

薄壁塑料件的选材与加工

陶国源 朱 永

(上海毅兴塑胶原料有限公司, 上海 200233)

摘要 概述薄壁塑料件的作用及应用, 提出薄壁塑料件对材料熔体流动性、冲击强度、刚性、耐热性及阻燃性等性能要求, 其中流动性和冲击强度是选材的两项关键性指标; 指出适于制作薄壁塑料件的塑料品种主要有(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物(ABS)、聚碳酸酯(PC) /ABS 合金、PC、改性聚苯醚 4 类; 注射成型是加工薄壁塑料件最主要和最经济的方法, 分析了成型加工工艺条件、成型设备、模具等对薄壁塑料件成型加工的影响, 推荐了注射成型先进工艺。

关键词 塑料 薄壁件 加工 注射成型

在 21 世纪知识经济和信息时代的驱动下, 薄壁塑料件在办公设备、通讯、电子、仪表、视听、医疗等领域得到了越来越广泛的应用。

薄壁塑料件是一条产品变革路线的起点, 能实现轻便、小巧、新潮的多功能设计; 薄壁塑料件也是一种降低产品成本的手段, 能制得体积较小和质量更轻的部件; 薄壁塑料件更是一股提高生产率的动力, 即新的加工工艺应运而生, 并能缩短成型周期, 因此薄壁塑料件的普遍应用及其所体现的价值能各方受益。比如, 能为产品最终用户赢得高性能、低价位; 为产品生产商获得高生产量的优质产品; 为制件加工者取得更快的成型周期; 为塑料供应商获得卓越的表现而迅速发展。有人形象地比喻: 1/2 的壁厚等于 1/2 的件重、1/2 的成本、2 倍的产量。即是说, 减小壁厚将因生产周期的缩短和材料成本的降低而提高生产率。

目前所谓薄壁塑料件通常是指壁厚为 0.5 ~ 3.0 mm 的塑料件。薄壁塑料件的应用分类和应用要求列于表 1。

表 1 薄壁塑料件的应用分类和应用要求			
项 目	传统应用 (台式电脑、显示器、打印机等)	先进应用 (手提电脑、摄录像机、照相机)	主导应用 (移动电话、DVD、随身听、寻呼机)
壁厚/mm	2.5 ~3.0	1.2 ~2.0	<1.2
流动距离与壁厚之比	<100 4	100 4 ~150 4	100 4
刚性及韧性要求	刚性很重要	韧性是关键因素, 加工性也很重要	韧性非常重要, 小型无支撑表面
其它	产品制造商和塑料件加工厂已了解并熟练掌握生产加工技术	能用现有的高性能注塑机和优质模具来制造	壁厚小于 0.5 mm 的塑料件是未来的目标, 加工者必须采取特种手段

1 薄壁塑料件对材料的性能要求

材料选择是薄壁塑料件设计、制造的基础。选材时既要达到产品的功能要求, 也要考虑降低到最

低成本, 但是最重要的是材料本身的性能, 见图 1。

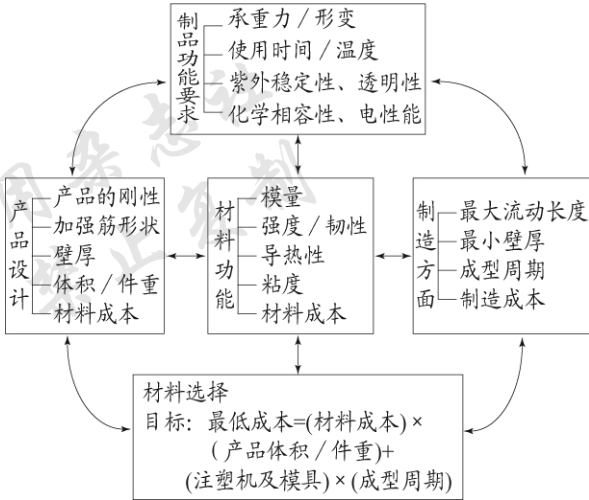


图 1 薄壁塑料件选材时应考虑的问题

目前, 适合于制作薄壁塑料件的塑料品种主要有(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物(ABS)、聚碳酸酯(PC) /ABS 合金、PC、改性聚苯醚(MPP0) 4 类。薄壁塑料件设计和加工者可根据其厚度及应用分类, 选择合适的品种和牌号, 以满足最终产品的各方面要求。

