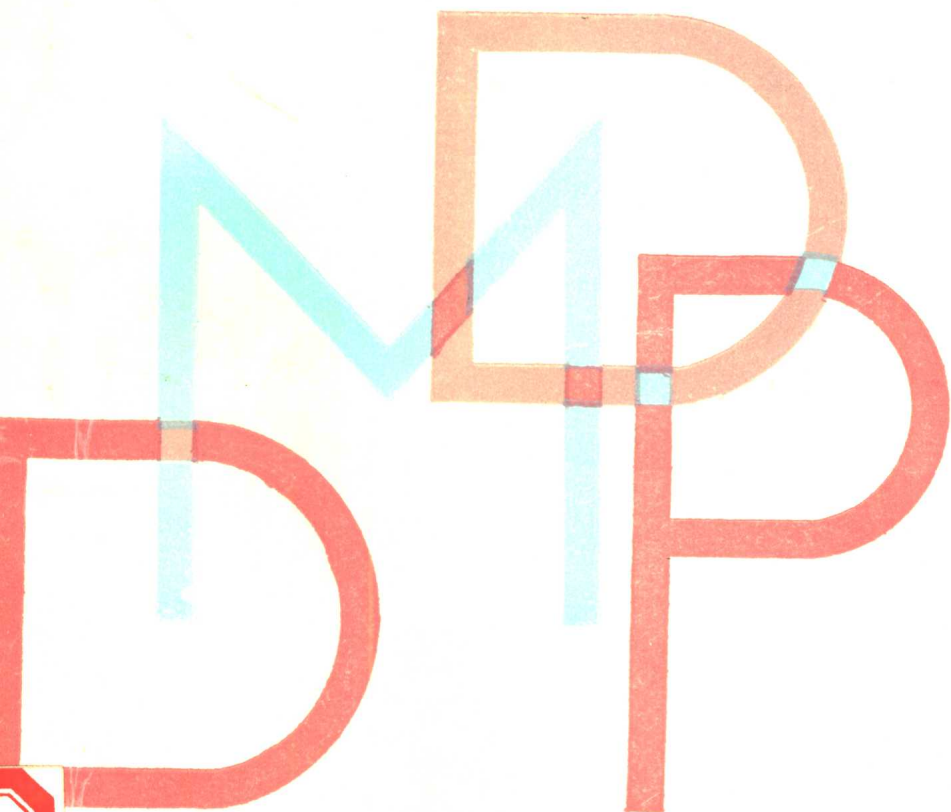


塑料制品

钱志屏 编著

设计与制造



DESIGN &
MANUFACTURE OF
PLASTIC PRODUCTS
同济大学出版社

塑料制品设计与制造

钱志屏 编著

同济大学出版社

(沪)新登字204号

内 容 提 要

本书包括压缩、传递和注射模塑制品,热塑性塑料结构泡沫制品,吹塑制品,热成型制品,无废料成型制品,旋转成型制品,锻造模塑制品,硬质聚氨酯结构泡沫制品,挤出成型制品,增强和层压塑料制品等;塑料件的紧固和连接;塑料制品表面整饰,塑料着色,以及各种塑料的工程性能及其测试方法的简介等内容。编写时力求做到理论联系实际,文图(表)配合,本书具有较强的实用性。

本书可作为高等院校高分子材料专业教材或教学参考书,也可供从事塑料制品研究、设计及制造的工程技术人员参考。

责任编辑 陈全明 曹炽康

封面设计 陈益平

塑料制品设计与制造

钱志屏 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

上虞科技外文印刷厂排版

常熟市文化印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 16.375 字数: 470千字

1993年5月第1版 1993年5月第1次印刷

印数: 1—6000 定价: 11.50元

ISBN7-5608-1125-6/TB·21

序

《塑料制品设计与制造》一书今天和广大读者见面了，这是值得庆贺的。

塑料的成型加工愈来愈被重视不是偶然的。塑料不仅部分取代了纸张、玻璃、木材、金属、陶瓷、皮革及其他传统材料，并且还赋予了新的特性。它广泛应用于各个领域，也是尖端科学不可缺少的材料之一，似乎可以讲没有发达的塑料制品工业，就没有现代化。

