。按塑料中的大分子类型和特征可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。热固性塑料成型前是可溶可熔的,即为可塑的;在一定的温度和压力条件下,经历一定时间的固化,成型为不溶不熔性的物质。而热塑性塑料是指能在特定温度范围内可以反复加热软化和冷却硬化(成型)的塑料,或者说是反复可溶可熔、可以多次成型的塑料。这种性能上的相异是高分子结构所导致,下面还将在§3.1中较详细地说明。

§ 2.2 塑料的实用性能和技术性指标

一、塑料的实用性能

塑料在实用性能上的多样化特征,不但来源于塑料大分子的结构以及其组成特点,而且来源于塑料性能的可调性,即可通过许多不同途径改变其性能(简称改性),以满足使用上的不同要求。常用的改性方法有共混、共聚、增强、添加不同助剂和进行不同的加工处理等。

从塑料在工程中的应用这个角度出发,可以将塑料的主要实用性能归纳为以下几项。

1. 轻巧美观

普通塑料的密度都在 $0.9 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ 之间,大约是铝材的 $\frac{1}{2}$,钢材的 $\frac{1}{5}$ 。如果用发泡法得到的泡沫塑料,其密度可以小到 $0.01 \sim 0.5 \text{g/cm}^3$ 。利用这一特点,以塑代钢应用于汽车工业,已经取得重大的经济效益。美国汽车发展史 40 余年的经验表明,每减少 10% 重量,可以节约燃料 10%~20%。据统计,1975~1985 年美国因减轻汽车自重而节约能耗达 900 亿美元。此外,由于大多数塑料还具有美观大方的颜色,如光亮、纯洁透明、刚柔得宜,给人以典雅的感受;更兼塑料着色容易,可以获得绚丽多姿的色彩。

2. 电气绝缘

各种塑料的几种电气性能参数在很大的范围内变化:介电常数低至 2.0(比空气高一倍),而高值可达十几甚至更高;在笔者从事的特殊工程项目研究中,发泡塑料的介电常数为 1.2~1.3,接近空气。介电损耗(常用 $\text{tg}\delta$ 表示,故工程中称为介电损耗角正切)低的为万分之几,高的为百分之几甚至更高。绝缘电阻通常在 $10^{14} \sim 10^{16}$ 范围之内。大多数塑料都有较高的介电强度,但对高低压和高低频的适应性却十分悬殊。

3. 热物理性能

与金属等传统材料相比较,由于塑料的结构原因,分子运动特性、力学状态等呈现很大差异。首先在不太高的温度范围内表现多种性能的转变,利用这种特性而导致一系列的成型加工技术。其次,从实用的角度来看,塑料的熔点或软化点都不高,因而限制了它的应用范围。此外,它的热膨胀系数很大,比金属等材料大几倍或十几倍。显然这对用它来制作精密结构件则是不利因素,却也是特殊场合可用作热敏感结构件的原材料。

理论和实践都证明,塑料大分子本体导热率极小,是热的不良导体或绝热体。通常它是金属的几百至几千分之一。这种极低的热导性在其成型加工中和作为抗摩材料的应用中带来不少弊病,这点在第四章中还会讨论到。

4. 机械力学性能

塑料的机械性能相对金属要差,但变化范围甚大,从柔顺到坚韧、刚脆。制件的刚度与木材相近,拉伸强度从 $10 \sim 500 \text{MPa}$ ($100 \sim 500 \text{kg/cm}^2$) 甚至更大。经过高倍拉伸的薄膜、纤维和纤维增强塑料,它们的拉伸强度甚至可以增加一个数量级。这就是化纤织物耐穿的原因所在。

按单位质量计算的强度称为比强度。由于塑料的密度小,所以其比强度比较高。若按比强度大小来评价材料的使用性能,则一些特殊的塑料品种反将出类拔萃。例如,玻璃