

塑料成型加工 技术问答丛书



塑料模压成型技术问答

李国能 张治国 ○ 主编

LiaoMoYaChengXingJiShuWenDa



印刷工业出版社

塑料成型加工技术问答丛书

塑料模压成型技术问答

李国能 张治国 主编

印刷工业出版社

前言

塑料材料作为四大基础材料之一,因其具有质量轻、加工方便、产品美观、经济实用等特点,颇受人们青睐,广泛应用于各行各业,发展速度迅猛。塑料具有良好的加工成型性能,其中模压成型加工是塑料加工工业中较早出现的成型方法之一,是复合材料生产中最古老而又富有无限活力的一种成型方法。

模压成型是热固性塑料的主要成型工艺,通常称作压缩模塑。其工艺过程是将模塑料在已加热到指定温度的模具中加压,使物料熔融流动并均匀地充满模腔,在加热和加压的条件下经过一定的时间,使其发生化学交联反应而变成具有三维体型结构的热固性塑料制品。目前,针对有些熔体黏度较大的热塑性塑料或成型较大平面的制品时,也采用压缩模塑法。

近年来,由于 SMC、BMC 和新型模塑料的不断出现,以及计算机和数字化技术的运用,模压成型实现了专业化、自动化和高效化生产。由于塑料制件成本不断降低,其使用范围越来越广泛。模压制品主要用作结构件、连接件、防护件和电气绝缘件等,广泛应用于电气、化工、农业、建筑、交通运输、机械、手工业等领域。由于模压制品的质量可靠,因此在兵器、飞机、导弹、卫星上也都得到了应用。

本书以一问一答的形式,从塑料模压成型加工的原理出发,对塑料模压成型加工所涉及的材料、设备、模具、工艺及传递模塑的相关重要知识点和常见问题进行了详细解答,适合塑料材料研究、产品设计、成型加工、企业管理、销售人员及相关专业师生阅读参考,也可供初学者和技术工人自学使用。

本书由李国能、张治国主编,参加本书编写的人员还有:宋日恒、

廖霞如、刘珊、施巧巧、潘珪、林江、邱海涛、张吉、吴萍、陈玲江、徐晓娟、范志庚、胡桂林、孙耀宇。本书在编写过程中参阅了大量的文献，对给予支持的朋友及参考文献的作者表示衷心的感谢。本书在编写过程中，还得到了浙江科技学院领导和相关部门的大力支持，在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

2012 年 2 月于浙江科技学院

目录



○ 第1章 塑料模压成型基本原理 ○

1 塑料有哪几种分类方法?	1
2 高聚物的物理状态有哪几种?	2
3 什么是熔体流动速率?	4
4 聚合物熔体流动有哪些特点?	5
5 塑料具有哪些成型性能?	7
6 什么是塑料的可模塑性?	8
7 什么是聚合物的取向? 它对聚合物性能有什么影响?	10
8 聚合物交联反应分为哪几类?	11
9 什么是模压成型?	12
10 模压成型的原理是什么?	13
11 热固性塑料模压成型周期内温度、压力、体积如何变化?	14
12 模塑料的流动性对模压成型有什么影响?	15
13 影响模塑料流动性的因素有哪些?	18
14 模塑料流动性的测定方法有哪些?	20
15 热传递对模压成型过程有什么影响?	21
16 如何研究模压成型过程中的固化反应动力学?	22
17 纤维取向对模压制品机械性能有什么影响?	24
18 纤维取向如何进行表征?	25

19 模压过程中纤维是否会断裂? 对制品性能有何影响?	26
20 如何选择热固性塑料的成型方法?	27
21 模压成型有哪些优点?	28
22 模压成型有哪些缺点?	29
23 模压制品中是否存在残余应力?	30
24 模压成型的前景如何?	31

○ 第 2 章 塑料模压成型加工原料 ○

25 模压成型加工原料有哪些?	34
26 模压成型对热固性树脂的要求有哪些?	34
27 常见热固性树脂种类有哪些? 各有什么特性?	35
28 什么是不饱和聚酯树脂?	35
29 什么是酚醛树脂?	37
30 什么是环氧树脂?	38
31 什么是氨基树脂?	39
32 稀释剂的作用是什么?	40
33 什么是引发剂?	41
34 常用的固化剂种类有哪些?	42
35 阻聚剂的作用是什么?	43
36 增强材料在模压制品中的作用是什么?	44
37 模压制品中填料的作用是什么?	45
38 什么是脱模剂?	46
39 什么是增稠剂?	48
40 什么是着色剂?	49
41 什么是低收缩添加剂?	50
42 什么是阻燃剂?	51

