

塑料产品设计师

张子成

邢继纲

编著

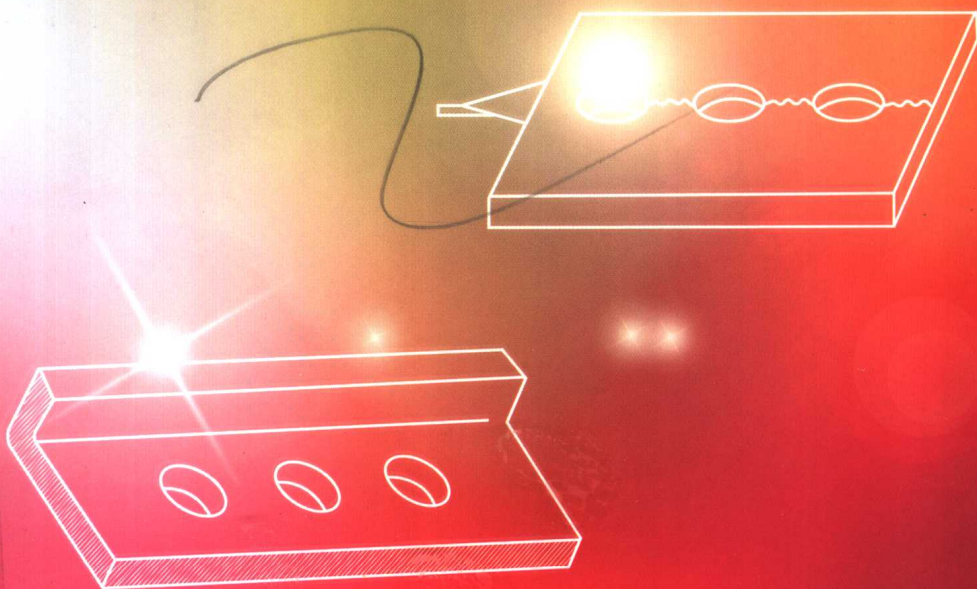
19320.6

国防工业出版社

塑料

产品设计

张子成 邢继纲 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

塑料产品设计

张子成 邢继纲 编著

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2005-034号

图书在版编目(CIP)数据

塑料产品设计/张子成,邢继纲编著. —北京:国防工业出版社, 2006.3

ISBN 7-118-04368-0

I. 塑... II. ①张...②邢... III. 塑料制品-工业设计 IV. TQ320.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008948 号

本书中文简体字版由台湾全华科技图书股份有限公司独家授权,仅限于中国大陆地区出版发行,不含台湾、香港、澳门地区。版权所有,侵权必究

※

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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 14¼ 字数 247 千字

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

出版说明

《塑料产品设计》一书是作者根据多年来在工作和研究中积累的经验编写而成的一本实用性较强的专业性书籍。其内容丰富详实,图文并茂。本书由中国台湾地区全华科技图书股份有限公司出版,由于台湾地区与大陆之间图书交流较少,在专业术语、语言表达、修辞、简繁字体的使用和某些编辑处理技巧上截然不同。本着对读者认真负责的态度,在保持原有风格和技术水平不变的情况下,我们对本书进行了编辑。对其中的单位量纲和参考文献考虑到台湾地区使用的标准规范与大陆不尽相同,所以加以保留,并附以法定计量单位换算表,对书中的技术术语做了修改,以便符合大陆的名词术语标准,供读者使用。

参加本书编辑的人员有张玉龙、齐贵亮、王化银、王喜梅等。

2005 年 8 月

序 言

塑料产品设计

设计是产品的核心,好的设计不仅能充分发挥产品的品质,更能具有实质的价值而在市场上创造利润。所以,产品设计是企业经营的核心,亦是工业界不断进步的法宝。

由于塑料材料的多样适用性、易加工性及低成本高附加值性,故而使得塑料产品设计成为一种精致的艺术与能满足消费者期望的工具。鉴于此类书籍,实如凤毛麟角,故而愿献绵薄之力帮助业界,以提高国内塑料产品设计水平。

本书参考多种国外期刊、技术文献及相关书籍编写而成,并承蒙邢继纲先生增加塑料纳米之基础与设计应用,在此仅表致谢。

有感于科技之进步,一日千里,本书在内容上亦需不时添入新内容。并请诸位读者提供宝贵意见,以互相交流、提高。在此仅表示万分谢意。

张子成

编辑部序

塑料产品设计

“系统编辑”是我们的编辑方针,我们所提供给您,绝不只是一本书,而是关于这门学问的所有知识,它们由浅入深,循序渐进。

本书由高分子物理性能、化学性能及力学性能进而去设计并探讨如何选择适当的塑料材料,并将塑料模具制作中,易遇到的不良状况一一解说,并提供解决方法。文中对日益严重的废弃物也有再回收、再制作的各种方法。对学校“塑料模设计”及从业人员而言是一本值得大力相互推荐的一本好书,而且适用于从事塑料模具设计及对塑料产品设计有兴趣者使用。