为了提高塑料的成型加工水平，不论是制品的设计，或是制品的生产，都必须摆脱光凭经验的做法，必须用理论知识来分析问题，这样才有可能举一反三，解决问题。

塑料制品的制造不仅与外观有关，而且与实际应用的关系更大。科学地设计与制造塑料制品是塑料制品工业提高水平的有效途径之一。

钱志屏教授有鉴于此，收集了大量国内外有关资料，结合自己长期从事教学和科研工作的经验积累编著了本书。本书理论联系实际，图文并茂，实用性较强。

深信本书对我国从事塑料制品工业的企业和人士具有一定的实用价值，也相信它的出版对这一工业的发展会起到促进作用。

陈由群

1992年4月

前 言

塑料制品已广泛应用于工农业生产各个部门和日常生活中。实用、价廉、美观的塑料制品是人们所希望的，然而制得一件满意的塑料制品，并非容易，涉及多方面的专业知识。为了适应塑料制品制造工业的发展，编著了《塑料制品设计与制造》一书。

编者根据长期从事教学和科研工作的经验，并参阅了大量国内、外有关专业资料编写了本书。全书对塑料选择、塑料制品的设计和制造、塑件的紧固和连接，制品表面整饰、塑料着色等内容作了较全面而系统的论述，并在附录中对塑料的工程性能及测试方法作了简要介绍。全书内容理论联系实际，具有较强的实用性。

本书可作为高等院校高分子材料专业教材或教学参考书，也可供从事塑料制品研究、设计及制造的工程技术人员参考。

本书在出版之际，承蒙上海市塑料制品公司总工程师、上海市塑料工程学会理事长、同济大学兼职教授陈由群高级工程师为本书写序，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

1992年2月

目 录

第一章 塑 料	1
第一节 概述	1
第二节 塑料的一般特性	1
1.2.1 力学性能	2
1.2.2 热性能	15
1.2.3 光学性能	16
1.2.4 电性能	17
1.2.5 环境敏感	17
第三节 塑料的分类	19
第四节 热固性塑料的性能	20
第五节 热塑性塑料的性能	23
第二章 压缩模塑制品	28
第一节 概述	28
第二节 热固性塑料压缩模塑工艺	29
第三节 制品设计	31
第四节 压缩模具	33
第三章 传递模塑制品	36
第一节 概述	36
第二节 传递模塑工艺	36

