

提高塑料件尺寸精度的研究

周坤鲁 刘建柱

(华丰企业集团公司, 绵阳 621000)

摘要 介绍塑料件的尺寸精度、塑料件尺寸公差标准, 以及塑料收缩特性值同收缩率的区别和计算方法。从塑料的收缩特性、模具设计、成型工艺和设备等方面讨论了影响塑料件尺寸精度的因素和控制方法, 并指出要提高塑料件尺寸精度, 选材是前提, 模具是关键, 成型工艺和设备是保证。简述塑料精密注射成型的条件和应用实例。

关键词 尺寸精度 收缩特性 工程塑料 模具设计 精密注射成型

尺寸精度是塑料件重要的制造和使用质量指标。过去因多种原因, 塑料件尺寸精度不高, 大多属于普通精度, 高精度的很少。由于电子、机械、仪表、通讯、汽车和航空等工业所需设备零件逐渐向小型化、高性能、高精度和轻量化发展, 迫切需要大量高精度塑料件, 因此, 提高塑料件尺寸精度成为塑料工作者的一项重要任务。

塑料件同金属件不同, 尺寸精度的提高受到塑料收缩特性、模具质量、设备精度、成型工艺和周围环境等诸多因素的影响, 因此生产高精度塑料件并非易事。为此, 国内外的塑料工作者多年来进行了大量卓有成效的研究工作, 如研制了多种高性能工程塑料和复合材料, 制造了精密模具和注塑机, 以及采用精密注射成型等方法, 大大提高了塑料件的尺寸精度, 使之能代替金属用于电子和精密机械。笔者在大量试验、测试和长期实践的基础上, 从制品和模具的设计、材料选择、成型工艺和成型设备等方面, 研究了生产高精度塑料件的方法和加工要点。

1 塑料件的尺寸精度

塑料件的精度包括尺寸精度、形状精度和表面粗糙度等。这里主要讨论塑料件的尺寸精度。

塑料件精度要求要合理, 以能很好地满足设计和使用可靠性要求为主。精度过高会增加成本和制造难度, 精度过低又满足不了使用要求。一般在满足要求的前提下, 尽量降低尺寸精度。尺寸精度是由尺寸公差决定的, 国际上塑料件尺寸公差标准尚未统一, 很多国家都制订了本国的标准。我国制订的 GB/T 14486 - 1993 工程塑料模塑件尺寸公差, 已不能满足电子产品日益发展的需要, 为此, 电子部标准化所根据电子产品的特点和发展要求, 制订了 SJ/T 10628 - 1995 塑料件尺寸公差标准。该标准共分 10 级, 1 ~2 级为精密级, 3 ~4 级为高精度级, 5 ~6 级为中精度级, 7 ~10 级供未注尺寸公差选用。标

准中还规定了受模具活动部分影响的尺寸公差。此标准尺寸范围大、分段分级密、公差等级多、最高公差等级高, 能很好地满足电子塑料件品种多、尺寸范围宽和高精度的要求。此标准 1 ~5 级尺寸段塑料件尺寸公差见表 1。

表 1 塑料件尺寸公差等级及数值 (SJ/T 10628 - 1995) mm

基本尺寸	公差等级				
	1	2	3	4	5
公差数值					
~3	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
>3 ~6	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08
>6 ~10	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10
>10 ~14	0.03	0.05	0.06	0.09	0.12
>14 ~18	0.04	0.05	0.07	0.10	0.12
>18 ~24	0.04	0.06	0.08	0.11	0.14
>24 ~30	0.05	0.06	0.09	0.12	0.16
>30 ~40	0.05	0.07	0.10	0.13	0.18
>40 ~50	0.06	0.08	0.11	0.14	0.20
>50 ~65	0.06	0.09	0.12	0.16	0.22
>65 ~80	0.07	0.10	0.14	0.19	0.26
>80 ~100	0.08	0.12	0.16	0.22	0.30
>100 ~120	0.09	0.13	0.18	0.25	0.34

2 影响塑料件尺寸精度的因素及控制方法

2.1 塑料的收缩特性值与收缩率

2.1.1 塑料的收缩特性值

塑料的收缩特性是塑料固有特性之一, 它对塑料件尺寸稳定性和精度起着重要的作用。塑料的收缩特性是塑料的热收缩、弹性回复、塑性变形、后收缩和老化收缩的综合反映。它表现为成型过程和使用过程中受环境影响而发生的线性收缩率和体积收缩率的变化, 常用收缩特性值表示。收缩特性值表示料流方向和垂直方向的综合收缩能力。在数值上收缩特性值以 2 倍平行于流动方向的收缩率减去垂

直于流动方向的收缩率的绝对值之差来表示, 见 (1) 式:

$$K = 2 | X_{\text{平行}} | - | X_{\text{垂直}} | \tag{1}$$

式中: K ——收缩特性值;

