

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.05.014

基于CAE的复杂薄壁防爆球冷流道注塑模具优化设计

陶哲^{1,2}, 季宁^{1,3}, 么大锁^{1,3}, 于洋洋^{1,3}, 赵洪林⁴, 姜金花⁴, 李冬芳⁴(1. 天津仁爱学院机械工程学院, 天津 301636; 2. 天津市静海区统计局, 天津 301600;
3. 天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室, 天津 300072; 4. 天津博世丰通科技有限公司, 天津 301600)

摘要: 针对结构复杂且呈现薄壁特征的防爆球在注塑成型时极易造成困气和脱模时易变形的问题, 基于CAE分析技术设计了一模八腔的点浇口三板式冷流道注塑模具。首先, 基于CAE分析确定了防爆球的最佳浇口位置, 在此基础上设计了其浇注系统和冷却系统, 并应用CAE技术验证了其合理性; 其次, 为便于排气, 解决薄壁防爆球在注塑时易产生困气导致欠注的问题, 巧妙地设计了插拔式的动模型芯镶块和定模型芯镶块, 利用镶块型芯固定板之间的配合间隙进行有效排气; 由于产品壁厚且多隔板, 在动模侧每颗防爆球上均匀布置4根圆顶针和4根扁口顶针, 平稳顶出产品的同时减少了其变形量; 而后, 应用UG对复位机构和模具其他辅助机构进行了分析设计, 完成了防爆球冷流道的注塑模具设计; 最后, 经试验验证, 该模具结构合理, 工作过程稳定可靠, 可为具有薄壁特征的相似结构的产品冷流道注塑模具设计提供有益借鉴。

关键词: CAE技术; 薄壁; 防爆球; 冷流道; 注塑模具设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)05-0086-07

Design of Cold Runner Injection Mold for Complex Thin-Wall Explosion Suppression Ball Based on CAE

Tao Zhe^{1,2}, Ji Ning^{1,3}, Yao Dasuo^{1,3}, Yu Yangyang^{1,3}, Zhao Honglin⁴, Jiang Jinhua⁴, Li Dongfang⁴

(1. School of Mechanical Engineering, Tianjin Renai College, Tianjin 301636, China; 2. Tianjin Jinghai District Bureau of Statistics, Tianjin 301600, China; 3. State Key Laboratory of Engines, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 4. Tianjin Boshi Fengtong Technology Co. Ltd., Tianjin 301600, China)

Abstract : Aiming at the problems that the explosion suppression ball with complex structure and thin wall characteristics is easy to cause trapped gas in injection molding and easy to deform during demoulding, an eight-cavity point gate three-plate cold flow injection mold with one mold was designed based on CAE analysis technology. Firstly, the best gate location of the explosion suppression ball was determined based on CAE analysis. On this basis, the pouring system and cooling system were designed, and the rationality was verified by CAE technology. Secondly, in order to facilitate the exhaust and solve the problem that the thin-walled explosion suppression ball is prone to produce trapped gas during the injection process, a plug-in type moving model core insert and a fixed model core insert are cleverly designed, and the fit gap between the insert core fixed plates is used for effective exhaust. Because the product wall is thin and has many partitions, 4 round thimbles and 4 flat thimbles are evenly arranged on each explosion suppression ball on the moving mold side, which can smoothly egress the product and reduce its deformation at the same time. Then, the application of UG to reset mechanism and mold other auxiliary mechanism for analysis and design, the completion of the explosion suppression ball cold flow injection mold design. Finally, the experiment proves that the structure of the mold is reasonable and the working process is stable and reliable, which can provide useful reference for the design of the cold runner injection mold of products with similar structure with thin-wall characteristics.

Keywords : CAE technology ; thin-wall ; explosion suppression ball ; cold runner ; injection mold design

基金项目: 天津市教委科研计划项目(2020KJ060)

通信作者: 季宁, 副教授, 主要研究方向为CAD/CAE/CAM一体化

收稿日期: 2023-03-01

引用格式: 陶哲, 季宁, 么大锁, 等. 基于CAE的复杂薄壁防爆球冷流道注塑模具优化设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(5): 86-92.

Tao Zhe, Ji Ning, Yao Dasuo, et al. Design of cold runner injection mold for complex thin-wall explosion suppression ball based on CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(5): 86-92.

