

塑件浇口去除的力学分析与自动化工装设计

袁小江¹, 张碧妮²

¹无锡科技职业学院; ²大连外国语大学软件学院

摘要: 以某型号较高精度的塑件零件为载体,分析了塑件的浇口形式。针对浇口残余凝料的结构特点,采用钻削加工工艺去除浇口凝料,对浇口凝料的钻削工艺进行了力学分析,优化了工装的结构设计方案,保证了塑件的精度,实现了较高精度塑件模具与工装的配合生产,取得了良好的应用效果。

关键词: 塑件;浇口;力学分析;钻削;工装

中图分类号: TQ320.73; TH16

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7008.2021.11.020

Mechanical Analysis and Automatic Tooling Design of Plastic Parts Gate Removal

Yuan Xiaojiang, Zhang Bini

Abstract: Taking a certain type of high-precision plastic parts as a carrier, the gate form of the plastic part is analyzed. According to the structural characteristics of the residual aggregate at the gate, by the drilling process to remove the gate aggregate, the mechanical analysis of the cutting process is performed, the structural design of the tooling is optimized, the accuracy of the plastic parts is ensured, and the combined production of the high-precision plastic part mold and the tooling is achieved, and good application effects are obtained.

Keywords: plastic parts; gate; mechanics analysis; drilling; tooling

1 引言

随着塑料工业的发展与技术进步,塑件的应用越来越广泛,对应用塑件的精度和外观要求越来越高。大多数塑件都是通过注塑成型,注塑工艺本身对塑件有一定的质量影响,如浇口位置设置不当容易使塑件缩水以及影响外观质量等,这些问题有时因模具结构等工艺无法避免,因此需要对塑件零件进行后续加工处理来实现设计要求。

2 零件结构分析

2.1 导砂罩塑件结构

图1为某型号导砂罩塑件制品的零件结构,材质为ABS塑料,该塑件是精密注塑件,塑件外表壳面是较高外观质量的球面,尺寸为SR160mm,球壳壁厚1.5mm,塑件背面结构尺寸见图2。

塑件背面中间有一个 $\phi 21\text{mm}$ 、总高度约25mm的圆柱,四周均匀分布了四个R2.5mm的类梅花形状半圆凸形,圆柱中心有一个 $\phi 7.6 \pm 0.15\text{mm}$ 的孔,左侧有尺寸为6mm×2mm的凸筋以及圆周直径85mm的凸筋,凸筋高度约0.5mm,其余位置均为内球面光滑面。

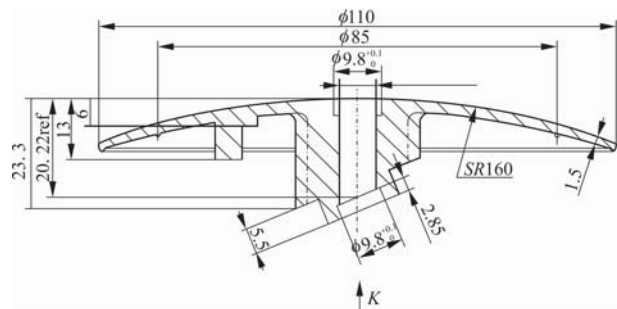


图1 塑件结构

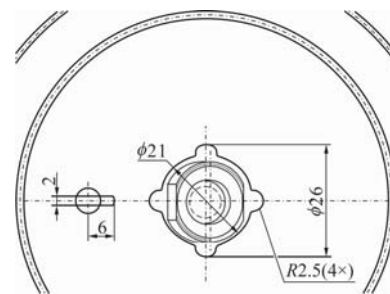


图2 K向视图

2.2 塑件浇口分析^[1]

注塑工艺上的浇口是指连接分流道和型腔的一段进料通道,浇口位置对塑件的质量影响较大,导砂罩塑件的结构与技术要求限制了在塑件球面壳体的内外表面部位设置浇口(易产生缩水与表面质量影响),综合分析塑件浇口凝料残留的去除等多方面因素,将浇口设置在塑件中心孔 $\phi 7.6 \pm 0.15\text{mm}$ 的内部高度一半处,采用中心浇口与轮辐式浇口相结

合的方式改进浇口形式。这样设置浇口可以有效实现塑件的精度与技术要求,但需采用其他方式去除浇口残留凝料。

3 工艺分析

3.1 浇口凝料去除工艺分析

导砂罩塑件浇口设置于中心孔 $\phi 7.6 \pm 0.15\text{mm}$ 的内部,则浇口凝料也残留在该位置,注塑工艺结束脱模后的塑件见图 3。塑件上有中心流道的凝料,由于中心流道较长,且在中心流道与浇口处设置了断裂口,所以导砂罩塑件脱模后可以人工去除中心流道凝料(可手工掰断),塑件上只剩浇口处的凝料(见图 4)。