$X_{\text{平行}}$ ——平行流动方向的收缩率;

$X_{\text{垂直}}$ ——垂直流动方向的收缩率。

在 SJ/T 10628 - 1995 标准中, 按收缩特性值将塑料分为 4 类并标明各类所能达到的相应精度等级, 见表 2。

表 2 塑料公差等级选用 (SJ/T 10628 - 1995)

材 料		相应的公差等级		
收缩特性值	塑料名称	高精度	一般精度	低精度
0 ~ 1	ABS、AS、PS PF MF ¹⁾ 、MPF ²⁾ PBT、PET PMMA MPPO PC PSU PPS GFRP(含 30% 玻纤)	3	4	5
1 ~ 2	PA6、PA66、PA610、 PA1010 PVC(硬)	4	5	6
2 ~ 3	HDPE、PP POM	6	7	8
3 ~ 4	LDPE PVC(软)	8	9	10

注: 1) MF—三聚氰胺 - 甲醛树脂; 2) MPF—三聚氰胺 - 酚甲醛树脂。

2.1.2 塑料的收缩率

(1) 收缩率的计算

收缩率是收缩特性最后显示的综合值。因收缩率直观、易测、使用方便, 所以模具设计时都采用收缩率。收缩率是制件从热模具中取出后, 因冷却等原因而引起的单向尺寸减小的比值。可分为实际收缩率和计算收缩率。在实际应用中多采用计算收缩率, 只是在精密成型时才考虑金属热膨胀影响。其计算公式见 (2) 式及 (3) 式:

$$X_{\text{实}} = \frac{c - b}{c} \times 100\% \tag{2}$$

$$X_{\text{计}} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \tag{3}$$

式中: $X_{\text{实}}$ ——实际收缩率, %;

$X_{\text{计}}$ ——计算收缩率, %;

a ——室温下模具尺寸;

b ——室温下制件尺寸;

c ——成型温度下制件尺寸。

(2) 塑料的收缩率

塑料收缩率是计算制件成型尺寸的依据, 又是影响塑料制件尺寸精度和翘曲变形的主要因素。塑料的种类、牌号不同, 其收缩率也不同。结晶型塑料比非结晶型塑料收缩率大, 前者一般为 1.2% ~ 4.0%, 而后者为 0.2% ~ 1.0%。这是因为结晶型塑料除相变收缩外, 还有结晶引起的收缩, 结晶度愈高, 收缩率愈大。对结晶速度很慢的塑料如 PE 等, 可用热处理的办法使其尽快完成结晶, 吸湿性大的塑料如尼龙, 可用调湿处理稳定尺寸。

塑料经增强或填充后, 热容减小, 刚性增大, 收缩率大幅度降低。纤维或填充剂含量愈高, 收缩率愈小。图 1 为玻纤 (GF) 含量和流向对 PBT 收缩率的影响^[1]。由图 1 可知, 流动方向和垂直方向收缩率相差很大, 在相同 GF 含量时, 垂直方向比流动方向收缩率大 0.4% ~ 0.6%。热固性塑料的收缩率一般为 0.2% ~ 1.0%。

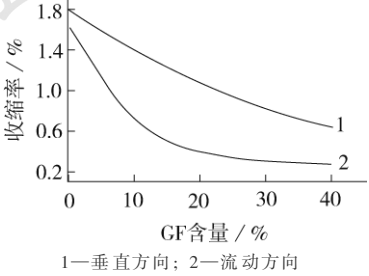


图 1 PBT 复合材料的 GF 含量和流向与收缩率的关系

2.2 制件的设计

制件设计应注意以下几点:

(1) 制件结构的合理性

制件壁厚应均匀一致, 尽量采用标准中规定的壁厚范围, 当壁厚过大时可通过增设工艺孔、槽或筋的办法减薄, 以防因收缩不均引起的凹陷变形或应力集中。

(2) 确定合理的精度等级

根据制件性能、塑料的特性和标准, 合理确定各部位的尺寸精度, 不能硬套金属件的精度。因为塑料的弹性模量比金属低 1 ~ 2 个数量级, 硬度较低, 在同样的情况下塑料件精度低些并不影响装配, 在满足功能的前提下适当降低精度是允许的。

(3) 正确选材

根据塑料件的功能和精度要求, 参照表 2 选择适当的材料。在满足制件性能要求的情况下, 优先考虑工艺性和经济性良好的材料。

2.3 模具的设计与制造

2.3.1 模具设计时收缩率的选用

在模具设计时应了解塑料的收缩特性和因制件形状而造成的各部位收缩率的差异,然后采用必要的补偿措施。手册上的收缩率是用平板试样测出的,并不能反映制件成型时各部位的实际收缩率。由于制件形状和熔体流向的影响,使各部位的收缩率不尽相同,若按手册上的收缩率计算,就不可能制出高精度制件。对高精度塑料件在设计前可先制造简易模具,测出成型时各部位的实际收缩率,这样便可大大提高制件的尺寸精度。