汽油、柴油依然是目前消耗量较大的能源燃料,因其具有易燃易爆的化学特性,为避免造成人员伤亡和财产损失,对汽柴油在存储、运输过程中的安全性提出了极高的要求。国内外学者在汽柴油爆炸抑制技术方面研究广泛,研究方向主要分为两个方面。一是聚焦主动式安全技术,即在不改变汽柴油化学特性和使用性能前提下,提高燃料自身抑爆阻燃性能。如部分学者通过调整水、乳化剂和燃料之间的比例制成微乳化油料,试验证实汽柴油品阻燃抗爆性能得到提升;也有部分学者在油品中添加物理抑爆剂或者化学抑爆剂来增大油品黏度进而减弱雾化效果,降低汽柴油挥发和热分解速率,常见的物理抑爆剂有氩气、氮气和矿岩粉等,卤代烃、无机卤化物、碳酸盐等是常见的化学抑爆剂^[1]。二是聚焦被动式安全技术,如阻隔爆技术、抑爆技术等,其主要技术特征是在油罐内填充一定比例的金属或者非金属阻隔抑爆结构。金属阻隔抑爆结构因其密度远大于汽柴油密度,导致其置换率高(置换率是指阻隔抑爆结构放入充满液体的油罐时,所排出的液体体积与油罐体积之比),填入油罐后会大幅占用油罐有效体积,虽能在一定程度上发挥其对汽柴油的抑爆阻燃作用,但降低了油罐运输的效率^[2]。

薄壁骨架结构的非金属阻隔防爆球由于具有置换率低、力学性能好、导热、阻燃特性优异成为了近年来研究的热点。然而,现有的非金属抑爆球由于技术上和结构上存在缺点,导致了其制造工艺复杂、生产效率低等问题。

注塑模具是一种生产塑料制品的工具,因为模具能大批量生产而且能保证塑料制品精确的尺寸和外观,并且也能保证制品有完整的结构,特别是一些形状复杂或异形结构的制品,所以模具被广泛使用。注塑成型是非金属防爆球批量加工的首选制造方法。但因非金属防爆球对置换率的要求极其严格,造成防爆球的隔片较薄,如何保证在注塑时不产生困气以及保证防爆球在脱模时不产生较大变形是模具结构设计的重点和难点。现以某型非金属防爆球为研究对象,设计了一模八腔的点浇口三板式冷流道注塑模具^[3]。

1 防爆球结构与材料分析

1.1 防爆球结构分析

非金属薄壁防爆球的结构如图1所示。防爆球的比表面积(比表面积:单位质量或单位体积的固体

所具有的表面积)较大,具有较强的吸附能力,可有效降低燃烧热,起到较好的冷却作用。由各组成部分构成的中空结构能将火焰分成许多细小的火焰流,大幅提高细小火焰游离基撞击壁面销毁的几率,进而抑制火焰传播。由燃烧冷壁效应可知,防爆球的体积越小,防爆阻燃效果越好;隔片越多,防爆阻燃效果越好。但是,由于防爆球受到置换率的严苛限制,其体积越小,防爆球的厚度会越小,导致防爆球材料的力学性能不足以抵抗火焰冲击波的压力作用进而对抑爆球结构造成不可逆的破坏,使防爆球丧失防爆阻燃的功能^[4]。