第3章 模塑料的制备

43	什么是高分子复合材料？	53
44	什么是配料？	53
45	配料的种类有哪些？	54
46	如何评价配料的混合质量？	55
47	塑料配方设计流程是怎样的？	55
48	塑料配方设计的依据有哪些？	57
49	塑料配方设计包括哪些步骤？	58
50	配方中用量如何表示？	58
51	什么是模塑料？	59
52	模塑料有哪些分类？	59
53	增强材料玻璃纤维的化学组成是什么？	60
54	玻璃纤维及其织物是如何制造的？	61
55	玻璃纤维织物的种类及性能有哪些？	63
56	耐高温玻璃纤维有哪些？	66
57	什么是高强度及高模量的玻璃纤维？	67
58	特种无机纤维有哪些？	67
59	什么是团(散)状模塑料？	70
60	团(散)状模塑料的常用配方有哪些成分？	70
61	团(散)状模塑料的制备过程包括哪些步骤？	71
62	团(散)状模塑料生产工艺是怎样的？	72
63	如何确定团(散)状模塑料模压成型工艺参数？	74
64	BMC 模压成型工艺过程是怎样的？	75
65	什么是片状模塑料？	76
66	SMC 常用配方类型有哪些？	77
67	片状模塑料生产工艺是怎样的？	78
68	如何确定片状模塑料模压成型工艺参数？	79
69	SMC 模压成型工艺过程是怎样的？	81
70	什么是预成型坯模塑料？	82

71 预成型坯的制备方法有哪些?	82
72 如何确定预成型坯模压成型工艺及其参数?	83
73 什么是短切纤维模塑料?	84
74 短切纤维模塑料的典型配方有哪些成分?	85
75 短切纤维模塑料的制备方法有哪几种?	86
76 短切纤维模塑料生产工艺是怎样的?	88
77 什么是 ZMC 模塑料?	89
78 什么是 TMC 模塑料?	89
79 什么是 HMC、XMC?	91
80 什么是胶布?	92
81 什么是胶纱带?	94
82 什么是无纬布?	94
83 什么是带状模塑料?	95
84 什么是模塑粉?	96
85 模塑粉的干法生产过程是怎样的?	96
86 模塑粉的湿法生产过程是怎样的?	97
87 模塑料的存放要注意哪些事项?	98
88 模塑料的质量控制指标一般包括哪几项?	99

○ 第 4 章 塑料模压成型设备 ○

89 什么是塑料模压成型机?	101
90 液压机的工作原理是什么?	101
91 液压机的基本结构有哪些?	103
92 液压机是如何分类的?	103
93 液压机顶出形式有哪些?	106
94 液压机的技术参数有哪些?	108
95 什么是公称压力?	108
96 什么是最大使用压力?	108
97 如何计算液压机效率?	108
98 如何计算最大回程压力?	109

99	运行速度如何计算？	109
100	如何计算最大顶出压力？	110
101	如何校核液压机最大压力？	110
102	如何校核最大开模力？	111
103	如何校核脱模力？	112
104	液压机的闭合高度与压制模闭合高度有何关系？	113
105	液压机的顶出机构与压制模推出机构有何关系？	114
106	液压机如何试机？	115
107	液压机的常规维护事项有哪些？	116

○ 第 5 章 塑料模压成型模具 ○

108	模压制品设计包括哪些内容？	117
109	如何选择分型面？	117
110	壁厚如何设计？	119
111	什么是脱模斜度？	121
112	脱模斜度的选用原则有哪些？	123
113	圆角如何设计？	124
114	什么是加强筋？	124
115	模压设计支撑面和凸耳时应注意什么？	127
116	孔与侧凹如何设计？	127
117	什么是嵌件？	129
118	螺纹设计需考虑的因素有哪些？	131
119	模压制品设计时,影响尺寸精度的因素有哪些？	133
120	什么是模压成型模具？	135
121	模压成型模具的结构是怎样的？	136
122	模压成型模具按固定形式如何分类？	137
123	模压成型模具按模具闭合形式如何分类？	141
124	模压成型模具选用原则有哪些？	143
125	影响模压成型模具的因素有哪些？	143
126	什么是成型零件？	146