图 3 脱模后的塑件

图 4 去除中心流道的塑件

3.2 塑件钻削工艺分析^[2]

去除图 4 所示的导砂罩浇口凝料,需综合考虑塑件的技术要求与结构特点,并结合专用工装与钻削工艺。由于塑件材质为 ABS 工程塑料,则钻削速度采用较低档转速(转速高容易使塑料的钻屑烧结,影响钻孔内径的尺寸精度及表面粗糙度),进给速度选择钻削工艺常规进给量,钻头采用直径 $\phi 7.6\text{mm}$ 的高速钢钻头。考虑钻削工艺操作的安全性,应避免人工直接对塑件施加外力,并且导砂罩塑件外壳为较高外观质量的球面体,塑件夹紧定位时施加外力比较困难,因此导砂罩塑件钻削工艺中主要的问题为:钻削中需要对塑件进行定位与夹紧,钻削力会导致塑件旋转,需解决塑件的夹紧防转问题;钻削过程中及结束后钻头退出塑件时,塑件受钻头与钻屑摩擦力的作用会向上运动,无法与钻头分离;钻削工艺中钻头中心与导砂罩塑件中心孔 $\phi 7.6 \pm 0.15\text{mm}$ 存在定位问题。

3.3 塑件钻削受力分析

图 5 为导砂罩塑件钻削时钻头的工作状态。采用钻削工艺去除中心孔内的浇口凝料时,针对钻削工艺分析中提到的主要问题解决方案如下。

根据图 2 中塑件的背面结构设计一个内孔梅花形的圆柱定位件,利用塑件背面凸起的梅花形结构

进行定位,以解决钻削时塑件的防转问题。由于塑件背面的梅花形圆柱凸起结构有 2° 轴向脱模斜度,故塑件与定位件可利用脱模斜度做到无间隙定位,避免了因定位误差导致钻孔偏心等质量问题。

钻孔过程中与结束后,塑件受到钻屑产生的摩擦力与副切削刃带的作用,塑件会顺着钻头向上运动,同时也会影响钻孔的质量以及操作的安全性,故需要对塑件施加外力阻止塑件向上运动。由于塑件有较高的外观质量要求,故不能采用在塑件外球面施加压力的结构装置,考虑在塑件下侧的内球面通过真空吸盘的吸力阻止塑件向上运动。

采用材质为软硅胶的真空吸盘布置在塑件内侧面,既不影响塑件的表面精度,又可实现钻削结束后塑件与钻头的分离。导砂罩塑件钻孔采用真空吸盘的工装结构,所需的真空吸力大小要根据塑件的受力情况进行分析计算,选择合适的真空发生器(或真空泵)以及压缩气源的压力大小。

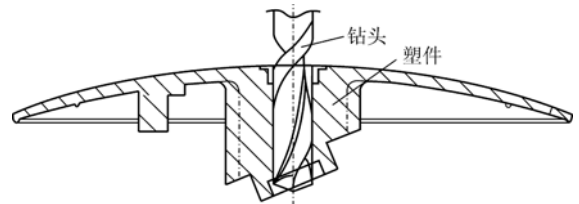


图 5 钻头工作状态

钻削工艺中塑件孔壁受到钻头排屑槽内钻屑的压力而产生的动摩擦力以及副切削刃带修光孔壁的作用力^[3],受力分析见图 6,这两个向上合力的分力则是塑件沿着钻头向上运动的主要原因。

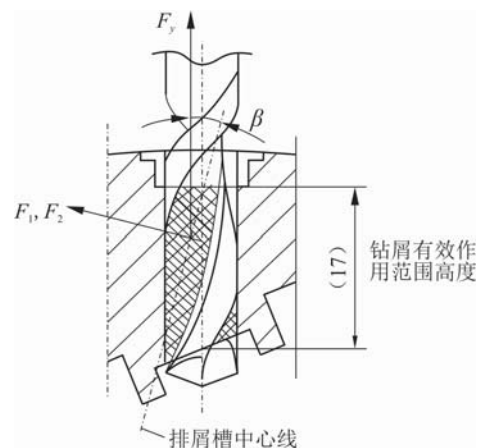


图 6 塑件受力分析

图 6 中, F_1 是钻头副切削刃带修光孔壁的作用力,由于钻头的螺旋型结构,塑件受到与螺旋角垂直的作用力 F_1 ; 钻头螺旋槽内的钻屑对塑件孔壁形成离心压力 F_2 , 该压力对塑件产生了动摩擦力 F_m ^[4],