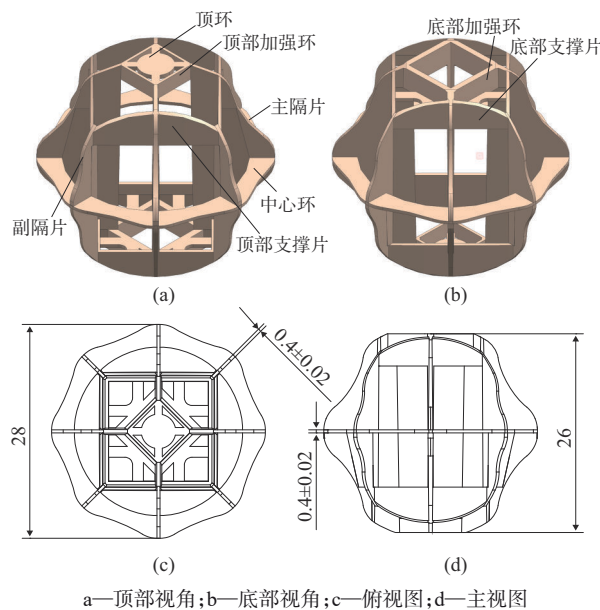


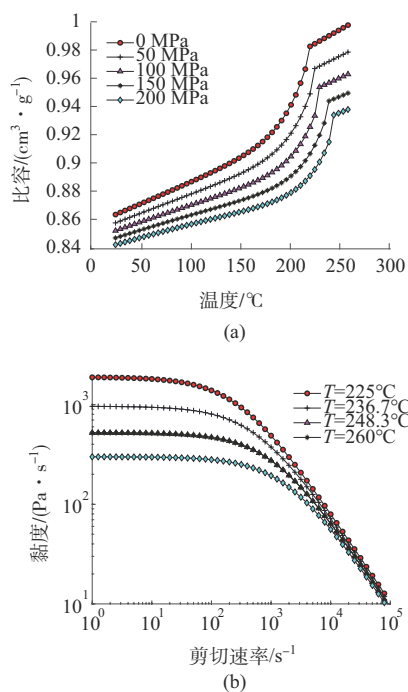
图1 防爆球3D、2D结构图

从图1可以看出,防爆球的最大外形尺寸为 $28\text{ mm}\times 28\text{ mm}\times 26\text{ mm}$,体积 792.454 mm^3 ,质量为 0.95 g ,年产量为100万件,防爆球由顶环、顶部加强环、主隔片、副隔片、中心环、顶部支撑片、底部加强环、底部支撑片组成,各部分壁厚均为 0.4 mm ,要求塑件不能有注塑缩痕、飞边、光泽不均等缺陷。

从图1的防爆球结构可以看出,防爆球结构复杂且呈现薄壁特征,由薄壁结构产品的注塑成型原理可知,其在注塑成型时,熔料在极窄的型腔中流动时极易产生困气进而引发短射导致制品成型不完整;其次,防爆球在顶出时,如果顶出力较大且顶出力分布不均匀易造成防爆球产生较大的变形甚至破裂,严重影响加工质量和生产效率。综上,如何避免防爆球在注塑成型时不产生困气、在顶出时将防爆球变形量控制在允许范围内是防爆球模具设计的重点和难点。

1.2 防爆球材料分析

尼龙6 (PA6)的熔点通常为220℃,熔点较低且工艺温度范围很宽,但其吸湿性较强,PA6的收缩率在1%~1.5%之间,密度为1.13 g/cm³,它的抗冲击性和抗溶解性比PA66塑料要好,具有较强的力学强度和硬度。防爆球注塑材料选用美国杜邦公司的PA6,未添加玻璃纤维和合成橡胶等改性剂,牌号7335 F-NC010,阻燃等级为HB,其压力-容积-温度曲线(PVT)和流变曲线如图2所示。



a—PVT曲线;b—流变曲线
图2 PA6的PVT及流变曲线

2 防爆球注塑模具CAE分析

2.1 浇口位置分析

熔料通过浇口进入模具型腔,浇口位置的合理设置有助于提高制品成型质量。对于形状规则的制品,浇口位置一般设在其几何对称中心位置,利于熔料同时达到制品边缘位置,提高成型质量;对于形状不规则、结构较为复杂的制品,浇口位置的确定通常需借助CAE进行分析确定。

将防爆球的.stl格式文件导入到Moldflow分析软件中,采用双层面网格并对网格进行适当处理,最终要使网格质量满足CAE分析要求^[5-6]。将分析序列设置为“浇口位置”,分析结果见图3所示。

浇口匹配性结果可评定模型中各位置作为注射位置的匹配性。数值结果越接近于1,熔料在此处注射入模具型腔时遇到的流阻越小,提示此位置

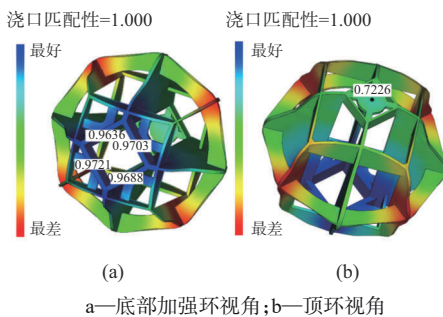


图3 防爆球浇口匹配性CAE分析结果

越适宜作为注射位置。从图3a可以看出,数值结果最接近于1的位置位于防爆球底部加强环处,但从结构上来看,防爆球关于中轴线具有中心对称性,将浇口位置设置在底部加强环处虽能使熔体在注射入型腔时具有最小的流阻,但熔料在中心环圆周上及各隔片处流速不相同,型腔中的空气不容易排除,易产生熔接痕。从图3b可以看出,防爆球顶环中心处的浇口匹配性数值为0.7226,虽熔料在此处注射入模具型腔时遇到的流阻高于底部加强环,但因注塑机具有很高的注射压力,流阻大小并不是防爆球浇口位置选择时的重要考虑因素。从提高防爆球成型质量的角度考虑,将浇口位置设置在顶环中心处能使熔融料同时均匀充填型腔,有利于空气的排除,能在一定程度上抑制熔接痕的产生。综合分析,将浇口位置设置在防爆球顶环中心处。