薄壁塑料件选材的两项关键性性能指标是流动性和冲击强度, 此外, 还应考虑刚性、耐热性、阻燃性、美观性, 以及机械装配性等。

1.1 熔体流动性

流动性并非仅是材料的性能, 而且与制件设计、模具设计及成型加工工艺相关。

熔体流动性一般是以塑料流动距离与塑料件壁厚之比来表征。两者比值越大, 熔体流动性越好。目前要求高流动性塑料的流动距离与壁厚之比为

100 :1 ~150 :1,今后希望能达到 150 :1 ~300 :1,见图 2。

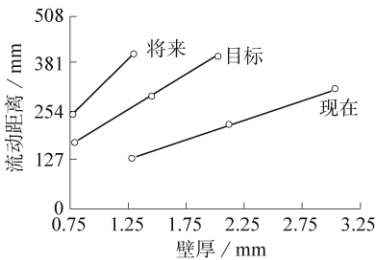


图2 塑料流动距离与壁厚之比要求

熔体流动距离也与冷却时间、熔体温度、模具温度及塑料性能有关,假定壁厚是恒定的,则熔体温度和模具温度较高,熔体在充模过程中的冷却时间较长,那么熔体的流动距离就相应延长,见图3。

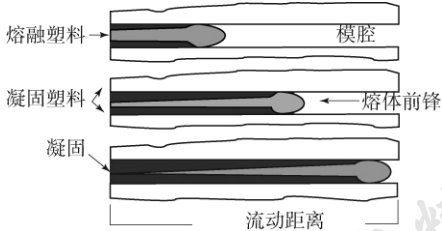


图3 熔体流动距离示意图

1.2 冲击强度

塑料的耐冲击性随产品的生产商和应用商而异,以台式电脑和手提电脑为例,为扩展薄壁塑料件的性能,需要对它进行静态载荷试验和耐冲击性试验。前者要求材料的刚性、强度高,抗蠕变性、耐疲劳性好,而塑料的拉伸应力-应变曲线可以反映塑料的静态载荷性能;而后者则要求材料具有韧性、耐久性,耐低温及缺口敏感性好,不易老化,而以仪器冲击取代材料的悬臂梁冲击及载荷-位移曲线更能直接反映材料的耐冲击性。因此选用高抗冲击改性塑料有助于提高材料的低温冲击强度及抗加速老化性能(在85℃、85%相对湿度时)。

1.3 刚性

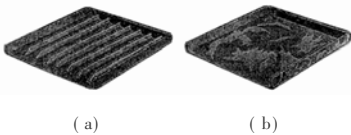
由于薄壁塑料件的壁厚减小,使制件的刚性降低,因此应该格外注重制件的质感。刚性有助于提供一种高质量的感觉。成型塑料件的刚性与材料配方设计及制品几何形状密切相关,使用增强塑料是提高刚性最简便的方法,但是增强塑料的表面光洁度及冲击强度将会明显下降,见表2。所以在用非增强塑料设计塑料件时,采用加强筋是保持材料冲击性能条件下提高刚性的有效办法,见图4。

1.4 耐热性

塑料件尺寸的减小和电子功率的增加,要求提

表2 非增强塑料和增强塑料的比较

项目	非增强塑料	增强塑料
优点	更高的冲击强度,优异的外观	更高的强度,更好的刚性
需弥补	通过设计改善刚性、低刚性/高弯曲	通过设计改善冲击强度、低温耐冲击/脆性,可实施的美观问题(需油漆)



a—非增强塑料的刚性改善; b—增强塑料的耐冲击性改善

图4 通过设计改善材料的刚性及耐冲击性

高塑料的耐热性。塑料的耐热性除与塑料的热变形温度有关以外,还与塑料在成型加工过程中的受热历史相关。因为塑料要在高温料筒内停滞,受螺杆预塑,通过喷嘴进入模具浇口后要受到剪切摩擦作用、经冷却才能形成制件,因此必须具有高的耐热性。此外,还需考虑到检验机构对薄壁塑料件的有关规定(如UL 1950),即:(1)基于皮肤灼热的考虑,便携式塑料外壳的最高工作温度必须低于95℃;(2)受电源限制的便携式外壳的热浸透内应力释放最低温度为70℃;(3)考虑到产品最终用户的温度极限。

