

通管压铸模结构方案的分析与设计

文根保¹, 熊利军², 袁开波¹

(1. 中航工业航宇救生装备有限公司, 湖北襄阳 441000; 2. 湖北航宇精工科技有限公司, 湖北襄阳 441022)

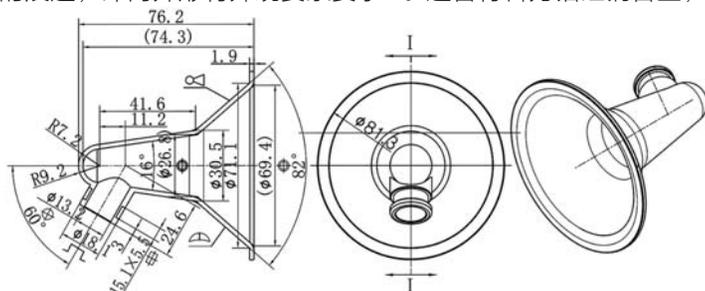
摘要: 通过对通管的结构分析, 找出通管结构上存在锥形孔、斜向孔、型槽、凸台障碍体要素。针对结构特点, 设计出通管压铸模加工方法的可行性方案。采用一模二腔成形左右通管的高效压铸模加工方法; 以点浇口的浇注系统, 获得了具有外观要求的通管; 采用三模板形式的模架, 解决了浇注系统冷凝料与通管分型及脱模的问题; 采用油缸和斜导柱滑块抽芯机构, 解决了锥形孔和斜向孔的成形与抽芯问题; 利用顶杆脱通管的结构和以回程机构来实现通管自动循环加工; 压铸模动、中模镶嵌件组合的设计, 降低了模具成形加工时的温度, 确保了模具的连续高效加工。

关键词: 通管; 压铸模; 结构分析

喇叭形通管是轿车上的一种零部件, 为生产出大批量优质的通管, 采用压铸方法进行加工。其中压铸模具的设计至关重要, 通管压铸模结构的设计, 必须先通过对通管的内外形分析, 在找出通管的内外形要素之后, 才能制定出解决通管内外形要素的模具结构措施, 即压铸模结构方案, 之后才能进行模具结构的设计和造型。

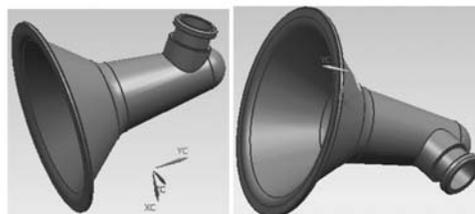
1 喇叭形通管的形体要素分析

轿车喇叭形通管是轿车上的一种左右对称构件。通管左件如图1a所示, 右件对称。通管左件和右件造型如图1b所示。要求通管内外形不允许存在模具结构在加工过程中遗留的痕迹, 即内外形有外观要素要求^[1]。通管材料为铝硅铜合金, 收缩率为



◎为锥孔; ⊕为型孔; ⊖为型槽; ▽为凸台障碍体; ∩为弓形高“障碍体”; ∩为压铸件的型面应有“外观”要求。

(a) 通管形体要素分析



(b) 通管三维造型

图1 管形体要素分析与造型图

Fig. 1 Analysis and modeling drawing of the pipe body elements

作者简介:

文根保(1946-), 男, 高级工程师, 从事模具设计制造。电话: 13697214119

中图分类号: TG249.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2022)03-0277-06

收稿日期:

2021-09-09 收到初稿,
2021-10-10 收到修订稿。

0.4%~0.6%。

通管结构分析如下:如图1a所示,通管上有 $\Phi 26.8\text{ mm} \times 16^\circ \times 41.6\text{ mm}$ 及 $\Phi 69.4\text{ mm} \times 82^\circ \times (74.3-R7.2-41.6)\text{ mm}$ 的锥形孔^[2], $\Phi 13.2\text{ mm} \times 60^\circ \times 24.6\text{ mm}$ 的斜向型孔^[3], $\Phi 15.1\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$ 的型槽^[4],还有 $\Phi 18.1\text{ mm} \times 60^\circ$ 凸台和 $\Phi 30.5\text{ mm}$ 、 $\Phi 71.1\text{ mm}$ 和 $\Phi 81.3\text{ mm}$ 弓形高“障碍体”,并具有外观要求和大批量要素^[5]。