同时,为了使您能有系统且循序渐进研究相关方面的丛书,我们以流程图方式,列出各有关图书的阅读顺序,以减少您研究此门学问的摸索时间,并能对这门学问有完整的知识。若您在这方面有任何问题,欢迎来函联系,我们将竭诚为您服务。

目 录

塑料产品设计

第1章 塑料概论

1-1 分类	5
1-2 高分子的物理和化学性能与结构的关系	7
1-3 高分子力学性能	8
1-3-1 应力与应变	8
1-3-2 蠕变与松弛(creep & relaxation)	11

第2章 设计原则与方法

2-1 概述	14
2-2 原型设计	15
2-2-1 机械加工圆杆或平板、块法(machining from rod or slab stock)	16
2-2-2 铸模法(die casting tool)	16
2-2-3 原型模具法(prototype tool)	16
2-2-4 生产试模法(preproduction tool)	17
2-3 产品设计	17
2-3-1 壁厚(wall thickness)	17
2-3-2 半径(radius)	20
2-3-3 倾斜角(draft angle)	20
2-3-4 加强肋及角板(gussets)	21
2-3-5 突起部分(bosses)	22
2-3-6 孔洞及镂空(holes & coring)	25
2-3-7 螺纹(threads)与嵌件(inserts)	27

2-3-8	尺寸公差(dimensional tolerance)	30
2-4	模具设计	30
2-4-1	浇道衬套及其拉出机构(sprue bushings & sprue pullers)	31
2-4-2	传统模具(conventional molds)	31
2-4-3	无浇道模具(runnerless molds)	34
2-4-4	浇口(gates)	36
2-4-5	排气(vents)	39
2-4-6	顶出机构(ejection mechanisms)	40
2-4-7	冷却(cooling)	41
2-5	组装设计(assembly design)	42
2-5-1	机械组装(mechanical assembly)	43
2-5-2	溶剂粘接(solvent bonding)	51
2-5-3	胶黏剂粘接(adhesive bonding)	51
2-5-4	焊接组装(welding assembly)	52
2-6	设计方程式(design equation)	55
2-6-1	应力方程式	56
2-6-2	材料的强度(strength of material)	58
2-6-3	等刚挠度的设计(designing for equal stiffness) ...	73
2-6-4	耐冲击性设计	74
2-6-5	热应力设计	74

第3章 塑料材料及加工方式的选择

3-1	塑料材料的选择	77
3-2	塑料加工方式的选择	83

第4章 塑料零件设计

4-1	塑料轴承(bearing)	91
4-2	铰链与带环(hinges & straps)	93
4-3	塑料齿轮(plastic gears)	99
4-3-1	齿轮材料(gear material)	100
4-3-2	模塑齿轮的设计	104

第5章 热固性塑料制品设计

5-1 概论	112
5-2 塑料制品设计的原则	114

第6章 结构泡沫塑料的设计

6-1 结构泡沫塑料成型方法	123
6-1-1 低压法	123
6-1-2 高压法	124
6-1-3 三明治/共注射成型法	124
6-1-4 结构网状法(structural web)	125
6-2 结构泡沫塑料设计的原则	126
6-2-1 结构设计	126
6-2-2 耐冲击性设计原则	128
6-2-3 化学环境设计原则	130
6-2-4 高温环境下设计原则	130
6-3 塑料制品设计	130
6-3-1 壁厚	130
6-3-2 圆角及半径	131
6-3-3 公差及翘曲的控制	131
6-3-4 倾斜角	132
6-3-5 加强肋及凸起物	132
6-3-6 放热孔(louvers)	133
6-3-7 按压嵌合(snap fits)	133
6-4 组装方法	134

第7章 异型材挤出产品设计

7-1 概论	137
7-2 材料选择	138
7-3 设计建议	140
7-4 泡沫塑料异型材挤出	142
7-5 拉挤成型(pultrusions)	143

第8章 热成型(thermoforming)的产品设计

8-1 概论	146
8-2 材料选择	148
8-3 设计原则	149
8-4 尺寸因素与公差	152

第9章 中空成型产品设计

9-1 概论	155
9-2 模具设计	158
9-2-1 模具材料	158
9-2-2 冷却系统	158
9-2-3 型腔与分型线	159
9-2-4 接合缝与夹断料	160
9-2-5 收缩与尺寸公差	160
9-3 产品设计原则	161
9-3-1 壁厚	161
9-3-2 倾斜角	162
9-3-3 拐角	163
9-3-4 底部设计	163
9-3-5 双墙式	164
9-3-6 垂直负荷强度	165
9-3-7 形状刚(韧)性化	166