2.2 浇注系统CAE分析

(1) 模具型腔数目的确定。

在建立防爆球浇注系统CAE分析模型前,需要首先依据公式(1)确定模具的型腔数。

$$N \leq \frac{F - P \times S_1}{P \times S_2} \quad (1)$$

式中, N 为模具型腔数目; F 为注塑机锁模力,kN; P 为熔体对模具型腔的平均压力,MPa; S_1 为浇注系统在模具分型面上的投影面积,cm²; S_2 为单个产品在模具分型面上的投影面积,cm²。

防爆球后续实际注塑生产采用海天HA2800注塑机,锁模力为2 800 kN,考虑该机器使用年限较久且经技术人员校核,其有效锁模力须乘0.85倍的系数。

查阅相关模具设计技术手册^[7]可得PA6推荐选用的型腔内塑料熔体平均压力为10~20 MPa。低黏度塑料取小值,反之,取大值。PA6的黏度通常为2.4,属于低黏度塑料,因此, P 值取10。

浇注系统在模具分型面上的投影面积通常无

法提前精准计算,工程实践中,一般 $S_1=(0.2 \sim 0.5)S_2$,本研究中 $S_1=0.35 \times S_2$ 。

结合图1,可近似计算出单个防爆球在模具分型面上的投影面积, $S_2=24.6176 \text{ cm}^2$ 。

将上述分析结果带入式(1),可得 $N \leq 9.3$ 。对于一模多腔模具,为保证熔体的流动平衡,腔数通常为2的整数倍,考虑防爆球要求年产量为100万件,最终确定防爆球模具型腔数目为8。

(2) 浇注系统的设计与CAE分析。

浇注系统通常由主流道、次流道、浇口、凝料穴等组成,为减少浇注系统对防爆球外观的影响,浇口形式选择点浇口。基于2.1节中浇口位置的分析结果以及确定的一模八腔结构形式,建立如图4所示的浇注系统。冷主流道小端直径3.5 mm,大端直径6 mm,高度50 mm;点浇口直径1 mm,高度2 mm。

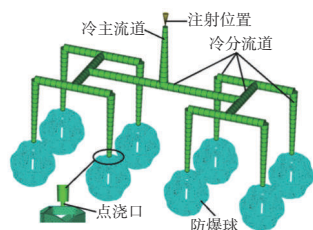


图4 防爆球浇注系统CAE分析模型

将分析序列设置为“填充”,注塑工艺参数采用软件推荐的数值,注塑机参数选择按照海天HA2800性能参数设置,分析结果见图5。

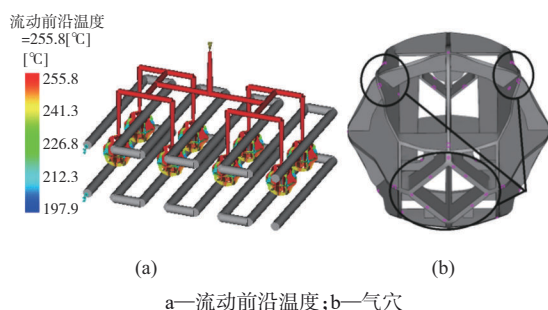


图5 “填充”CAE分析结果

流动前沿温度是聚合物熔体充填一个节点的中间流温度,它表示截面中心的温度,因此其值变化应不大。若熔体流动前沿温度急剧下降接近于凝固温度,就会阻碍后续熔体再进入该区域,进而导致短射发生。一般来说,流动前沿温度温差不超 5°C ,否则出现短射的风险就会大大增加^[7]。从图5a可以看出,冷流道浇注系统下,流动前沿温度的温差达到了 57.9°C 。防爆球的薄壁特征会使熔

体流动空间狭窄,若不能及时排除受困空气,会造成熔体流动迟滞,严重影响制品成型质量。

熔体在两个或多个合流流动前沿之间,或在流动前沿与型腔壁之间形成漩涡并挤压出气泡时,便会生成气穴。通常的结果是在零件表面形成小孔或瑕疵。气穴通常是由于跑道效应/迟滞效应或非均匀/非线性填充模式而产生的合流流动前沿导致的。即使零件具有平衡的流动路径,在流动路径终端也会由于排气不足而产生气穴。气穴分析结果有助于选择合适的排气槽位置。从图5b可以看出,气穴主要集中在防爆球顶部加强环、底部加强环和隔片处。

