

# 铸钢闸阀盖架整体精铸件变形及解决措施

邵啊新

(中鸿阀门股份有限公司, 河北邯郸 056700)

**摘要:** 闸阀阀盖、支架整体设计是降低闸阀生产成本、提高市场竞争力的一种有效途径。但由于阀盖、支架连体后结构复杂, 铸件易变形, 特别是因浇冒系统凝固收缩应力造成的法兰变形, 给精密铸造厂家带来一定的生产难度。经过多次试验, 成功研发了一种带有U型槽的专用浇冒系统精密铸造工艺方案, 能够有效防止铸件凝固过程中的收缩变形问题。

**关键词:** 闸阀; 铸钢; 盖架整体铸件; 精密铸造; U型槽浇道; 变形

闸阀又称闸板阀, 其优点是流体阻力小, 启闭省力, 可以在介质双向流动的情况下使用, 没有方向性, 全开时密封面不易冲蚀, 结构长度短。不仅适合做小阀门, 而且适合做大阀门, 是一种被广泛使用的阀门<sup>[1]</sup>。目前, 中小口径铸件以精密铸造为主, 闸阀材质多为碳钢或不锈钢, 形式多样, 其中以国标中小口径闸阀、美标中小口径闸阀为主, 包含阀体、阀盖、闸板和支架等铸件产品。阀盖、支架为闸阀的重要组成部分, 一般阀盖、支架设计成两个零件, 铸件变形小, 加工方便, 两个零件通过连接板用四个螺栓紧固成整体, 如图1(a)所示。有时为了降低成本, 提高市场竞争力, 将阀盖、支架作为整体铸件进行设计, 如图1(b)、(c)所示为常见整体设计的结构形式。这样铸造只需一副模具即可生产出阀盖、支架, 且不再设置两者的结合面, 减轻铸件重量, 减少螺栓使用量并减少加工面。有数据表明, 相比分体工艺, 整体阀盖、支架可节约材料成本12%以上, 节约加工成本8%以上。但是该结构铸件因其结构长、形状复杂, 在生产过程中存在易变形的缺点, 目前大多也仅在小口径美标闸阀及部分小口径国标闸阀设计上采用整体盖架结构。但在铸造过程中仍然存在变形情况, 其中以3~8寸150LB美标闸阀整体盖架结构的变形情况较为明显, 本课题主要研究了4-150LB美标闸阀盖架整体铸件的变形原因及解决方案。

作者简介:

邵啊新(1986-), 男, 中级工程师, 研究方向为熔模精密铸造。电话: 15038582417, E-mail: shaoaxin\_luobei@163.com

中图分类号: TG249.5  
文献标识码: A  
文章编号: 1001-4977(2025)12-1611-05

收稿日期:

2025-01-23 收到初稿,  
2025-03-20 收到修订稿。



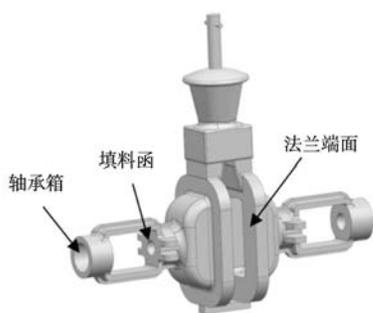
图1 盖架结构形式

Fig. 1 Structure types of valve cover and supports

## 1 整体盖架组树工艺

精密铸造采用强度较高的陶瓷型壳型芯结构成形铸件，型壳强度高，耐钢液冲刷能力强<sup>[2-3]</sup>，又因型壳薄，散热快，为了提高浇冒口的补缩效率，所以一般采用顶注式浇冒系统，以使浇冒口内温度高于铸件温度，形成自上而下的温度梯度，可以保证铸件凝固过程的补缩，提高浇冒口的补缩效率，减少铸件缩松、

缩孔等缺陷的产生<sup>[4-5]</sup>。4-150LB盖架整体铸件外形尺寸为260 mm × 160 mm × 220 mm（长 × 宽 × 高），最小壁厚11.2 mm，法兰厚度22 mm，轴承箱、填料函及法兰端面为加工面，均放加工量1.5 mm，阀盖端结构较为厚实，而支架端为细长结构。该产品的组树工艺如图2所示，内浇道设置在阀盖部位法兰纵向顶部，上部组焊专用浇冒口，保证铸件补缩。