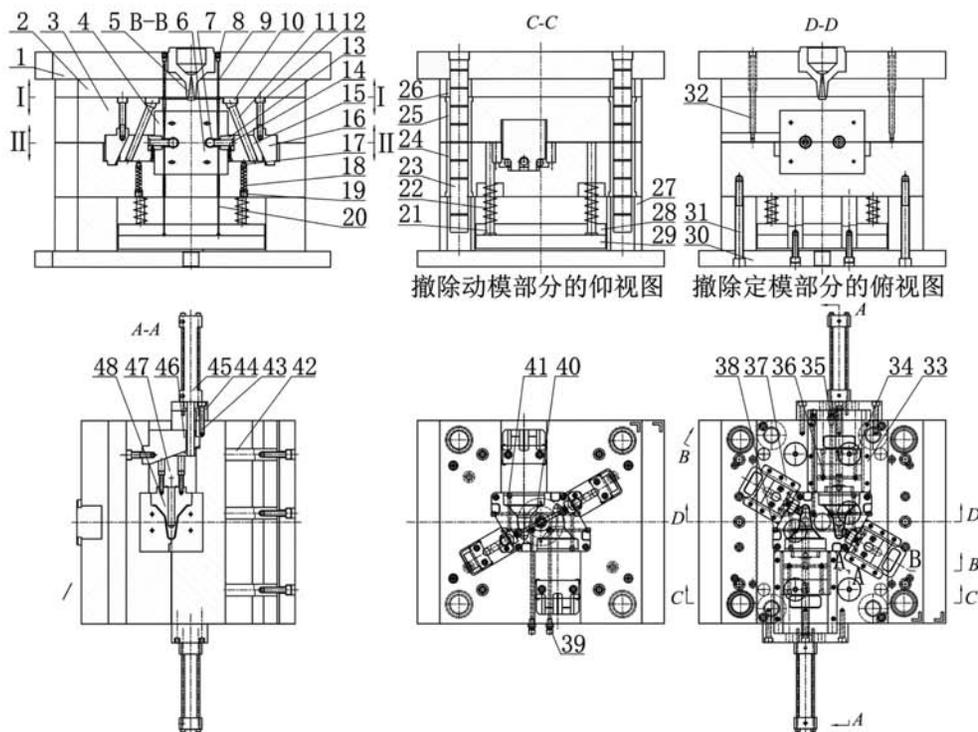
2 通管的压铸模结构方案可行性分析

通过对通管的结构分析,可知通管上存在着锥形

孔、斜向型孔、型槽、凸台障碍体、外观和大批量要素。根据大批量的要求,压铸模采用一模二腔,可以同时压铸成形加工通管的左右件。

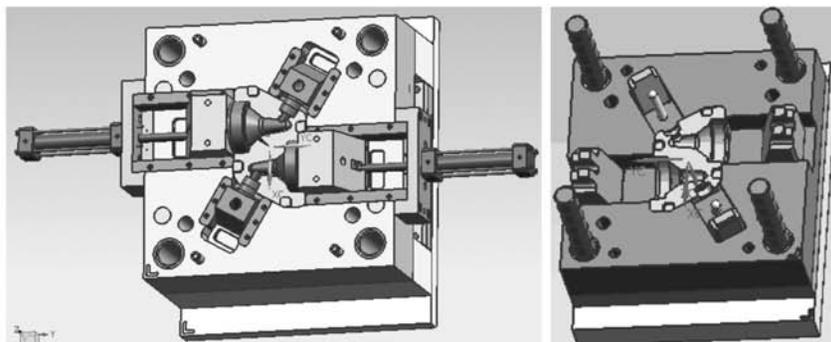
(1) 外观要素压铸模具结构方案:由于通管有外观质量要求,压铸模的浇注系统应采用点浇口。为此,压铸模的模架应采用定模、中模和动模的三板结构。如此,压铸模的第一次分型时可实现浇注系统冷凝料脱模,第二次分型时可实现通管脱模。