1.5 阻燃性

薄壁塑料件的材料阻燃性要求基于产品的应用要求(包括电压及能量等)。根据产品用途,UL 94规定的阻燃要求是:移动电话的阻燃性要求达到HB级;笔记本电脑的阻燃性要求达到V-0或V-1级;固定式电子产品的阻燃性要求达到V-0或5V级。

与此同时,UL 1950规定了阻燃要求(见图5),及其它性能如热性能、电性能及力学性能的要求。

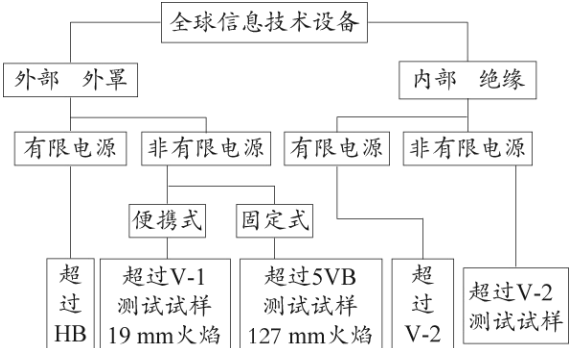


图5 UL 1950规定的阻燃性能要求

表3、表4列出薄壁塑料件用塑料的典型性能及主要性能比较。

表 3 薄壁塑料件用工程塑料的典型性能值

项 目	测试标准	高流动性 ABS	高流动性 PC/ABS	高流动性 PC	MPPO
拉伸强度 /MPa	ASTM D 638 - 91	48	58	65	58
弯曲弹性模量 / MPa	ASTM D 790 - 92	2 618	2 480	2 308	2 308
热变形温度 /℃ (1.82 MPa)	ASTM D 648 - 82	91	98	126	100
缺口冲击强度 / J·m ⁻¹ (23℃)	ASTM D 256 - 92	267	533	640	256
密度 /g·cm ⁻³		1.05	1.12	1.20	1.11
壁厚 /mm (阻燃性 HB 级) (阻燃性 V - 2 级)	UL 94 - 1950	1.6	1.5	1.1	1.5
成型收缩率 /% (3.2 mm)	ASTM D 955 - 89	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.7	0.5 ~ 0.9	0.5 ~ 0.7

表 4 薄壁塑料件用工程塑料的主要性能比较

树脂	流动性	冲击强度	低温韧性	超声焊接强度	耐热性
ABS	优	良	良	良	差
PC/ABS	优	优	优	良	良
高流动性 PC	优	优	优	良	优
MPPO	良	良	良	良	良

2 薄壁塑料件的成型加工

注射成型是加工大批量薄壁塑料件最主要和最经济的加工方法。要制造高质量的产品,除了材料的选择要满足上述的各项性能要求外,还对成型机械、模具及成型工艺都有严格的要求。成功的加工来自机械、模具、工艺的良好组合。

2.1 注塑机

往复式旋转单螺杆注塑机是成型加工薄壁塑料件的理想机型,它的均匀塑化和连续清洗作用使注射出的塑料熔体具有均衡的温度和良好的流动性,可保证得到质量优良的制件。

良好的螺杆设计和结构是成功加工薄壁塑料件的关键。螺杆的长径比 (L/D) 通常为 20 :1 ~24 :1,其加料段、压缩段、计量段的长度大致分别为 5、10、5 个螺纹,压缩比为 2.0 :1 ~2.5 :1,螺杆端部呈圆锥形并装有止回环,各部件无需氮化处理。

在确定模制某一特定薄壁塑料件选用注塑机规格时,制件的总注射量和总投影面积是必须考虑的两大基本因素。当塑料件的总注射量(包括主、分流道、浇口、冷料穴)与注塑机的最大注射量之比为 0.35 ~0.75 时通常可获得最佳的效果;一经确定全部注射量的总投影面积,应为每平方厘米投影面积提供 193.5 ~451.5 kN 的锁模力,以避免制件发生溢料现象。