第三节 传递模具.....	39
---------------	----

第四章 注射模塑制品.....	41
-----------------	----

第一节 概述.....	41
-------------	----

第二节 热塑性塑料注射模塑工艺.....	41
----------------------	----

第三节 热固性塑料注射模塑工艺.....	44
----------------------	----

第四节 注射模具.....	47
---------------	----

第五节 定型模和定型架.....	51
------------------	----

第五章 压缩、传递和注射模塑制品的细部设计	52
-----------------------------	----

第一节 概述.....	52
-------------	----

第二节 模塑制品设计的工艺要求.....	52
----------------------	----

5.2.1 分模线	52
-----------------	----

5.2.2 模塑制品尺寸精度	60
----------------------	----

5.2.3 制品壁厚	61
------------------	----

5.2.4 转角和转角半径	65
---------------------	----

5.2.5 凸台和肋	67
------------------	----

5.2.6 角撑	74
----------------	----

5.2.7 脱模斜度	74
------------------	----

5.2.8 制品顶推部位及模具脱模机构	76
---------------------------	----

第三节 模塑制品孔和凸凹设计.....	79
---------------------	----

5.3.1 模塑制品孔设计	79
---------------------	----

5.3.2 模塑制品凸凹设计	90
----------------------	----

第四节 模塑制品螺纹设计.....	93
-------------------	----

5.4.1 塑料制品上获得螺纹的方法	93
--------------------------	----

5.4.2 塑料制品螺纹的结构形式及其应用	94
-----------------------------	----

5.4.3 模塑制品成型螺纹	96
----------------------	----

5.4.4 成型螺纹设计	93
--------------------	----

5.4.5 螺纹模塑制品脱模.....	100
---------------------	-----

5.4.6 攻丝螺纹设计	102
第五节 嵌件模塑制品	103
5.5.1 概述	103
5.5.2 金属嵌件的形式	104
5.5.3 金属嵌件模塑制品设计注意事项	105
5.5.4 金属嵌件设计	106
5.5.5 制品中嵌件位置	111
5.5.6 嵌件周围塑料裂纹	114
5.5.7 热插嵌件	116
5.5.8 板状和杆形金属嵌件	117
5.5.9 塑料嵌件	118
5.5.10 塑封	119
5.5.11 复合塑料模塑制品	120
第六章 压缩、传递和注射模具设计	122
第一节 概述	122
第二节 注射模具	123
6.2.1 注射模具的组成	123
6.2.2 成型部分	123
6.2.3 浇注系统	124
6.2.4 脱模机构	135
6.2.5 排气槽	136
6.2.6 模具冷却、加热	137
第七章 热塑性塑料结构泡沫制品	139
第一节 概述	139
第二节 结构泡沫塑料制品的注射模塑工艺	140
7.2.1 低压注射模塑法	140
7.2.2 高压注射模塑法	143
7.2.3 夹芯注射模塑法	145

7.2.4 共注射模塑法	146
7.2.5 气体反压注射模塑法(简称 TM 法)	149
第三节 结构泡沫塑料制品制造用材料	151
7.3.1 塑料	151
7.3.2 发泡剂	152
第四节 结构泡沫塑料制品的性能	159
7.4.1 结构泡沫塑料制品的密度	159
7.4.2 结构泡沫塑料制品的物理性能	160
第五节 结构泡沫塑料制品设计	168
第八章 吹塑制品	173
第一节 概述	173
第二节 吹塑用塑料	173
第三节 吹塑工艺	175
8.3.1 挤出吹塑	175
8.3.2 注射吹塑	183
8.3.3 拉伸吹塑	185
第四节 吹塑制品设计	187
第五节 吹塑模具	189
第九章 热成型制品	190
第一节 概述	190
第二节 热成型加工用塑料	190
第三节 热成型方法	191
第四节 热成型制品设计	198
第五节 热成型模具	199
第十章 无废料成型制品	201
第一节 概述	201
第二节 无废料成型工艺(1)	201

第三节	无废料成型工艺(2)	202
第十一章	旋转成型制品	204
第一节	概述	204
第二节	旋转成型工艺	204
第三节	旋转成型用塑料	206
第四节	旋转成型制品设计	206
第五节	旋转成型模具	209
第十二章	锻造模塑制品	211
第一节	概述	211
第二节	锻造模塑工艺	211
第三节	锻造模塑用塑料	212
第四节	制品设计	212
第十三章	硬质聚氨酯结构泡沫制品	213
第一节	概述	213
第二节	硬质聚氨酯结构泡沫制品注射模塑工艺	215
第三节	制品设计	216
第四节	模具	221
第十四章	挤出成型制品	223
第一节	概述	223
第二节	挤出成型工艺	223
第三节	挤出异型材和中空异型材设计	228
第四节	共挤出复合异型材	234
14.4.1	共挤出复合异型材	234
14.4.2	共挤出复合中空异型材	238

第五节	挤出成型金属嵌件塑料中空异型材	233
第六节	挤出成型制品二次加工	240
第七节	热塑性塑料挤出成型加工性能	242
第八节	热固性塑料挤出成型制品	246

第十五章 增强和层压塑料制品 248

第一节	增强塑料制品	248
15.1.1	增强热塑性塑料的性能	248
15.1.2	纤维及其表面处理	250
15.1.3	玻纤增强热塑性塑料粒料的制造	252
15.1.4	增强热塑性塑料注射模塑	254
15.1.5	增强热塑性塑料注射模塑的特点	256
第二节	层压塑料制品	256
15.2.1	树脂和基材	257
15.2.2	层压塑料制品的成型	259
15.2.3	层压塑料制品的分类及其用途	261
15.2.4	层压塑料制件的设计和加工	262

第十六章 塑料件的连接和紧固 268

第一节	概述	268
第二节	机械方法连接和紧固	268
第三节	焊接	285
16.3.1	概述	285
16.3.2	超声波焊接	285
16.3.3	超声波焊接接头设计	289
16.3.4	超声波铆接和嵌件插入	290
16.3.5	振动焊接	292
16.3.6	热熔焊接	293
16.3.7	热熔焊接接头设计	294