模具设计时采用的收缩率应是成型收缩率和后收缩率的总和。所谓后收缩率是指制品后处理产生的收缩率。收缩率也可从塑料注射成型用物料性能数据库中查到:①平均收缩率和收缩率范围;②测量时间和料流方向有关的收缩率;③收缩率曲线。

2.3.2 浇口的设计

浇口的类型、大小、位置和数量都影响制件尺寸精度。点浇口喷射力大,但补缩效果差,对厚壁制件不宜使用。浇口位置影响流向和流程远近,流程愈长收缩愈大。对各向异性的塑料如 PBT 增强材料,流动方向和垂直方向收缩率相差 1~2 倍,对长条形制件浇口设置在端头可以防止制件翘曲变形。多浇口可以缩短流程,但熔接痕增多。浇口的大小根据材料的流动性和制件的大小而定。

2.3.3 模具温度的控制设计

模具温度影响制件的收缩、形状、结晶和内应力等。对于模具冷、热回路设计,要求温度分布合理,控制精度精确,最好采用模温机或冷水机控制。

2.3.4 模具的制造

模具的制造质量是保证塑料件尺寸精度的关键。模具材料和热处理是保证模具精度的前提。成型模应采用合金工具钢,并进行热处理。对高精度制品,要求模具成型零件的精度、组合件累计精度、模具导向件的对中精度以及分型面的平行度应达到微米级。模具应有足够的强度、刚度和耐磨性,在注塑压力下不易变形、磨损。要达到以上加工精度可采用立体加工中心、数控机床和应用 CAD/CAM/CAE 等新技术。

2.4 注塑机和成型工艺

2.4.1 注塑机

注塑机性能的好坏和精度的高低直接关系到塑料件尺寸精度的高低。成型工艺和控制精度是通过

注塑机实现的,高精度塑料件要求注塑机注塑压力大,注射速率高,塑化质量好,控制和重复精度高,对注射量、注射速率、注塑压力和螺杆转速等工艺参数采用多级反馈控制。温度控制精度高,液压系统反应速度要快,开、合模系统要有可靠的刚性,其控制要灵敏、准确。国内已大量使用小型高速精密注塑机,超高精度的电动注塑机也已投入使用,温控精度可达 $0.1 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$,开、合模和两模板平行度可达 0.01 mm ,每次注射量误差在 0.2% 以下,为生产高精度塑料件创造了良好条件。

2.4.2 成型工艺

成型工艺影响塑化质量、熔体流动性、冷却速度、结晶、取向和内应力,因而直接影响收缩率。最佳的成型工艺和控制精度,可使成型收缩率小而稳定。

(1) 注塑压力 注塑压力增大,型腔熔体密度增大,收缩率降低。但过高的压力会增加制件内应力,产生飞边毛刺,引起模具变形。所以应根据塑料种类和制件结构决定注塑压力。

(2) 注射、保压和冷却时间 随着注射和保压时间的增加,制件密度增加,收缩率降低。随着冷却时间的增加,可减小制件翘曲变形。

(3) 料筒和模具温度 料筒和模具温度升高,热胀系数增大,结晶度增加,因而收缩率增大。但随着料温和模温的升高,熔体流动性增大,浇口封闭的时间延长,制件密度增加,内应力降低,又使收缩率降低。最后的收缩率是两种倾向综合作用的结果。

3 精密塑料件的注射成型

精密塑料件采用精密注射成型方法生产。精密注射成型是指成型制件的精度很高,以致使用通用注塑机和常规注塑工艺难以达到要求的一种注射成型方法^[2]。所谓精密塑料件,这里主要指能达到 SJ/T 10628-1995 标准中 1~4 公差等级的塑料件。

3.1 实现精密注射成型应具备的主要条件

(1) 采用尺寸稳定性高的塑料

适合精密成型的材料收缩率应小而稳定,线胀系数小,工艺性良好,在较大的温度和湿度范围内,尺寸稳定并具有抗蠕变和耐老化性能。表 3 中所列材料是综合性能十分优异的工程塑料和特种工程塑料,是精密注射成型的理想材料。