F_1 与 F_2 对塑件孔壁的作用方向相同,在两个力的共同作用下,导砂罩钻削工艺中合力的向上分力是计算工装吸力的主要依据, F_y 计算公式为

$$F_y = F_1 \cos(90^\circ - \beta) + F_m \cos(90^\circ - \beta) \quad (1)$$

式中, β 为螺旋角, $\beta = 30^\circ$; $F_m = \mu F_2$, μ 为摩擦系数, $\mu = 0.48$ 。

一般钻头刃带作用约占轴向切削力的 3%,则 F_1 的计算公式为

$$F_1 = 3\% F = 9.81 K D f^{0.8} K_p \times 3\% \quad (2)$$

式中, F 为钻削轴向切削力; K 为钻孔材料硬度系数, $K = 30$; D 为钻头直径, $D = 7.6\text{mm}$; f 为每转进给量, $f = 0.15\text{mm}$; K_p 为修正系数($0.6 \sim 0.8$), $K_p = 0.75$ 。计算得 $F_1 = 11.02\text{N}$ 。

钻屑所产生的压力 F_2 的计算公式为^[4]

$$F_2 = \frac{f_v l \rho}{2R \sin \phi} \left(\frac{r \omega \rho}{K \pi D_c} \sin \beta + R \omega \right) \quad (3)$$

式中, f_v 为切削进给速度; l 为切削长度, $l = 17\text{mm}$; r 为钻头半径, $r = 3.8\text{mm}$; ρ 为塑件的密度, $\rho = 1.05 \sim 1.18\text{g/cm}^3$; R 为螺旋线所在圆柱半径; 2ϕ 为钻头顶角, $2\phi = 118^\circ$; ω 为钻头最外缘旋转角速度; p 为螺旋切屑的螺距; K 为切屑变形系数, $K = \frac{t_c}{t_d}$,其中 t_c 为切屑的厚度, t_d 为切削的深度; D_c 为螺旋状切屑的最大半径。

导砂罩塑件去除浇口残留钻孔时,转速 n 设为 280r/min 。根据式(3)计算可得 $F_2 = 2313.21\text{N}$,故 $F_m = 1110.34\text{N}$,最终计算得 $F_y = 560.68\text{N}$ 。

根据钻削工艺中塑件的受力分析与计算,工装需要的总真空吸力大于 F_y 即可,根据图 2 所示塑件背面的结构特点,为避开凸筋结构,可在该面布置 3 个真空吸盘,根据真空吸盘吸力的计算公式计算出吸盘的吸附面积,旋转合适吸盘的尺寸。真空吸盘吸力计算式为

$$F_{\text{吸}} = \frac{0.1SP}{K_1} \quad (4)$$

式中, S 为吸盘的吸附面积(cm^2); P 为真空压力(kPa,根据普通真空发生器的型号取值 0.6MPa); K_1 为安全系数(钻削工艺时塑件是静态吸附, $K_1 = 2$)。

根据式(4)计算得吸盘的吸附面积为 6.23cm^2 ,真空吸盘的吸附直径为 19.8mm 。根据计算结果,可选择直径大于等于 20mm 的真空吸盘(导砂罩背面结构允许最大的使用吸盘直径约 32mm),气压设置为 0.6MPa 通用标准气压。

4 工装结构设计

根据上述分析,导砂罩浇口残留去除钻削工艺的工装局部结构见图 7。该工装工作之前需要先吧钻头中心与夹具体 3 的中心调整为同心,采用专门的调心轴零件(见图 8)进行钻头与夹具体同轴度的调整,调整后锁紧固定钻床本体,即可解决导砂罩塑件去除浇口凝料钻孔的同心问题。



1. 钻床本体 2. 钻头 3. 夹具体 4. 真空吸盘 5. 底板

图 7 工装局部结构

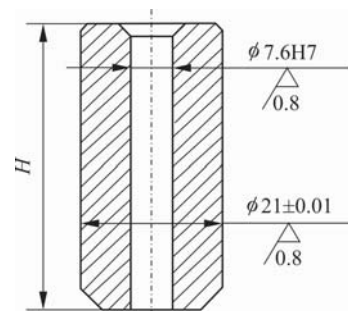


图 8 调心轴零件结构

5 结语

针对高精度要求及复杂结构的注塑件为实现产品的生产,需要与模具配合开发相关的工装夹具,共同进行注塑件生产。

通过导砂罩塑件的钻削工艺及力学分析,优化了工装夹具的结构设计方案,保证了塑件的精度。操作该工装时需人工转动钻床手柄,在钻夹头离开钻床罩壳时触发电磁阀,开启真空装置,吸住塑件进行钻削操作。钻削结束后钻夹头回到开始位置,再次触发电磁阀,使电磁阀换向,这时真空发生器与大气相通,真空吸力消失。半自动化的操作流程实现了塑件去除浇口凝料的安全生产,取得良好的应用效果。