16.3.8	磁热焊接	295
16.3.9	热风焊接	296
16.3.10	热风焊接接头设计	297
16.3.11	旋转焊接	298
16.3.12	旋转焊接接头设计	299
16.3.13	旋转铆接	300
第四节 粘接		301
16.4.1	粘结剂	301
16.4.2	粘接接头的形式	306
16.4.3	粘接接头的表面处理	308
第十七章 塑料制品表面整饰		312
第一节 概述		312
第二节 涂料涂饰		312
第三节 染色		323
第四节 印刷		325
第五节 表面金属化		327
17.5.1	概述	327
17.5.2	可金属化的塑料	328
17.5.3	塑料表面金属化工艺	329
17.5.4	塑料部分表面金属化工艺	340
17.5.5	塑料表面金属化其他工艺	342
17.5.6	塑料制品表面金属化种类的选择	345
第六节 表面热压印		351
17.6.1	概述	352
17.6.2	热压印方法	352
17.6.3	塑料制品热压印装饰凸形图案和字体的设计	353
17.6.4	热压印箔	354
17.6.5	热压印机	357
17.6.6	热压印工艺条件	360

第七节	表面热转印·····	361
第八节	复合整饰·····	362
第九节	凹和凸形字体·····	363
第十节	双色注射模塑·····	364
第十一节	嵌件模塑装饰·····	366
第十二节	模内装饰·····	366
第十三节	密胺塑料模塑制品表面装饰·····	367
第十八章	塑料着色·····	369
第一节	概述·····	369
第二节	颜色的产生·····	369
第三节	着色剂·····	371
18.3.1	着色剂种类与性能·····	371
18.3.2	无机颜料·····	374
18.3.3	有机颜料·····	377
18.3.4	染料·····	378
第四节	着色工艺·····	278
18.4.1	着色剂的选择·····	278
18.4.2	配色原则·····	381
18.4.3	着色工艺·····	382
第五节	着色对塑料性能的影响·····	383
第六节	特效颜料·····	384
附录 I	各种塑料的工程性能介绍·····	390
附录 II	塑料性能及试验方法介绍·····	488

第一章 塑 料

第一节 概 述

聚合物系由大分子组成的有机材料。大分子是由一些结构单元分子的链状连接而成。聚合物的性能很大程度上决定于分子的大小和分子内原子的排列。例如聚乙烯由气态乙烯通过聚合过程，乙烯分子中碳原子的共价结合形成乙烯分子链，由乙烯分子链所构成的高分子量产物被称为聚合物。为了区别高分子量聚合物与它的气态对应物——乙烯，使用聚乙烯名称。乙烯是构成聚合物的单体，聚合指的是许多乙烯结构单元或单体连接构成的聚乙烯分子。一般说，术语聚合物与树脂是通用的，而术语树脂有时被用来描述天然和合成有机物的浆状液体。

塑料制品很少只有聚合物组成，大都包含了其他组分如填料、颜料、稳定剂、增塑剂及加工助剂等，但是塑料或模塑混合物的名称总是取自聚合物的名称。

第二节 塑料的一般特性

塑料制品失去固有的使用功能称为失效。引起塑料制品失效的因素很多，如作用在制品上的力（静态或冲击）所产生的应力超过塑料的强度，导致制品断裂，这种失效是显而易见的。但是塑料制品某些失效形式并不如此，如制品使用过程中缓慢的形变，形变量超出规定的范围而失效；又如透明塑料制品，其透光性随使用时间延长而降低，导致制

品失效。

设计塑料制品,设计师必须考虑可能会引起制品失效的诸因素,合理地选择塑料品种,以达到塑料制品的功能要求。

本节简要介绍塑料的一般特性,主要是力学性能,热、光、电及化学性能。

1.2.1 力学性能

(一)形变行为

聚合物连续地受到力的作用将发生弹性和缓慢流动的粘性行为,也就是说,聚合物受到力的作用所产生的形变并不是瞬时的,而是随力的作用时间延长而增大,力去除后,形变不能全部回复。大多数无定形结构聚合物是会发生这种形变行为的,因为无定形结构聚合物处于玻璃化温度和熔融温度之间可看作是粘性的过冷液体。

在使用过程中,塑料制品长时间内受到外力的作用。设计制品时,设计师必须知道所选用塑料的性能数据,如强度,刚度……等,这些性能数据还必须与制品的使用条件相符合。制品长时间受外力作用,若根据短时拉伸试验测得的塑料的刚度数据,显然是不符合制品使用条件,因为塑料在长期受力情况下,其刚度随时间延长而降低。蠕变试验是测定长时间受力情况下塑料力学性能的最有用方法。