(2) 凸台障碍体与型槽要素压铸模具结构方案:针对凸台障碍体,模具必须采用分型面 II - II,如图2a



1. 定模垫板; 2. 定模板; 3. 中模板; 4. 中模嵌件; 5. 浇口套; 6. 动模嵌件; 7. 通管; 8、19、34、38、41. 螺塞; 9. 拉料杆; 10. 垫块; 11. 斜导柱; 12、31、43. 内六角螺钉; 13. 型芯安装块; 14. 型芯; 15、47. 滑块; 16、46. 楔紧块; 17. 限位销; 18、22. 弹簧; 20. 顶杆; 21. 回程杆; 23、42. 导柱; 24、25、26. 导套; 27. 模脚; 28. 安装板; 29. 推件板; 30. 底板; 32. 台阶螺钉; 33、37. 导向块; 35、39. 冷却水接头; 36、40. “O”形密封圈; 44. 连接板; 45. 油缸; 48. 大型芯

(a) 通管压铸模结构设计



(b) 通管压铸模结构造型

图2 通管压铸模结构与造型图

Fig. 2 Structure design and modeling drawing of the die casting die for the through-pipe

的B-B剖视图所示,将模具型腔分成中模和动模部分,方可避开凸台障碍物对通管脱模的阻挡作用。同时,还可以解决对成形通管型槽型芯、中模嵌件和动模嵌件的抽芯和复位对脱模的影响。

(3) 锥形孔要素压铸模具结构方案:针对锥形孔要素应该采用抽芯机构进行抽芯,由于2个锥形孔的长度为74.3 mm,抽芯的距离应该大于74.3 mm。如果采用斜导柱滑块抽芯机构,斜导柱的长度要特别地长,一是为了使斜导柱有足够的强度,其截面积应选取较大的值,二是会导致模具的面积和高度特别大。为此应该选用油缸抽芯机构,便可以避免上述的缺点。

(4) 斜向孔要素压铸模具结构方案:由于斜向孔的长度只有24.6 mm,可以采用斜导柱滑块抽芯机构。

根据通管的形体分析要素,便可以全面地设计压铸模结构的可行性方案,并对制订的压铸模结构可行性方案进行论证,之后才能进行压铸模结构的设计和造型,只有这样才能确保压铸模结构的设计和造型不会出现差错。

3 通管的压铸模结构设计

通管的压铸模结构设计有:模架、浇注系统、冷却系统、中模和动模嵌件、油缸抽芯机构、斜导柱滑块抽芯机构、脱模机构、回程机构和导向定位及限位构件的设计。

(1) 模架:为三模板结构,如图2a所示,由定模垫板1、定模板2、中模板3、浇口套5、螺塞(8、19、34、38、41)、拉料杆9、内六角螺钉(12、31、43)、顶杆20、回程杆21、弹簧22、导柱(23、42)、导套(24、25、26)、模脚27、安装板28、推件板29、底板30、台阶螺32、冷却水接头(35、39)、“O”形密封圈(36、40)、连接板44和油缸45组成。

(2) 导向定位和限位构件:如图2a所示,定、中、动模的开启和闭合运动的导向与定位,由导柱23和导套(24、25、26)的配合保证;安装板28、推件板29、顶杆20与动模之间脱模和复位运动,由导柱42保证;定模与中模的限位,由台阶螺钉32保证。