上述分析结果,提示在模具结构设计时须注意熔体流动通道内的排气问题,可通过在相应风险位置增加排气槽或者利用型芯(或镶件)与模板之间配合间隙实现有效排气。

2.3 冷却系统设计及CAE分析

模具冷却系统主要作用是控制模具表面温度及冷却制品。良好的冷却系统有助于制品成型质量的提升,能大幅减少制品冷却时间,提高生产效率^[8-9]。图6为U型水道冷却效果CAE分析结果。

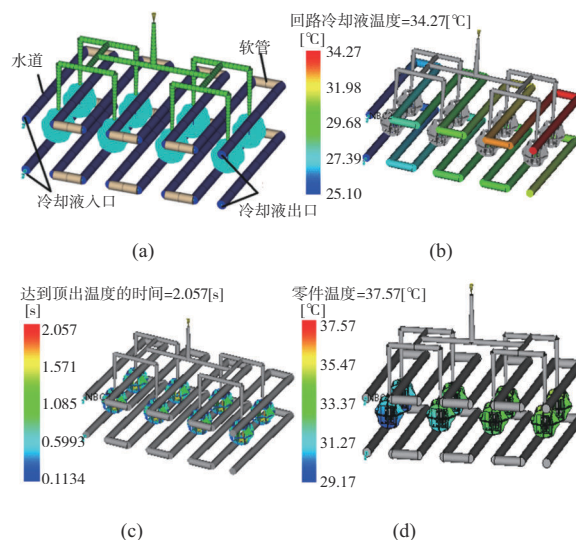


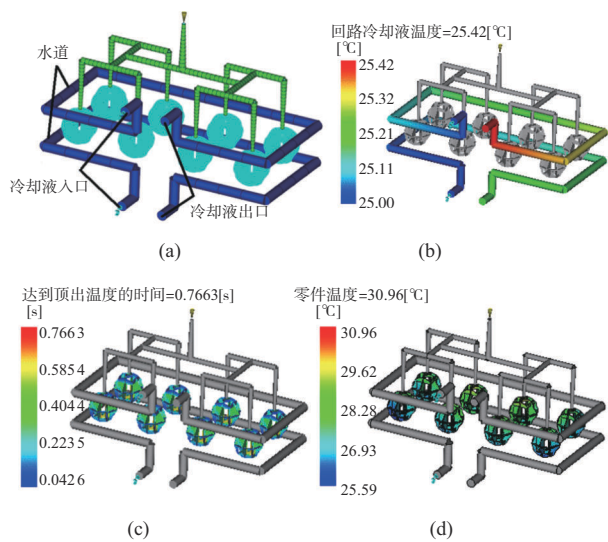
图6 U型水道冷却效果CAE分析结果

Moldflow自带的“冷却回路”只能创建U型水道,如图6a所示。水道直径8 mm、水道水平方向中心距25 mm、水道垂直方向中心距48 mm、每一层设置8根水道,相邻水道与水道之间采用软管连接。冷却液采用纯水,冷却液入口温度设置为 25°C 。冷

却液从入口到出口的温升不应超过 2°C ,从图6b可以看出,U型回路冷却液温升达 9.17°C ,冷却效果不佳的同时还延长了零件达到顶出温度的时间,顶出时间为 2.057 s 。图6d为零件温度分析结果,零件温差不应超 5°C ,由于冷却效果不佳,可以看出,零件温差达到了 8.4°C ,同时零件最低温度高于冷却液入口温度 4.17°C 。

通过以上分析可知,U型水道冷却效果不佳。从图6可以看出,U型水道存在较多的 90° 折弯角,冷却液在折弯角处会损失一部分动能,降低了冷却液流动速率进而使得冷却效果不佳^[10]。

笔者在U型水道基础上进行优化设计,提出 90° 折弯角较少的“口”型水道,如图7a所示。水道直径 8 mm 、水道垂直方向中心距 32 mm 。为客观比较“口”型水道与U型水道的冷却效果,在CAE分析“口”型水道冷却效果时选用与U型水道相同的分析参数。从图7b可知,“口”型回路冷却液温升仅为 0.42°C ;



a—“口”型水道;b—回路冷却液温度;
c—达到顶出温度的时间;d—零件温度
图7 “口”型水道冷却效果CAE分析结果

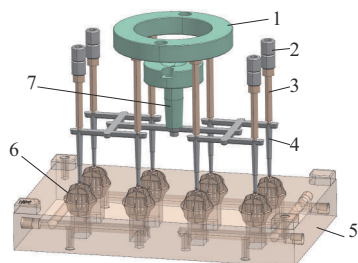
从图7c可知,零件达到顶出温度的时间为 0.7663 s ,相比于U型水道,顶出时间减少近3倍,有助于提高制品的生产效率;从图7d可知,零件最低温度几乎与冷却液入口温度相同,同时零件温差相比于U型水道也有大幅下降^[11-13]。