(二)蠕变试验

蠕变是指在一定的温度和较小的恒定外力(拉伸、压缩或弯曲力)作用下,材料的形变随时间的延长而缓慢增大的现象。

拉伸蠕变试验方法(ASTM D—299)如下:将模塑或机械加工的塑料试样置于控制的试验环境(温度和湿度)中,试样一端固定,另一端悬挂重物,即为作用的拉伸力。在试样上做上标距长度记号。试验开始,记下初始标距长度值,作用的拉伸力除以试样初始截面积,即为试样所承受的拉伸应力。按一定的时间间隔周期,记下试样标距长度的伸长量,伸长量除以初始标距长度,算得试样的拉伸蠕变应变量。通过

相当长时间的测量,得到一组时间-应变数据,在坐标纸上绘制拉伸蠕变曲线。图 1-1 为聚碳酸酯在不同拉伸应力下的一组蠕变曲线。

从蠕变曲线看出,试样在拉伸力的作用下,立即出现弹性应变,随后出现滞后弹性应变,随着时间的延长,出现稳定的粘性流动周期。图 1-2 为蠕变曲线和回复曲线。试样在恒定外力作用下,出现弹性应变、滞后弹性应变和粘性流动等三个形变区。当试样上外力去除后,弹性形变回复,试样瞬时收缩,并以缓慢的速率继续收缩,直至收缩停止,试样呈现一定量的永久伸长。

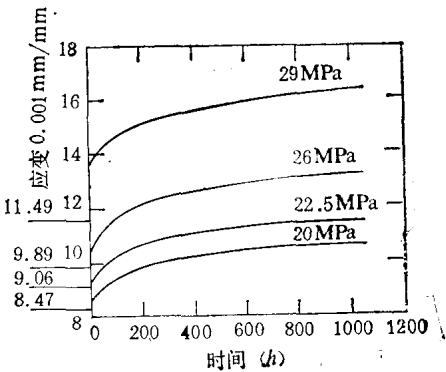


图 1-1 聚碳酸酯拉伸蠕变曲线(23℃)

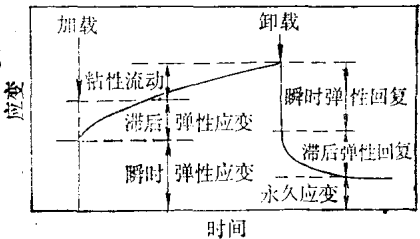


图 1-2 塑料拉伸蠕变曲线和回复曲线

如图 1-2 所示,各个不同形变区,是与聚合物中不同形式的原子和分子运动有关。瞬时弹性形变是分子链原子间键角和键长发生变化所致,形变瞬时出现,应变量很小称为普弹形变。滞后弹性形变是分子链段逐渐伸展的过程,形变需要一定的时间,应变量比瞬时弹性应变量大得多,称为高弹形变。粘性流动是未交联的线形聚合物分子间的相对滑移所致。当外力去除后,瞬时弹性形变和滞后弹性形变能回复,而粘性流动引起的形变是不能回复的。

由此可见,改变聚合物中原子和分子间的相对运动,从而改变塑料的形变特性,例如增大聚合物的分子量(增长平均链长),聚合物的粘度将增高,粘性流动区曲线的斜率变化。如图 1-3 所示,当聚合物全部分子链通过交联而连结在一起,分子量达到无限大时分子链不能发生相对滑移,粘性流动停止,塑料不出现永久形变。任何一种塑料的蠕变应变量达到某一值所需的时间,决定于作用在塑料上的应力值和环境温度值,增大作用应力值和升高温度,将引起蠕变速率加快。

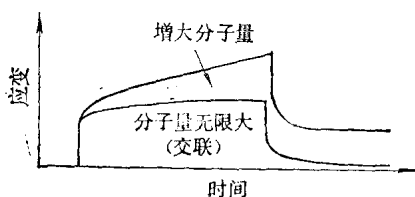


图 1-3 分子量对应变回复的影响

应注意,设计长时间受力的塑料制品,必须通过长时间试验获得其力学性能数据。

(三) 短时拉伸试验

短时拉伸试验是材料力学性能测试惯用的一种拉伸试验方法,所谓短时是指完成试验的时间相对于长时试验(如蠕变试验)方法而言。