4 压铸模浇注系统及其冷凝料脱模结构设计

4.1 浇注系统与脱浇注系统冷凝料的组成

如图3a所示,浇注系统由浇口套5、拉料结7、横向分流道8、纵向分流道9和点浇口10组成;浇注系统冷凝料由浇口套5的主浇道冷凝料1、横向分流道冷凝料2、拉料结冷凝料3和纵向分流道冷凝料4组成。

4.2 脱浇注系统冷凝料

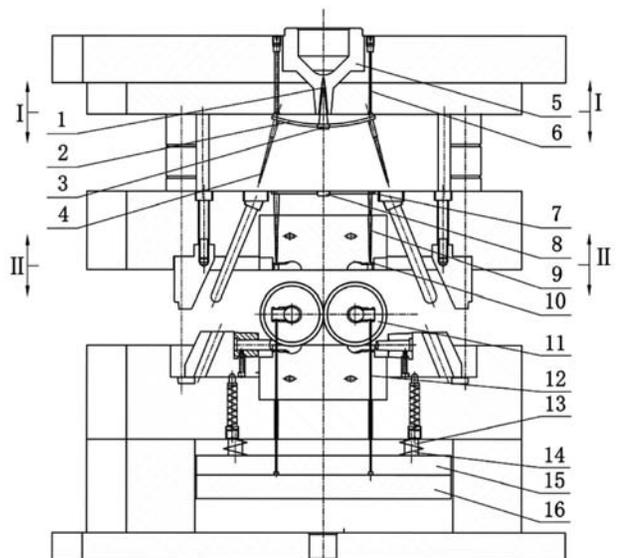
如图3a所示,融熔的铝硅铜合金熔体在闭合的压铸模型腔冷却成形为通管11之后,分型面I-I的开启,由于拉料结7的作用可将浇口套5中的主浇道冷凝料1和横向分流道冷凝料2拉出。又由于主浇道冷凝料1的作用,可将纵向分流道9的纵向分流道冷凝料4拉出。同时可切断纵向分流道冷凝料5与通管11点浇口10的冷凝料,实现从分型面I-I开启的空间脱浇注系统冷凝料。此时,定模部分与中模部分,由于4根台阶螺钉连接的限制只能开启给定的距离,并使得中模部分挂在其支撑的4根导柱上。

4.3 脱浇注管和回程机构的设计

如图3a所示,分型面II-II开启之后,压铸机的顶杆作用于推件板16、安装板15和顶杆12,顶杆12可将通管11顶离压铸模动模型腔。当压铸机的顶杆撤回时,作用于压铸模推件板16、安装板15和顶杆12的外力消失后,在弹簧13的作用下可推动推件板16、安装板15和顶杆12开始进行复位运动。随着分型面II-II的闭合,中模板可推着回程杆14并带着推件板16、安装板15和顶杆12精确复位,实现通管11不断循环地压铸加工。

5 通管的压铸模冷却系统设计

压铸模在加工过程中,高温合金熔体会将热量传



1. 主浇道冷凝料; 2. 横向分流道冷凝料; 3. 拉料结冷凝料;
4. 纵向分流道冷凝料; 5. 浇口套; 6. 拉料杆; 7. 拉料结;
8. 横向分流道; 9. 纵向分流道; 10. 点浇口; 11. 通管;
12. 顶杆; 13. 弹簧; 14. 回程杆; 15. 安装板; 16. 推件板

图3 浇注系统与脱浇注系统冷凝料及脱通管结构的设计图
Fig. 3 Structure design drawing of the condensing material and stripping pipe in pouring system and stripping system