(a) 三维设计



(b) 实际粘接

图2 焊接组树图

Fig. 2 Diagram of assembling tree through welding

## 2 铸件变形情况及原因分析

### 2.1 铸件变形情况

该盖架整体铸件第一批生产试制50件，初始工艺参数要求浇注温度 $1\ 600\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$ ，型壳温度 $\geq 350\ ^\circ\text{C}$ 。毛坯转由机加工车间进行试加工，经试加工发现普遍存在变形情况，且变形量超过2 mm以上的铸件达15件，变形量超过1.5 mm的铸件多达21件，变形不良率高达40%以上。加工车间在加工时是以支架部位轴承箱外圆为基准装卡找正后，先车阀盖部位法兰端面，在加工过程中发现法兰存在纵向变形，内浇道端车掉1.5 mm后法兰下部仍未加工见光，变形情况如图3所示。

### 2.2 铸件变形原因分析

一般铸件变形受多重因素影响，对于精铸而言，无论是模具、蜡模、浇冒口设计、浇注温度、转运、

清理还是热处理，都可能造成铸件的变形和尺寸偏差。分析原因首先要看变形是否具有规律性，若变形不具有规律性，则一般都是操作过程造成的，如蜡模开模过早、浇注后冷却时间不足即转移铸件、清理振捣不当及热处理装炉不规范等均会造成不规律的铸件变形；而该批铸件变形具有一定的规律性，且经过对蜡模进行测量，确认蜡模无变形，可以排除各工序操作不当造成变形的原因。

经过初步分析认为，铸件变形从浇注位置的法兰纵向顶部开始，这是由于浇冒口不只是起到将金属液浇入型腔的作用，还要有一定的补缩功能，这样浇冒口的热节就要达到一定数值才能满足补缩需求，设置较为厚实，在凝固收缩过程中最后凝固，在浇冒口凝固过程中由于收缩大，产生较强的向内拉应力，型壳强度不足以抵抗该应力造成的铸件变形，致使上部法兰向内收缩变形，如图4所示。



图3 法兰面变形情况

Fig. 3 Deformation situation of flange surface

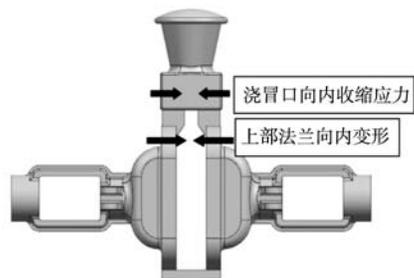


图4 铸件变形主要原因

Fig. 4 Main causes of casting deformations

### 3 防变形措施研究

#### 3.1 降低浇注温度

由于型壳冷却速度较快，金属液浇入后表层快速结壳，补缩时间短，易出现浇不足、冷纹和缩孔等铸造缺陷，所以工艺要求浇注温度在1 590~1 610 ℃范围内。然而浇注温度越高收缩越大，内部铸造拉应力也越大，易造成铸件的变形。基于此，初步考虑将浇注温度适当降低，以减小冒口收缩应力，决定将浇注温度控制在1 570~1 590 ℃范围内，进行试验浇注。经包内测温1 575 ℃时进行浇注，共浇注5组10件盖架整体铸件。清壳后对铸件进行现场测量，如图5所示，测量数据如表1所示。

由表1数据显示，10件产品仅3件无变形或变形在0.5 mm以内，其余变形量均在1~2.5 mm，其中上下差值在1.5 mm以内的铸件6件，差值超过1.5 mm的铸件4件，变形情况未有明显改善，且部分铸件表面存在冷隔、铸字浇不足等问题。

#### 3.2 减小浇冒口

由于浇冒口厚大，在凝固过程中浇冒口最后凝固，收缩应力过大，引起浇冒口根部收缩变形。为了

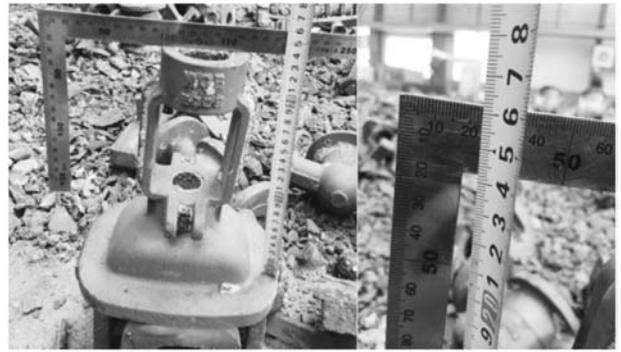


图5 铸件实际尺寸检测  
Fig. 5 Actual size detection of casting

减小因浇冒口收缩引起的法兰变形，拟定将浇冒口减薄，以减小凝固收缩过程中冒口部位的收缩造成的铸件变形，减薄浇口杯下部结构，如图6所示。

共试验焊接组树5组10件产品，浇注工艺仍按照原工艺要求执行。清壳后对铸件进行现场测量，测量数据如表2所示。

由表2数据显示，此次10件产品较之前变形情况有明显改善，变形量差值在1.5 mm以内的8件，所占比较大提高，仅有2件变形量差值超过1.5 mm，试验证明

表1 降低浇注温度后铸件实际测量尺寸  
Tab. 1 The actually measured sizes of the castings after decreased pouring temperature