127	什么是凸模？	146
128	凸模固定形式有哪些？	147
129	凹模的结构形式有哪些？	149
130	凸、凹模的配合形式有哪几种？	153
131	型芯的结构有哪些？	154
132	什么是螺纹型芯和螺纹型环，如何固定？	156
133	加料室结构形式有哪几种？	157
134	什么是导向机构？	160
135	移动式、半固定式压模的脱模机构有哪些形式？	161
136	固定式压模的脱模机构有什么特点？	164
137	什么是抽芯机构？	165
138	模压成型的加热方法有哪些？	169
139	模具的热设计需要考虑哪些问题？	172
140	模具的紧固方式有哪些？	173

○ 第 6 章 热固性塑料模压成型工艺 ○

141	什么是热固性塑料？	175
142	热固性塑料的成型过程有哪些特点？	175
143	模压成型工艺如何进行分类？	177
144	模压成型工艺流程是怎样的？	178
145	模压成型工艺过程包括哪些操作？	179
146	如何控制模压温度？	181
147	如何控制模压时间？	183
148	如何控制成型压力？	184
149	常见热固性塑料模压成型工艺条件是怎样的？	185
150	热固性塑料成型过程需注意哪些事项？	186
151	什么是预压？预压有什么作用？	187
152	什么是预热？	187
153	模压成型工艺后处理包括哪些步骤？	189
154	制品产生收缩的原因有哪些？	190

155	什么是复合材料的模压成型？	190
156	什么是酚醛模塑料？	191
157	酚醛模塑料的主要性能有哪些？	191
158	酚醛模塑料的成型特性包括哪些？	192
159	酚醛模塑料的成型工艺条件是怎样的？	193
160	常见酚醛模塑料的具体模压成型工艺参数是怎样的？	194
161	什么是氨基模塑料？	195
162	氨基模塑料的主要性能有哪些？	196
163	氨基模塑料的成型特性有哪些？	197
164	氨基模塑料的成型工艺条件是怎样的？	198
165	不饱和聚酯模塑料的组成有哪些？	198
166	不饱和聚酯模塑料的主要性能有哪些？	199
167	不饱和聚酯模塑料的成型工艺条件是怎样的？	200
168	环氧树脂模塑料的组成有哪些？	201
169	环氧树脂模塑料的主要性能有哪些？	202
170	环氧树脂模塑料的成型工艺条件是怎样的？	203
171	什么是有机硅树脂模塑料？	204
172	有机硅树脂模塑料的组成有哪些？	205
173	有机硅树脂模塑料的成型工艺是怎样的？	205
174	模压成型制品常见缺陷有哪些？ 如何解决？	205

○ 第 7 章 热塑性塑料模压成型工艺 ○

175	什么是热塑性塑料？	209
176	热塑性塑料的成型过程有哪些特点？	209
177	什么是超高分子量聚乙烯？	209
178	超高分子量聚乙烯的成型方法有哪些？	211
179	什么是冷压烧结法？	211
180	什么是烧结 - 压制法？	212
181	什么是冲压法？	212
182	如何制备超高分子量聚乙烯滤板？	213

183	如何制备超高分子量聚乙烯滚压头?	213
184	硅烷交联聚乙烯的模压成型工艺是怎样的?	215
185	聚烯烃钙塑材料的模压成型工艺是怎样的?	216
186	热塑性片材的模压成型工艺是怎样的?	217
187	模压成型用聚氯乙烯塑料包括哪些品种?	218
188	如何制备汽车用塑料挡泥板?	219
189	模压成型用聚苯乙烯塑料包括哪些品种?	220
190	什么是聚四氟乙烯?	220
191	聚四氟乙烯的性能有哪些?	221
192	聚四氟乙烯冷压烧结法包括哪些步骤?	222
193	聚四氟乙烯热模压法是怎样的?	224
194	如何制备聚四氟乙烯单向拉伸膜?	225
195	如何制备聚四氟乙烯大型模压板材?	227
196	聚四氟乙烯-乙烯共聚物如何进行模压成型?	229
197	什么是聚偏氟乙烯?	230
198	聚偏氟乙烯的模压成型过程是怎样的?	231
199	什么是聚三氟氯乙烯?	231
200	什么是聚酰亚胺?	232
201	均苯型聚酰亚胺的成型方法有哪些?	233
202	什么是聚苯硫醚?	235
203	什么是聚醚醚酮?	236
204	什么是聚苯酯?	238