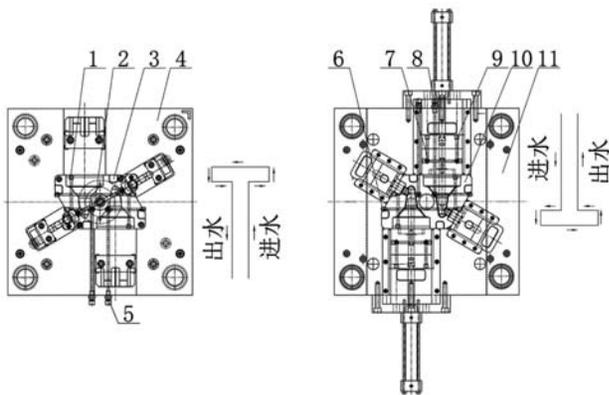
递到压铸模具，继而造成模具温度的升高。随着压铸成形的不断进行，模具的温度不断升高，当模温超过合金临界值时，合金的各种性能会降低。

5.1 中模冷却系统的设计

图4中、动模冷却系统设计图。如图4a所示，在中模嵌件3和中模板4中加工出冷却水通道，还需要加工出安装“O”形密封圈2的槽。在冷却水通道的端头加工出锥形螺塞的螺孔，并安装防止冷却水泄漏的螺塞1，在槽中安装防止冷却水泄漏的“O”形密封圈2，在进出水处安装冷却水接头5。在进出水处的冷却水接头5上安装好皮管，通入冷却水，冷却水便可按右侧冷却水流动示意图进行循环流动，将模具的热量带走，起到降低模温的作用。

5.2 动模冷却系统的设计

如图4b所示，同样需要在动模嵌件10和动模板11



(a) 中模冷却系统设计

(b) 动模冷却系统设计

- 1、6、9. 螺塞；2、7. “O”形密封圈；5、8. 冷却水接头；
3. 中模嵌件；4. 中模板；10. 动模嵌件；11. 动模板

图4 中、动模冷却系统设计图

Fig. 4 Cooling system design drawing of the medium and moving die

中加工出冷却水通道，还需要加工出能安装“O”形密封圈7的槽。在冷却水通道的端头加工出锥形螺塞的螺孔，并安装好防止泄漏的螺塞6、9，在槽中安装防止泄漏的“O”形密封圈7，在进出水处安装冷却水接头8。再在其上安装好皮管通入冷却水，冷却水便可按右侧冷却水流动示意图进行循环流动，将模具的热量带走，起到降低模温的作用。

6 通管的压铸模抽芯机构的设计

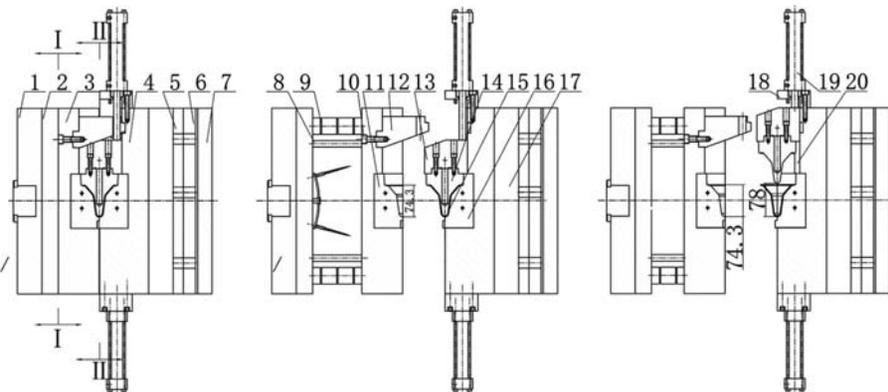
当模具抽芯距离行程大于45 mm以上时，应选择油缸抽芯；抽芯距离行程小于45 mm的斜孔，则可以采用斜导柱滑块抽芯机构。

6.1 油缸抽芯机构的设计

根据通管的压铸模抽芯机构可行性结构设计的方案，成形2锥形孔的型芯抽芯距离需要有78 mm，抽芯距离大于45 mm的都应该采用液压油缸的抽芯机构。若采用斜导柱滑块抽芯机构，由于斜导柱长度需要很长，会导致模具面积和高度尺寸较大，同时为了其刚性和强度增加需要加粗斜导柱。因此，必须选用MOB40×100型号轻型液压油缸的抽芯机构。