序号	法兰冒口端/mm	法兰底端/mm	上下差值/mm
1	241	239.5	1.5
2	241	239	2
3	240.5	239.5	1
4	241	239	2
5	242	239.5	2.5
6	240	240	0
7	240	239.5	0.5
8	241	239	2
9	240	239	1
10	240	240	0

表2 减小浇冒口尺寸后铸件实际测量尺寸  
Tab. 2 The actually measured sizes of the castings after the gate and feeder sizes were reduced

序号	法兰冒口端/mm	法兰底端/mm	上下差值/mm
1	241	240.5	0.5
2	241	239	2
3	240.5	239	1.5
4	242	239.5	2.5
5	240	239	1
6	241	240	1
7	240	240	0
8	240	239	1
9	241	239.5	1.5
10	241.5	240	1.5

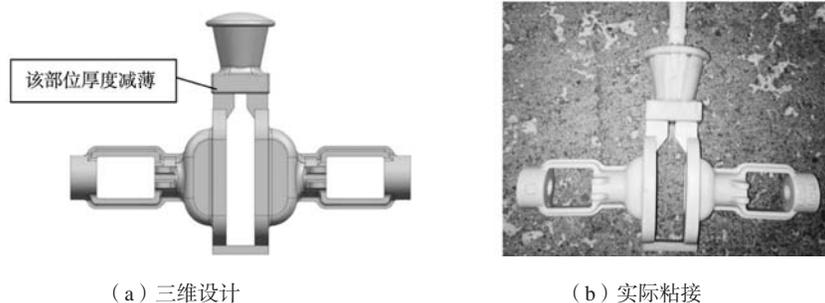


图6 浇冒口试验组树图

Fig. 6 Diagram of assembling tree for the gate and feeder test

减小浇冒口确实能够减小上部收缩变形，但冒口切割后发现其中有4组内浇口根部有缩孔情况，如图7（b）（c）所示。分析认为此处缩孔的产生是由于浇口减薄，内浇口上部热节减小，且补缩液量不足造成。这样就对浇注过程要求更为严格，需要浇注后再冒口补

浇。因该铸件较小，若每组进行补浇不但增加了浇注工人的工作量，也降低了工作效率，且受人为因素影响较大，不利于产品质量控制，因此该方案并不能很好改善产品质量稳定性。



(a) 切割掉的浇冒口

(b) 缩孔

(c) 缩孔

图7 浇冒口切割图

Fig. 7 Gate and feeder cutting diagram

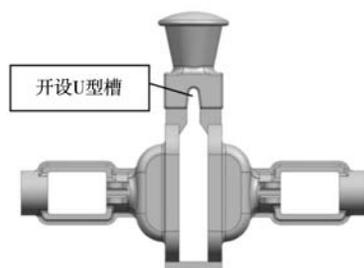
### 3.3 浇冒口内部增加收缩阻碍设置

经过以上两次试验后，通过分析认为既然减小浇冒口收缩方案行不通，那就从阻碍收缩入手，应当想办法在浇冒系统上进行改进，要既能保证浇冒口的补缩效果又能减小浇冒口收缩对铸件产生的拉应力。最终决定在浇冒口下部开U型槽的方式进行试验，由于在制壳时U型槽内能够全部填满型砂，使U型槽变成刚性型砂块，如图8（b）所示。刚性砂块能够有效阻碍浇口杯下部浇冒系统的收缩，防止因收缩过大造成的铸件法兰变形，另外由于U型型砂完全被金属液包裹，散热慢，冒口液态持续时间长，能够保证冒口的补缩效果，且U型结构的型壳能够有效分解钢液的冲刷应力，防止钢液飞溅，使钢液较为平稳地进入型腔，还能有效地减少因钢液冲击造成的破壳漏钢及夹砂缺陷等优点。本次共试验焊接组树5组10件产品，浇注工艺仍按照原工艺要求执行，清壳后对铸件进行现场测量，测量数据如表3所示。