综合以上分析,“口”型水道比U型水道具有更加优良的冷却效果,因此,在后续模具结构设计时采用“口”型冷却水道。

3 模具结构设计

3.1 模具浇注系统设计

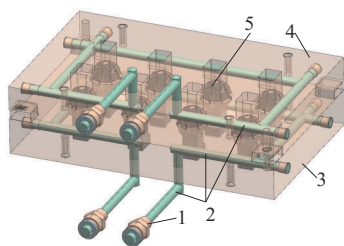
依据2.2节CAE分析结果,在UG中建立如图8所示的一模八腔的防爆球浇注系统。拉料杆利用端部倒扣勾住流道料在三板式模具分型时分离凝料与防爆球;定模座板厚度较大,拉料杆大端直径长度有限无法完全沉入定模座板中,此处增加止退螺栓,变相增加了拉料杆的长度,确保了凝料与防爆球在拉料杆作用下能够完全分离^[14]。



1—定位圈;2—止退螺栓;3—拉料杆;4—凝料;
5—动模型芯固定板;6—防爆球;7—浇口套
图8 防爆球模具浇注系统

3.2 模具冷却系统设计

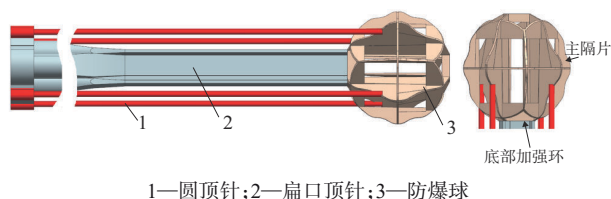
依据2.3节CAE分析结果,在UG中建立如图9所示的防爆球“口”型冷却系统。冷却水道各参数均依据CAE分析时参数设定。此外,从图9可以看出“口”型冷却水道均为直通式水道,方便后续的水道加工。



1—水嘴;2—水道;3—动模型芯固定板;4—定模型芯固定板;5—防爆球
图9 防爆球模具冷却系统

3.3 顶出系统设计

如前所述,防爆球各处壁厚仅为 0.4 mm ,为防止顶出时产生较大变形,根据ANSYS有限元分析结果最终确定每颗防爆球采用4根圆顶针和4根扁口顶针进行顶出,4根圆顶针分别推顶防爆球的4个主隔片,4根扁口顶针推顶防爆球底部加强环处,防爆球受力均匀,实现了平稳顶出的目的,如图10所示。



1—圆顶针;2—扁口顶针;3—防爆球

图10 防爆球模具顶出系统

3.4 成型机构设计

如前CAE分析可知,防爆球在成型过程中易出现困气引发短射,导致防爆球成型不足,严重影响成型质量。为解决此问题,成型型芯设计成镶块,通过精密磨削控制镶块与动、定型芯固定板之间,动模型芯固定板与定模型芯固定板之间的配合间隙以此达到有效排气的目的。图11为防爆球模具成型机构图。

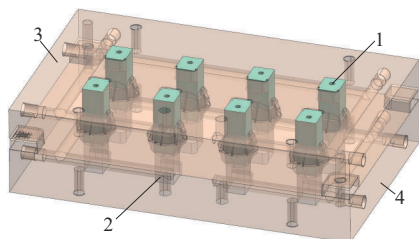
1—静模型芯镶块;2—动模型芯镶块;3—定模型芯固定板;
4—动模型芯固定板

图11 防爆球模具成型机构

3.5 模具整体结构及工作原理

(1) 模具整体结构。

在完成3.1~3.4节模具主要结构设计基础上,进一步完善模具的其它辅助机构(限位装置、复位机构等)的设计,防爆球模具整体结构如图12所示。

(2) 模具工作原理。

达到开模条件时,注射机将开模力传递至动模座板11,模具在受压弹簧的弹力和主分型面处尼龙开闭器阻力的双重作用下,将在P1处首先分开。由于拉料杆26固定在定模座板2上,定模板5后移的结果是拉料杆将浇注系统凝料从定模板中抓出,点浇口处凝料自行拉断。接着,动、定模板继续后移,压迫推料板向后移动,推料板与定模座板的分离,实现在开面P2处第二次分型。第二次分型的结果是推料板将浇注系统凝料从拉料杆处刮落。注射机开模力继续作用,动模板与定模板分型,动模部分继续后移一段距离后,实现在开面P3处第三次分型,与此同时推出机构开始工作,将防爆球顶出。完成顶出运动后,在复位弹簧作用下模具实现复位。