第10章 紧密公差的设计(tight-tolerance design)

10-1 材料的影响	169
10-2 机器的影响	172
10-3 模具的影响	172
10-4 浇口的影响	174

第11章 产品设计在废塑料回收中的应用

11-1	概论	177
11-2	对废塑料回收性的评估	177
11-2-1	单种塑料的回收	178
11-2-2	多种混合塑料的回收	179
11-2-3	热固性塑料的回收	180
11-3	塑料制品的拆卸设计	181
11-3-1	材料的选择	183
11-3-2	嵌合法与拆卸的关系	183
11-3-3	二次加工法	185
11-4	产品设计成功的回收实例	185

第12章 纳米塑料的基础与应用

12-1	何谓纳米	190
12-2	纳米材料特征	190
12-2-1	表面效应	190
12-2-2	小尺寸效应	191
12-2-3	量子效应	192
12-2-4	宏观量子隧道效应	192
12-3	塑料常用纳米粉体	193
12-3-1	纳米二氧化硅(SiO_2)	193
12-3-2	纳米二氧化钛(TiO_2)	194
12-3-3	纳米氧化锆(ZrO_2)	195
12-3-4	纳米氧化铝(Al_2O_3)	195
12-3-5	纳米黏土(Clay)	195
12-3-6	纳米氧化锌(ZnO)	198
12-3-7	纳米碳酸钙(CaCO_3)	198
12-4	纳米粉体制造技术	199
12-4-1	真空冷凝法	200
12-4-2	机械球磨法	201
12-4-3	物理粉碎法	201
12-4-4	气相沉积法	201
12-4-5	化学沉淀法	201
12-4-6	溶剂蒸发法	202

12-4-7	水热合成法	202
12-4-8	溶胶-凝胶法	202
12-4-9	微乳液法	202
12-5	纳米塑料的性质	203
12-5-1	纳米塑料的力学特性	203
12-5-2	纳米塑料的阻燃特性	204
12-5-3	纳米塑料的阻隔特性	204
12-5-4	纳米塑料的化学催化特性	205
12-5-5	纳米塑料的加工特性	205
12-6	纳米塑料材料种类	206
12-6-1	纳米聚乙烯塑料(PE)	206
12-6-2	纳米聚丙烯塑料(PP)	207
12-6-3	纳米聚酯塑料(PET)	209
12-6-4	纳米尼龙塑料(PA)	210
参考文献		212
附录 法定计量单位换算表		214

塑 料 概 论

- 1-1 分类
- 1-2 高分子的物理和化学性能与结构的关系
- 1-3 高分子力学性能

在谈到主题“塑料产品设计”之前,须对塑料及其特性有一基本的认识。

塑料是聚合物 (polymer), 又称为高分子 (macromolecules), 是由结构单元 (structural units) 与重复单元 (repeating units) 所组成。例如: Nylon 66, 其单体是 $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ 及 $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$, 经由缩合反应而得, 而结构单元是 $-\text{HN}(\text{CH}_2)_6\text{NH}-$ 及 $-\text{OC}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-$, 重复单元则是 $-\text{HN}(\text{CH}_2)_6\text{NHOC}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-$, 通常相对分子质量大于 10^4 。

塑料依对温度不同而显示不同的行为, 可分为:

1. 热塑性体 (thermoplastics)

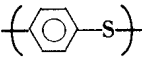
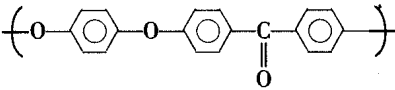
受热后可以软化, 此时施以压力可使其流动。当再冷却后, 它将可逆的回复其固态, 如表 1-1 所列。

表 1-1 热塑性树脂

聚合物	重复单元	用途
聚乙烯 (polyethylene, PE)	$\left(\text{CH}_2-\text{CH}_2\right)$	家庭用品、绝缘材料、胶管、胶布、胶膜、容器
聚丙烯 (polypropylene, PP)	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\right)$	水管、胶膜、胶布、纤维、电线包覆材料、容器、汽车、保险杆、仪表板
聚氯乙烯 (polyvinyl chloride, PVC)	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{C}_1}{\text{CH}}\right)$	唱片、瓶子、人造皮、地板材料、薄板、胶膜、热缩套管、鞋子
聚苯乙烯 (polystyrene, PS)	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}\right)$	电气用品外壳、文具、玩具、壁砖、餐具
聚四氟乙烯 (polytetrafluoroethylene, PTFE)	$\left(\text{CF}_2-\text{CF}_2\right)$	垫圈、绝缘材料、衬里材料、无粘接表面 (例如: “不沾锅”的表面)