由表3实测数据可以看出，铸件上下变形量均小于1.5 mm，能够满足加工变形要求，且大部分尺寸上下

表3 增加收缩阻碍设置后铸件实际测量尺寸  
Tab. 3 The actually measured sizes of the castings after added shrinkage block set

序号	法兰冒口端/mm	法兰底端/mm	上下差值/mm
1	240	240	0
2	240.5	240	0.5
3	240.5	240.5	0
4	240.5	240.5	0
5	240.5	240	0.5
6	241	240.5	0.5
7	241	240	1
8	240	240	0
9	240	234	0
10	240.5	240	0.5



(a) 三维设计



(b) 实际粘接

图8 浇冒口下部开U型槽阻碍收缩

Fig. 8 Prevent shrinkage through opening a U-shaped groove under the gate and feeders

一致,无变形,试验表明,U型槽专用浇道能够有效阻碍浇道收缩,防止铸件上下变形,切割浇冒口后内浇口根部均未发现明显缩松、缩孔缺陷,此方案可行。

## 4 入库检验

为了确保铸件入库合格率,在采取专用U型槽浇冒口工艺优化后,另做专用纵、横双向入库检验样板,进行逐件入库检测,如图9所示,能够进一步防止不合

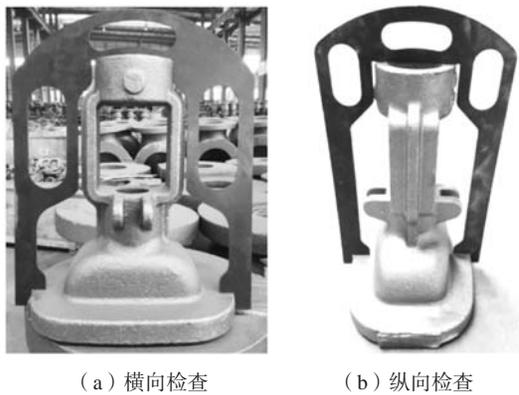


图9 样板检验铸件变形情况

Fig. 9 Deformation situations inspecting with the templates

### 参考文献:

- [1] 陆培文. 实用阀门设计手册 [M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [2] 姜不居. 铸造手册: 第6卷 [M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [3] 邵啊新, 周东子. 一种大口径闸阀阀体复合精密铸造工艺 [J]. 铸造技术, 2021, 42 (11): 964-968.
- [4] 车顺强, 景宗梁. 熔模精密铸造实践 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [5] 包彦堃, 陈才金, 朱锦伦. 熔模精密铸造技术 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2012.

# Deformation and Solution of Integral Precision Casting of Valve Cover and Support of Cast Steel Gate Valve

SHAO A-xin  
(Zhonghong Valve Co., Ltd., Handan 056700, Hebei, China)

### Abstract:

The overall design of gate valve cover and support is an effective way to reduce the production cost of gate valve and improve the market competitiveness. However, due to the complex structure after the valve cover and support are connected, the casting is easy to deform, especially the flange deformation caused by the solidification shrinkage stress of the gating and feeding system, which brings certain production difficulties to precision casting manufacturers. After many tests, a kind of precision casting process scheme of a special gating and feeding system with U-shaped groove has been successfully developed, which can be used to effectively prevent the deformation problem caused by shrinkage during solidification process of casting.

### Key words:

gate valve; cast steel; valve cover and support integral casting; precision casting; U-shaped groove runner; deformation

格品流入加工车间。

## 5 结论

(1) 针对盖架整体铸件在铸造过程中无论是采用降低浇注温度还是减小浇冒系统来减小铸件的变形量,都不是最佳方案,且还会带来铸件表面冷隔、铸字浇不足、内浇口根部缩孔等新的问题。

(2) 制作带有U型槽的专用浇冒系统不但能够有效阻碍浇冒口向内收缩,大大减小冒口收缩应力对铸件尺寸的影响,而且由于U型槽内型砂散热慢,延长冒口液态时间,增强了浇冒口的补缩效果,这很好地解决了以上难题,防止铸件变形,显著提高了盖架整体铸件的成品率,为今后其他盖架整体铸造提供了有效的理论和试验依据。同时U型结构的型壳能够有效分解钢液的冲刷应力,防止钢液飞溅,使钢液较为平稳地进入型腔,还能有效减少因钢液冲击造成的破壳漏钢及夹砂缺陷等优点。

(3) 对于易变形结构做专用检验工装,能够有效地避免不合格品流入下道工序,减少返工成本,提高工作效率。