(1) 油缸抽芯机构闭合状态：如图5a所示，当定、中、动模闭合之前，大型芯14在油缸19的作用下复位。定、中、动模闭合后，合金熔体经浇注系统进入压铸模型腔冷却成形通管15。为了防止油缸19在压铸力和保压力的作用下出现后退现象，造成大型芯14复位不到位而使成形的通管15壁厚增大导致锥形孔深度小于图纸尺寸，故楔紧块12需要楔紧滑块13。

(2) 压铸模开启状态：如图5b所示，当分型面I-I开启时，浇注系统冷凝料脱模。当分型面II-II开启时，中模板3和中模嵌件11的型腔离开通管15，楔紧



(a) 闭合状态

(b) 开启状态

(c) 油缸抽芯与通管脱模状态

1. 定模垫板；2. 定模板；3. 中模板；4. 动模板；5. 安装板；6. 推板；7. 底板；8. 台阶螺钉；9. 导柱；10. 内六角螺钉；11. 中模嵌件；
12. 楔紧块；13. 滑块；14. 大型芯；15. 通管；16. 动模嵌件；17. 模脚；18. 安装块；19. 油缸；20. 导向块

图5 油缸抽芯机构的设计图

Fig. 5 Design drawing of the cylinder core-pulling mechanism

块12离开滑块13。通管15处于中模部分的型面被打开状态，有利于通管15的抽芯与脱模。

(3) 抽芯与通管脱模状态：如图5c所示，由单板机控制的油泵向油缸19注入油，使得油缸19的活塞上的轴带动滑块13，沿着由2块导向块20组成的T型槽中大型芯14进行78 mm的抽芯。当压铸模顶杆顶出时，便可实现通管15的脱模。在大型芯14抽芯的同时，成形斜向孔的型芯也需要进行斜导柱滑块抽芯运动。

成形的通管只有在中模型腔开启之后，成形通管的锥形孔和斜向孔的型芯实现抽芯后，才能在顶杆的作用下实现通管的脱模。

6.2 斜导柱滑块抽芯机构的设计

根据压铸模结构方案可行性的分析，通管上的斜向型孔长度只有24.6 mm。因此，可以采用斜导柱滑块抽芯机构。

(1) 闭合状态：如图6a所示，当定、中、动模闭合时，型芯16、型芯安装块13和滑块15在斜导柱11的拨动作用下，迫使限位销23压缩弹簧24进行复位运动，合金熔体经浇注系统进入压铸模型腔中冷却成形通管7。为了防止型芯16、型芯安装块13和滑块15在压铸力和保压力的作用下出现后退现象造成型芯16复位不到位，而使成形的通管7斜向孔深度浅，甚至不与锥形孔贯通，楔紧块14需要楔紧滑块15。

(2) 分型面 I - I 开启状态：如图6b所示，当分型面 I - I 开启时，浇注系统冷凝料脱模。定模部分与中模部分开启的距离由4根台阶螺钉21控制着，中模部分由4根导柱22支撑。

(3) 分型面 II - II 开启与抽芯：如图6c所示，当分型面 II - II 开启时，斜导柱11拨动滑块15、型芯安装块13和型芯16进行抽芯运动。滑块15移至限位销23处，限位销23在下面弹簧24的作用下进入滑块15的半球形窝锁住滑块15，可防止滑块15、型芯安装块13和型芯