(2) 采用精密成型模具

应按照精密注射成型的要求设计制造模具。模具结构合理可靠,模具设计时采用实际收缩率。浇

表 3 精密成型用的工程塑料的收缩率与线胀系数

塑 料 名 称		收 缩 率 /%	线胀系数 / K ⁻¹ (×10 ⁻⁵)
PC	未增强	0.5 ~0.7	6.6
	30% GF 增强	0.1 ~0.2	2.2
PBT	30% GF 增强	0.3 ~0.5	2.5
DAP ¹⁾	D-6	0.4 ~0.8	1 ~3.6
环氧模塑料	3505	0.2 ~0.4	3
PSU		0.6 ~0.8	3.5 ~5
PPS	40% GF 增强	0.2 ~0.25	1.6
PEI ²⁾	未增强	0.5 ~0.7	5.4 ~5.6
	30% GF 增强	0.2 ~0.4	1.4 ~2
LCP	30% GF 增强	0 ~0.15 / 0.2 ~0.3	0.2 ~2.2 / 0.2 ~1.4

注: 1) DAP—邻苯二甲酸二烯丙酯; 2) PEI—聚醚酰亚胺。

道系统的设计应根据流变学原理, 通过计算机模拟确定。模具的制造精度应能达精密级。模具材料应强度高、刚度大、耐磨, 模具重复精度高, 寿命长。

(3) 用精密注塑机代替常规注塑机

小型精密注塑机压力大、速度高、精密, 能合理地精确控制成型中的各种工艺参数, 确保制件尺寸的稳定性。

(4) 采用精密成型工艺

通过试验确定最佳成型工艺, 并严格控制, 使收缩率的波动降至工艺允许范围内, 确定制件热处理工艺, 提高尺寸稳定性。生产环境的温度、湿度和通风等应达工艺要求。

3.2 精密注射成型的实例

根据精密注射成型的要求, 采用精密成型模具、

注塑机、成型工艺和选用适合精密成型材料, 成型以下几种高精度塑料件, 成型情况见表 4。结果表明, 制件尺寸精度全部达到设计要求。

表 4 几种精密塑料件成型的情况

零件名称	特征及精度	成型材料	模具	注塑机
B 型产品 绝缘体	壁厚 0.4 ~0.5 mm 精度 2 ~3 级	环氧模塑料	精密 注塑模	50 t 精密 注塑机
C 型产品 安装板	壁厚 0.3 ~0.4 mm 精度 1 ~2 级	增强 PPS	精密 注塑模	128 t 精密注塑机 注塑压力 240 MPa
G 型产品 安装板	壁厚 0.3 ~0.4 mm 精度 1 ~2 级	增强 PEI	精密 注塑模	90 t 注塑机 注塑压力 240 MPa
S 型产品 基座	壁厚 0.2 ~0.3 mm 精度 1 ~2 级	LCP	精密 注塑模	90 t 精密注塑机 注塑压力 240 MPa

4 结 语

尺寸精度是塑料件重要的制造和使用质量指标。只有大批量生产高精度塑料件, 才能使塑料在电子和精密机械行业获得广泛应用。

提高塑料件尺寸精度, 选材是前提, 模具是关键, 成型工艺和成型设备是保证。塑料和成型技术在飞速发展, 新材料、新工艺和新设备相继出现, 尤其是电子计算机技术在塑料加工中的广泛应用, 为塑料件尺寸精度的提高创造了良好条件。只要充分利用这些条件, 精心设计和制造, 严格控制和管理, 就一定能生产出高精度的塑料件。

参 考 文 献

1 王兴天. 注塑成型技术. 北京: 化学工业出版社, 1989.

2 陈洪珍, 徐之海. 精密塑料成型. 北京: 国防工业出版社, 1999.

STUDY ON IMPROVEMENT OF DIMENSIONAL PRECISION OF PLASTIC PRODUCT

Zhou Kunlu, Liu Jianzhu

(Huafeng Enterprise Group Co. Ltd., Mianyang 621000, China)

ABSTRACT The dimensional precision and standard of plastic product and difference between plastic shrinking featured value and shrinkage were described. Factors influencing dimensional precision of plastic products and its control methods were discussed in the fields of plastic shrinking feature, mould design and manufacture, molding process and equipment. It was also pointed out that in order to improve the dimensional precision of plastic products, choice of materials was the prerequisite, and mould was the key factor, the molding process and equipment were the insurance. The application examples and conditions of precise injection molding condition were simply introduced.

KEYWORDS dimensional precision, shrinking feature, engineering plastics, mould design, precise injection molding

日立公司开发出新型传热塑料

日本日立公司日前开发出一种具有很好传热性能的新型环氧塑料, 其热传导系数最大时可接近 1.0, 为现有环氧塑料的 5 倍。由于新开发的传热塑料散热快、热阻小, 用于发电机线圈时, 可将复杂的水冷却方式改为空气冷却, 从而

使设备小型化和轻量化。发电机的绝缘片和基板等也可以采用这种易于加工的轻质塑料来取代坚硬的陶瓷, 因而, 这种新型传热塑料还有助于实现电子器件的微细化。据介绍, 这种新型传热塑料具有一定的透明性, 其热胀系数也比较低, 易于粘接, 并具有适宜的成型性能。(刘共华)