聚合物	重复单元	用途
聚甲基丙烯酸甲酯 (poly methyl methacrylate, PMMA)	$\left(\text{CH}_2 - \underset{\begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right)_n$	汽车零件、光学透镜、灯罩、窗玻璃、按钮、标示牌、硬式隐形眼镜
聚碳酸酯 (polycarbonate, PC)	$\left(\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) \right)_n$	电机、机械零件、打火机、安全帽、绝缘材料、透镜、特殊包装材料
聚甲醛 (poly acetaldehyde, POM)	$\left(\text{O} - \text{CH}_2 \right)_n$	手表外壳、玩具机械齿轮、塑料拉链、打火机、精密机械零件
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (polyethylene terephthalate, PET)	$\left(\text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \right)_n$	饮料瓶、磁盘、录音带、录像带、打字机键盘、合成纤维
聚砜 (polysulfone, PSO)	$\left(\text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} - \text{S}(=\text{O})_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} \right)_n$	咖啡壶、外科医用器皿、照相机零件
聚苯醚 (polyphenyleneoxide, PPO)	$\left(\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_2 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 \right)_n$	电器、电子零件、汽车轮圈盖、电视旋转钮、水龙头、分流板
聚醋酸乙烯酯 (polyvinyl acetate, PVA)	$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{OOCCH}_3}{\text{CH}} \right)_n$	胶黏剂、漆料、口香糖

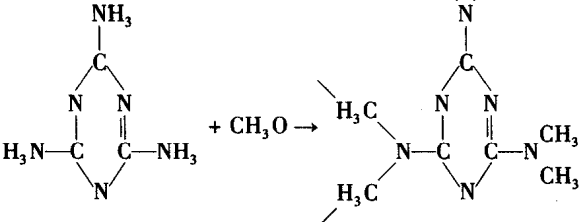
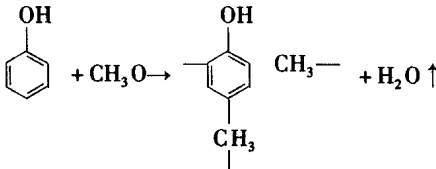
(续)

聚合物	重复单元	用途
聚苯硫醚 (polyphenylene sulfide, PPS)		精密电子配件、电 缆线(cable)接头、 轴承、引擎绝缘 零件
聚醚二醚酮 (polyether ether ketone, PEEK)		船用电缆涂料、航 空发动机用复合材 料、纤维、薄膜(印 制电路板用)

2. 热固性树脂(thermosets)

加热后也会软化,施加压力也可造成流动,但此过程并非可逆,即热固性树脂在合成反应后是以交联状态出现,进一步加热,将使其裂解,而无法造成软化与流动。表1-2为一些热固性树脂的例子。

表1-2 热固性树脂

聚合物	结 构	用途
脲-甲醛树脂 (urea-formaldehyde resins)	$\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{NH}_2 + \text{CH}_3\text{O}^- \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{N}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$	电线,照明装 置,色浆,胶 黏剂,餐具
三聚氰胺- 甲醛树脂 (melamine- formaldehyde resins)		碗盘器皿,齿 轮,电器零 件,色浆,胶 黏剂
酚醛树脂 (phenol-formaldehyde resins)		电线装置、 汽车零组 件、电器用 品外壳、胶 黏剂、涂料

聚合物	结构	用途
不饱和聚酯 (unsaturated polyesters)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ -\text{CHCH}_3-\text{OCCH}-\text{CHCOCHCH}_3-\text{C} \quad \text{CO}- \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{C}_6\text{H}_4 \end{array}$	电气、建筑、运输、医学等成型材料
环氧树脂 (epoxy resins)	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} + \text{CH}_3\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl} \xrightarrow{\text{N}_3\text{OH}}$ $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{CH}_3\text{CHCH}_3-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{HN}-\text{CH}_3 \quad \text{NCH}_3-\text{CH}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{NH}-\text{CH}_3 \quad \text{NCH}_3-\text{CH}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	建筑、胶粘剂、涂料、印制电路层压板、成型材料
邻苯二甲酸二烯丙酯 (diallylpht-halate resins)	$\text{CH}_3-\text{CHCH}_3-\text{OC}(\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	联接器、通信组件、涂料、层压板

两者加工方式差异较大,产品物理性能各有利弊,在产品设计的材料选择时,应慎重考虑,本书将在第3、5章详加探讨。

1-1 分类

简单的高分子分类如下:

1. 按分子链结构分类

- (1) 线形(linear),如图1-1(a)所示。
- (2) 支链形(branch),如图1-1(b)所示。