此外,薄壁塑料件还对注塑机的注塑压力和注射速率提出了更高要求,例如,壁厚为 2.5 ~3.0 mm

的流动距离与壁厚比小于 100 :1 的传统应用薄壁件,注塑压力为 62.0 ~96.5 MPa,充模速度为 3 ~5 s 已经足够;而壁厚为 1.2 mm 的流动距离与壁厚之比为 100 :1 的主导应用薄壁件,注塑压力要高达 137.9 ~241.0 MPa,充模速率为 0.1 ~0.5 s 方才能行。因此总的来说,以微处理机闭路控制的注射及锁模系统装有贮能器的配以模具加热控温箱的高压高速高精密度注塑机将成为成型加工薄壁塑料件的主流机型。

表 5 为薄壁塑料件注射成型关键工艺条件及机械装备。

表 5 薄壁塑料件注射成型关键工艺条件及机械装备

项 目	传统应用	先进应用	主导应用
注塑压力 /MPa	62.0 ~96.5	110 ~137	137.9 ~241.0
充模时间 /s	3 ~5	1 ~3	0.1 ~0.5
成型周期 /s	40 ~60	20 ~40	6 ~20
成型设备	标准型、大多数注塑机的锁模力为 129 ~258 kN,实际注射量为名义注射量的 35% ~75%	标准的闭路式微处理机控制的优质注塑机,锁模力为 258 ~387 kN,料筒尺寸较小为佳,以防物料在高温料筒内停留时间太长,注射装置应装有贮能器以加快注射速率	高精度微处理机控制的优质注塑机,注射及锁模装置均应装有贮能器,以加快注射及启闭模具速度;锁模力为 322.5 ~451.5 kN,装有超厚模板的重型锁模装置,料筒尺寸较小,以防物料在高温料筒内的时间太长
模具	标准模具	耐久的模具材质,较大的顶针,若干个排气孔	模具结构更合理,宜采用热流道模具,模具部件连锁
机械手	可实现全自动化	可实现全自动化	可实现全自动化

2.2 薄壁塑料件模具

如前所述,薄壁塑料件在注射成型时需要采用很高的注塑压力和极快的注射速率,因此设计和制造模具时务必要考虑到强度、刚度和精度。

模具选用的钢材必须是耐久的模具钢。模板和支柱要厚实,模具要连锁,使型芯直插进模腔,以防止因塑料熔体的高压高速反复冲击而松动。模腔、浇口、嵌件的高摩擦部位宜选用 H - 13 (RC 50 ~52) 和 D - 2 (RC57 ~59) 型钢材。

模具角隅部分应有若干个排气孔,使空气被熔融塑料置换逸出,避免产生塑料件烧焦和不足现象。型芯、加强筋等细节部分要抛光;顶针要更多更粗些,且平衡分布,侧壁脱模斜度取 1°/滑面 + 1°/0.0025 mm 表面皮纹深度,以利制件顺利顶出。

模具两部分宜设有非回路式水槽或油槽,要求双区分开以独立控制模温,既有助于改善塑料流动性,又能控制成型周期和制件尺寸公差的一致性。

使用热流道多点式针尖式浇口虽能减少对塑料流动性要求,但却增加了制件熔接痕的数量,影响制件的强度和外观质量,所以在可能条件下,尽量采用单一浇口。

2.3 塑料的干燥

薄壁塑料件所选用的塑料均有吸湿的倾向。含水的塑料在高温料筒内挥发成气体或者引起塑料水解等原因,致使塑料件外观质量及力学强度显著下降。为此,必须在注射成型之前将塑料进行干燥至低于所要求的水分含量。

塑料干燥方法众多,而薄壁塑料件成型加工时最常选用的是一种高效而连续的干燥方法——除湿型料斗干燥。空气首先通过吸湿剂除去水分,然后加热器和鼓风机迫使干燥的加热空气进入料斗,对塑料粒料进行干燥,使水分从塑料粒料中逸出。

干燥后的树脂在大气中所能暴露的时间取决于相对湿度及树脂品种,一般为 15 ~30 min。将树脂干燥处理能使塑料加工参数的稳定性有所提高,其结果是提高制件的一致性,制得较坚韧的制件,最终提高了生产率。表6为塑料干燥工艺条件。