○ 第 8 章 传递成型 ○

205	什么是传递成型?	240
206	传递成型的原理是什么?	241
207	传递成型有什么优点?	241
208	传递成型有什么缺点?	242
209	传递成型适用于哪类制件?	243
210	传递成型设备有哪些?	244

参考文献..... 259

塑料模压成型基本原理

第1章

1. 塑料有哪几种分类方法？

塑料的种类很多,约有 300 余种,而常用塑料约有几十种。塑料分类的方法也有很多,常用的有两种。一种是按受热后性能的变化,分为热塑性塑料和热固性塑料两大类;另一种是按用途不同,分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

热塑性塑料是在受热条件下,软化熔融,冷却后定型。这一过程可反复多次,而材料始终具有可塑性。这种材料的优点是有较好的物理力学性能,成型工艺简单,在品种和产量上发展迅速。缺点是除少数品种外,一般耐热性和刚性都较差。属于这种类型的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰胺等。

热固性塑料是指在成型前可溶可熔,在受热条件下,先行软化,然后内部发生化学变化,而经成型固化后,再次受热不再熔融,也不溶于有机溶剂,只能在高温下炭化。因此,热固性塑料只能一次成型,并且成型复杂。这类塑料的优点是耐热性高、尺寸稳定性好、价格低廉,但本身的力学性能较差,需要进行增强。如用玻璃纤维增强后制成的增强塑料,俗称“玻璃钢”,其强度可与金属媲美。属于这种类型的塑料有酚醛树脂、环氧树脂、氨基树脂等。

通用塑料是指常用塑料,其产量大、用途广、价格低廉。例如,聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料等。工程塑料一般指力学性能高,可以代替金属用作工程材料的一类塑料。例如,聚酰胺、

聚甲醛、聚碳酸酯等。特种塑料指具有某一方面特殊性能的塑料,这类塑料有较高的耐热性、耐腐蚀性或其他特殊性能,也称功能塑料。例如,氟塑料、有机硅塑料等。

目前,国内市场对塑料的需求量在逐年增加,使得我国塑料消费量快速增长。据中投顾问发布的《2010—2015 年中国塑料制品行业投资分析及前景预测报告》显示,2006 年到 2009 年,我国规模以上企业塑料制品产量平均增长率为 16.9%。其中,塑料管材管件、塑料编织制品和塑料包装容器是塑料制品中增长最快的三大品种,其年均增长率分别达到了 26.29%、24.51% 和 22.66%。2009 年,我国塑料消费总量已超过 6000 万吨,约占世界消费总量的 25%。

2. 高聚物的物理状态有哪几种?

高聚物在不同温度下会呈现三种不同的物理状态:玻璃态、高弹态、黏流态。不同的状态具有不同的力学性能,这对高分子材料的成型加工和使用范围都有很大影响。常见非晶态高聚物在恒定应力下的温度-形变曲线如图 1-1 所示。由图 1-1 可见,热塑性塑料在不同的温度下呈现出以下三种物理状态。

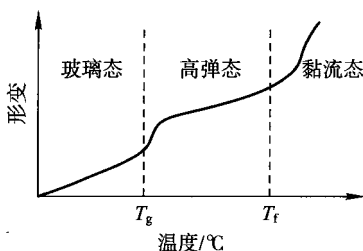


图 1-1 非晶态高聚物的温度-形变曲线

(1) 玻璃态

T_g 是高聚物的重要特征温度,称为玻璃化温度。它不是一个固定的温度值,而是随测试方法和条件不同而变化的。当温度低于 T_g 时,高聚物是刚硬的,处于玻璃态,是坚硬的固体。此时,由于分子运动能量低,链段运动被冻结,只能使主链内的键长和键角有微小的改变:在宏观上表现为聚合物在受力方向上有很小的弹性变形,由于弹