16在抽芯运动惯性作用下滑离动模板。当压铸机的顶杆推动推件板18、安装板19和顶杆17时，敞开的通管7可在顶杆17顶出作用下脱模。

成形的通管只有在中模和动模开启之后，并在完成通管锥形孔和斜向孔的抽芯，在脱模机构的作用下才能脱模。

7 压铸模动、中模镶嵌件组合的设计

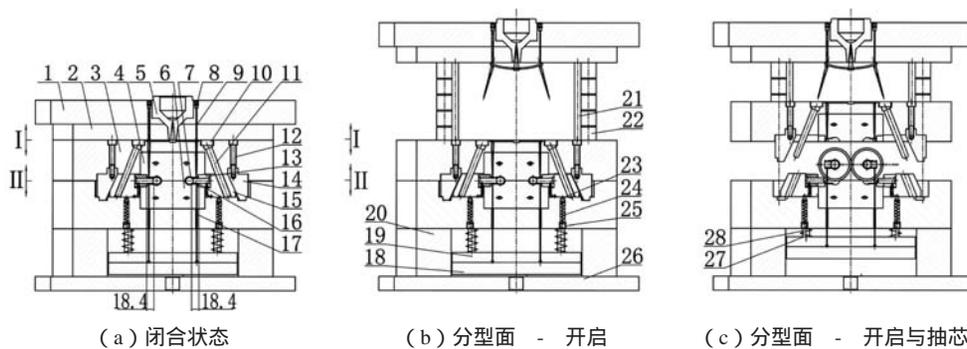
成形通管外形的压铸模工作件，主要是中模嵌件和动模嵌件。它们的形状复杂，形位尺寸精度高，加工工序多。

(1) 动模嵌件：造型如图7a所示。由于熔融的合金热胀冷缩原因，为了保证压铸通管形状、尺寸和精度能符合图纸的要求，动模嵌件成形通管的尺寸为：通管图纸的尺寸+通管图纸的尺寸×收缩率0.5%。为了保证动模嵌件与中模嵌件不错位，避免造成通管壁厚不均匀，动模嵌件与动模板的外形尺寸的配合均为H7/m6。同时，动模嵌件与中模嵌件定位还需通过4 mm×20 (H7/f7) mm×18 mm凸台与凹槽的配合，配合面和型腔面的粗糙度为Ra=0.6 mm，垂直度和平行度应小于0.01 mm。

(2) 中模嵌件：造型如图7b所示。同理，中模嵌件定位配合和型腔尺寸要求与动模嵌件相同。

8 压铸模主要零部件材料的选择和热处理

压铸模主要工作件在压铸过程中，成形表面要经受金属液的冲刷与内部温度梯度所产生的内应力、膨胀量差异所产生的压应力、冷却时产生的拉应力。这种交变应力随着压铸次数增加而增加，当超过模具材料所能承受的疲劳极限时，表面层即产生塑性变



1. 定模垫板；2. 定模板；3. 中模板；4. 中模嵌件；5. 浇口套；6. 动模嵌件；7. 通管；8. 25. 螺塞；9. 拉料杆 10. 垫块；11. 斜导柱；12. 内六角螺钉；13. 型芯安装块；14. 楔紧块；15. 滑块；16. 型芯；17. 顶杆；18. 推件板；19. 安装板；20. 模脚；21. 台阶螺钉；22. 导柱；23. 限位销；24. 27. 弹簧；26. 底板；28. 回程杆

图6 斜导柱滑块抽芯机构的设计图

Fig. 6 Design drawing of the core-pulling mechanism of the oblique guide pillar slide block