表 6 采用除湿式干燥器干燥塑料的工艺条件

干燥工艺	ABS	PC /ABS	PC	MPPO
输入空气露点 /℃	- 29 ~ - 40			
热空气流量 / m ³ · min ⁻¹ · (kg · h) ⁻¹	0.28			
干燥温度 /℃	75 ~80	80 ~100	105 ~110	75 ~80
干燥时间 /h	3 ~4	3 ~4	3 ~4	3 ~4
要求含水量 /% <	0.05	0.03	0.02	0.05

2.4 薄壁塑料件注射成型先进工艺

与传统的厚壁塑料件相比,薄壁塑料件的注射成型必须采用更为先进的工艺,其主要原因是薄壁塑料件充模时的表面取向度高且冷却快。表7列出注射成型薄壁塑料件与厚壁塑料件的比较。

由于所有塑料的熔体为非牛顿流体,即熔融状

表 7 注射成型薄壁塑料件与厚壁塑料件的比较

项 目	薄壁件 (表皮厚度大于芯层)	厚壁件 (芯层厚度大于表皮)
取向	较大	较小
压力降	较大	较小
成型周期	较短	较长
注塑阶段的压实	不大	熔融中部有压实
制品外观	较小的缩痕	较均匀

态的塑料粘度是随熔体温度的提高和所受剪切速率的增加而降低的,因此利用塑料这一流变特性,在尽可能高的料筒温度、注塑压力、注射速率下,将熔体注入模腔,不仅能够提高塑料的流动性,而且还能缩短熔体充模时间,从而确保在浇口封闭时熔融塑料已完全射足并压实。表8为薄壁塑料件用4种工程塑料的注射成型工艺参数。

表 8 薄壁塑料件用4种塑料的注射成型工艺参数

项 目	ABS	PC /ABS	高流动 PC	MPPO
料筒温度 /℃ 后 中 前	200 ~210	220 ~240	265 ~275	240 ~250
	210 ~220	240 ~250	275 ~285	250 ~260
	220 ~230	255 ~270	290 ~300	260 ~270
喷嘴温度 /℃	210 ~220	250 ~265	280 ~290	250 ~260
熔体温度 /℃	210 ~230	255 ~270	280 ~300	260 ~270
模具温度 /℃	40 ~50	70 ~80	90 ~100	70 ~80
注塑压力 /MPa	90	105	120	100
压力保持率 /%	50 ~60	40 ~60	40 ~50	50 ~60
螺杆背压 /MPa	0.17 ~0.34	0.17 ~0.34	0.17 ~0.34	0.17 ~0.34
注射速度	高速	高速	特高速	高速
螺杆转速 / r · min ⁻¹	30 ~50	30 ~55	25 ~50	30 ~50
喷嘴尺寸 /mm	3 ~5	4 ~6	4 ~6	4 ~6

3 结语

(1) 适合制作薄壁塑料件的塑料品种主要有ABS、PC/ABS合金、PC和MPPO4类。薄壁塑料件选材的两项关键性能指标是流动性和冲击强度。

(2) 注射成型是成型大批量薄壁塑料件最主要和最经济的加工方法。成型薄壁塑料件对成型机械、模具及成型工艺都有严格的要求,成功的加工来自机械、模具、工艺的良好组合。

MATERIAL SELECTION AND PROCESSING OF THINWALL PLASTIC PARTS

Tao Guoyuan, Zhu Yong

(Shanghai Ngai Hing Plastic Material Co. Ltd. , Shanghai 200233, China)

ABSTRACT The function and application of thinwall plastic parts were summarized. The property demands of materials for thinwall plastic parts including melt flowability, impact strength, rigidity, heat resistance and flame retardance were presented, and flowability and impact strength were the two key indexes for selecting materials. Four kinds of plastics such as ABS, PC/ABS alloy, PC and MPPO were pointed out to be suitable for producing thinwall plastic parts. Injection molding was the main and the most economic method for processing the parts. The effects of technology, equipment and mould on the processing were analyzed. Finally the advanced injection molding technology was recommended.

KEYWORDS plastic, thinwall part, processing, injection molding