性模量高,形变值小,所以处于玻璃态的聚合物只能进行一些车、铣、削、刨等机械加工。这一聚集态也是聚合物的使用态。材料使用的下限温度称为脆化温度,低于脆化温度时,材料受力容易发生断裂损坏。

(2) 高弹态

在玻璃化温度 T_g 和黏流温度 T_f 之间,聚合物处于高弹态,也叫橡胶态。处于高弹态的高聚物有以下重要特性:

① 可回复的弹性变形量高达 100% ~ 1000%,但变形的回复不是瞬时完成的,而金属材料的普弹形变不超过 1%。

② 弹性模量比普通弹性材料小三个数量级,一般只有 10kgf/cm^2 的数量级,且随绝对温度升高而升高。

③ 在快速拉伸时(绝热过程),高聚物温度上升;而金属材料温度下降。如果把橡胶薄片拉长,把它贴在嘴唇或面颊上,就会感到橡皮在伸长时发热,回缩时吸热。

④ 形变与时间有关,橡胶受到外力(应力恒定)压缩或拉伸时,形变总是随时间而发展,最后达到最大形变,这种现象叫蠕变。原因:由于橡胶是长链分子,整个分子的运动都要克服分子间的作用力和内摩擦力,高弹形变就是靠分子链段运动来实现的。整个分子链从一种平衡状态过渡到与外力相适应的平衡状态,可能需要几分钟、几小时甚至几年。也就是说在一般情况下形变总是落后于外力,所以橡胶形变需要时间。

处于高弹态的高分子整个分子的运动仍不可能,但链段可以通过主链中的单键的内旋转而不断改变构象,甚至可使部分链段滑移。高弹性模量比普弹性模量小 4 ~ 5 个数量级,所以对某些材料可进行加压、弯曲、中空或真空成型。由于高弹形变比普弹形变大一万倍左右,且属于与时间有依赖性的可逆形变,所以在成型加工中为求得符合形状、尺寸要求的制品,往往将制品迅速冷却到玻璃化温度以下。对结晶性聚合物,可在玻璃化温度至熔点的温度区间内进行薄膜吹塑和纤维拉伸。

(3) 黏流态

当温度进一步升高,超过黏流温度 T_f 时,分子链作为一个整体

可以相对滑动,在外力的作用下,聚合物像液体一样黏性流动,形变变得不可逆了,称为黏流态。呈黏流态的聚合物熔体在黏流温度 T_f 以上稍高的温度范围内,常用来进行压延成型和某些挤出、吹塑成型。比黏流温度 T_f 更高的温度,使聚合物大分子热运动大大激化,产生不可逆黏性形变占绝对优势,这一温度范围常用于进行纺丝、注射、挤出、吹塑、贴合等成型加工。过高的温度会使聚合物黏度降低,会给成型带来困难并使产品质量变劣。当温度高到分解温度时,会引起聚合物的分解变质。

随着结晶度的增加,熔点提高,高弹态缩小,至完全结晶时高弹态消失。部分结晶高聚物的上述特性,为通过调整和控制结晶度来改变材料的性能提供了可能。低于 T_g 时,高聚物为刚性硬塑料;在 $T_g \sim T_m$ (晶体熔点) 之间,高聚物为韧性塑料。图 1-2 是部分结晶高聚物的物理状态和温度、分子量的关系。

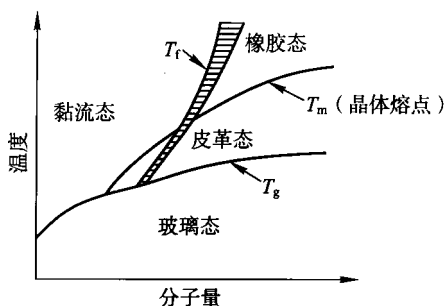


图 1-2 部分结晶高聚物的物理状态和温度、分子量的关系

3. 什么是熔体流动速率?

在工业生产中,常用熔体流动速率或熔融指数来表征高聚物熔体的流动性,同时也能间接表征高聚物分子量的大小。

熔体流动速率是热塑性高聚物熔体在一定温度下和载荷下,每 10min 内通过熔体流动速率测定仪标准模口流出的熔体质量(以克计)。同时,也常用在温度相同但载荷不同的条件下测定的两个熔体流动速率值之比来表征高聚物的分子量分布,此比值常称为流