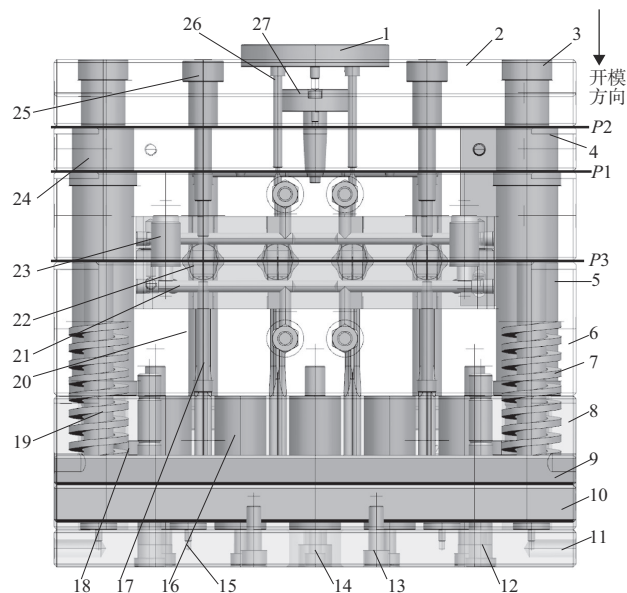
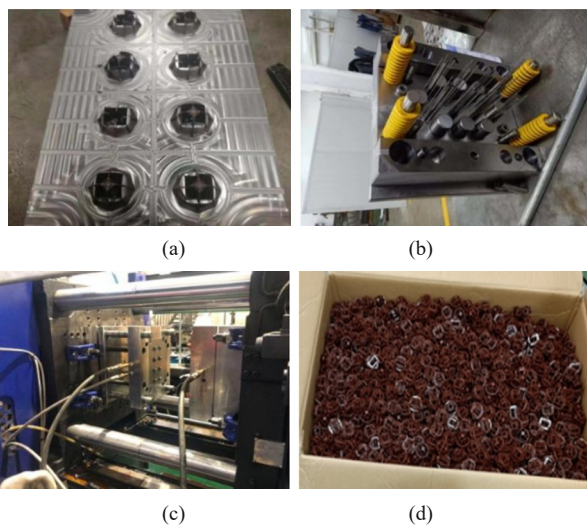
1—定位圈;2—定模座板;3—拉杆导柱;4—推料板;5—定模板;
6—动模板;7—复位弹簧;8—垫板;9—推杆固定板;10—推板;
11—动模座板;12—推板导柱;13—M10螺栓;14—M8螺栓;
15—垃圾钉;16—支撑柱;17—M8螺栓;18—限位钉;19—复位杆;
20—圆顶针;21—冷却水道;22—防爆球;23—开闭器;24—导套;
25—限位钉;26—拉料杆;27—浇口套;P1、P2、P3—开面编号

图12 防爆球模具整体结构

4 模具制造与注塑生产

在完成模具3D结构设计后,对3D模型进行拆解并绘制防爆球模具相关2D图纸,利用数控铣床、数控车床、慢速走丝电火花线切割机床、电火花成型机、精密磨床等设备完成模具的加工制造并在注塑机上实现防爆球的批量生产,如图13所示。



a—动模型芯固定板;b—顶针;c—批量生产;d—防爆球实物

图13 防爆球模具制造及批量生产

5 防爆球阻燃抑爆特性试验

如图14所示,用40 mm破甲弹射击油桶,填充

防爆球油桶内的柴油没有发生二次爆炸,说明填充防爆球能够阻止破甲弹引起油箱的爆炸,二次爆炸高温区持续时间降低率为100%,大于标准要求的80%。通过试验证实了利用该模具生产出的防爆球质量满足要求,能够起到很好的抑爆阻燃效果。



图14 防爆球模具制造及批量生产

6 结论

(1) 以复杂薄壁防爆球为研究对象,基于CAE分析技术优化设计了防爆球模具的浇注系统、冷却系统,缩短了模具设计周期,提高了模具设计效率。

(2) 巧妙地设计了插拔式的动模型芯镶块和定模型芯镶块,利用镶块型芯固定板之间的配合间隙进行有效排气,解决了薄壁防爆球注塑成型时易于困气的技术难点,提升了防爆球成型质量。