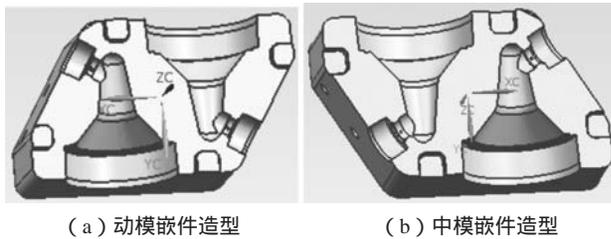


图7 中、模嵌件与造型图

Fig. 7 Mold inserts and modeling drawing

形, 在晶界处产生裂纹即为热疲劳。成形表面还会被氧化、氢化和气体腐蚀, 还会产生冲蚀磨损, 金属型壁粘附或焊合现象。压铸件脱模时, 还要承受机械载荷作用。故可选用4Cr5MoSiV1合金, 热处理硬度HRC 43~47或选用3Cr2W8V合金, 热处理硬度HRC 46~52。为了避免压铸件出现畸变、开裂、脱碳、氧化和腐蚀等现象, 可在盐浴炉或保护气氛炉装箱保护加热或在真空炉中进行热处理。淬火前应进行一次去除应力退火处理, 以消除加工时残留的应力。淬火加热宜采用两次预热, 然后加热到规定温度, 保温一段时间, 再油淬或气淬。压铸模主要工作件淬火后即要进行2~3次回火, 为防止粘模, 可在淬火后进行软氮化处

参考文献:

- [1] 文根保, 陈小兵, 文莉, 等. 现代注塑模结构设计实用技术 [M]. 北京: 机械出版社, 2014.
- [2] 文根保, 文莉, 史文. 复杂注塑模具设计新方法及案例 [M]. 北京: 化工出版社, 2017.
- [3] 文根保, 文莉, 史文. “托板”压铸模的设计 [J]. 模具制造, 2009 (8): 70-75.
- [4] 许赞和, 文根保. 轿车点火开关锁壳和锁芯压铸模设计 [J]. 模具工业, 2020 (8): 54-60.
- [5] 许赞和, 文根保. 车点火开关锁壳压铸模结构设计 [J]. 模具工业, 2019 (9): 51-56.

理。压铸加工到一定数量时, 应该将工作件拆下重新进行软氮化处理。

压铸件的压铸模结构设计, 只有在妥善地解决了压铸模分型面的设置、抽芯机构、脱模回程机构、浇注系统、冷却系统、导向构件的设计和模具成形面的计算, 才能加工出合格的压铸件。主要零部件材料的选择和热处理, 才是确保模具寿命长的措施。

9 结束语

通过对通管的形体分析, 设计出了通管压铸模结构可行性方案。采用了一模二腔成形左、右通管的压铸加工, 采用点浇口获得具有外观要求的通管, 采用三模板的模架, 解决了浇注系统冷凝料与通管脱模的问题; 分别采用了油缸和斜导柱滑块抽芯机构, 解决了2个锥形孔和斜向孔的成形与抽芯问题, 从而获得了经压铸加工的外观漂亮、质量优良的左右通管。通管的形体要素和压铸模结构方案可行性分析方法, 是压铸模结构设计必然规律, 是指导压铸模结构设计的规范。

Analysis and Design of Pipe Die-Casting Die Structure Scheme

WEN Gen-bao¹, XIONG Li-jun², YUAN Kai-bo¹

(1. Avic Aerospace Life-Support Industries Co.Ltd., Xiangyang 441000, Hubei, China; 2. Hubei All Precision Manufacturing Technology Co., Ltd., Xiangyang 441022, Hubei, China)

Abstract:

Through the structure analysis of the through pipe, it is found that there are conical hole, oblique hole, groove and boss obstacle body elements in the through pipe structure. According to the structural characteristics, the feasibility scheme of the die casting method for the through pipe was designed. The high efficiency die casting mold processing method of forming left and right through pipes with one die and two cavities was adopted. With the gating system of point gate, the open pipe with appearance requirement was obtained. The mold frame in the form of three forms was used to properly solve the problems of mold parting and demoulding of condensing material and through pipe in the pouring system. By adopting the core-pulling mechanism of oil cylinder and inclined guide column slide block, the problems of forming and core-pulling of conical and inclined holes were solved. The automatic circulation of pipe processing was realized using the structure of the ejector rod and return mechanism; The design of die-casting die moving and medium die insert combination reduces the temperature during die forming and processing, and ensures the continuous and efficient processing of the die.

Key words:

through-pipe; die casting die; structure analysis