(3) 由于产品壁薄且多隔板,在动模侧每颗防爆球上均匀布置4根圆顶针和4根扁口顶针,平稳顶出产品的同时减少了其变形量。

(4) 通过现场试验证实了利用该模具生产制造出的防爆球阻燃抑爆特性优良。

(5) 该设计思路可以为具有类似结构的薄壁复杂球形塑件的冷流道注塑模具设计提供借鉴。

参考文献

- [1] Yu Yangyang, Zhang Junhong, Wang Jian. Flame propagation behavior of propane-air premixed combustion in a confined space with two perforated plates at different initial pressures[J]. Energy Science & Engineering, 2022, 10(8):2 940-2 953.
- [2] Yu Yangyang, Zhang Junhong, Meng Xiangde, et al. Effect of piston texture at inclination and eccentricity work conditions on damping characteristics of a hydraulic shock absorber[J]. Scientific Reports, 2022, 12. DOI:10.1038/s41598-022-13721-0.
- [3] 季宁,于洋洋,么大锁.基于CAE的升降筒注塑模具设计[J].塑料工业,2021,49(6):84-89.
Ji Ning, Yu Yangyang, Yao Dasuo. Injection mould design of lifting cylinder based on CAE [J]. China Plastics Industry, 2021, 49(6): 84-89.
- [4] Yu Yangyang, Zhang Junhong. Explosion-suppression characteristics of nonmetallic spherical spacers on propane-air mixtures in confined space[J]. Applied Sciences-Basel, 2021, 11(19). DOI: 10.3390/app11199238.
- [5] 季宁,张卫星,于洋洋,等.基于最优拉丁超立方抽样方法和NSGA-II算法的注射成型多目标优化[J].工程塑料应用,2020,48(3):72-77.
- [6] 季宁,张卫星,于洋洋,等.基于径向基函数神经网络和多岛遗传算法的注射成型质量控制与预测[J].工程塑料应用,2020,48(4): 62-68.
Ji Ning, Zhang Weixing, Yu Yangyang, et al. Quality control and prediction of injection molding based on rbf neural network and MIGA[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(4):62-68.
- [7] 张维合.注射模具设计使用手册[M].北京:化学工业出版社, 2011.
Zhang Weihe. Injection mold design and use manual[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [8] 何晖.滚焊机润滑油箱盖热流道注塑模设计[J].工程塑料应用, 2022, 50(9):87-91, 114.
He Hui. Design of hot runner injection mold for lubrication oil tank cover of seam welding machine[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(9):87-91, 114.
- [9] 范玉,黄继战,范佳琦.电池正极支架成型工艺分析及其注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022, 50(11):102-107.
Fan Yu, Huang Jizhan, Fan Jiaqi. Molding process analysis of battery positive pole bracket and its injection mould design[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11):102-107.
- [10] 查东,匡唐清,刘文文,等.模流分析在电饭煲上盖注塑模具设计中的应用[J].塑料,2017,46(3):103-108.
Zha Dong, Kuang Tangqing, Liu Wenwen, et al. Application of Moldflow in the design of injection molds for a rice cooker upper lid[J]. Plastics, 2017, 46(3):103-108.
- [11] 罗彦英,梅益,唐方艳,等.汽车用升降器薄壁开关面板注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022, 50(10):84-89.
Luo Yanying, Mei Yi, Tang Fangyan, et al. Design of injection mold for large thin-walled switch panel of automobile lifter[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(10):84-89.
- [12] 于佳丽,张继祥,李又兵,等.车门内饰塑件翘曲变形分析及成型工艺优化[J].工程塑料应用,2021,49(11):78-83, 88.
Yu Jiali, Zhang Jixiang, Li Youbing, et al. Warpage deformation analysis and molding process optimization of door interior plastic parts[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(11):78-83, 88.
- [13] 任长春,夏宗禹,张颖利,等.笔记本电脑盖板IMR注塑模设计[J].中国塑料,2019,33(1):102-108.
Ren Changchun, Xia Zongyu, Zhang Yingli, et al. Design of IMR injection mould for notebook computer cover[J]. China Plastics, 2019, 33(1):102-108.
- [14] 傅建钢.壳盖注塑件模具结构优化设计及翘曲优化[J].制造业自动化,2019,41(6):110-113.
Fu Jiangang. Optimization design and warpage optimization of injection mold for shell cover parts[J]. Manufacturing Automation, 2019, 41(6):110-113.