

砂型铸造船用锡青铜三通旋塞阀体

夏久林<sup>1</sup> 杨为勤<sup>2</sup>

(1.重庆科创职业学院基础教学部; 2.武昌船舶重工集团有限公司)

**摘 要** 通过对结构复杂、材质为锡青铜 ZCuSn10Zn2 的船用三通旋塞阀体的铸造过程进行研究,介绍了锡青铜的铸造特性,并讨论了三通旋塞阀体铸造工艺。结合两种法兰间不同夹角的三通旋塞阀体的结构特点,对阀体的砂型铸造工艺进行了研究。生产出品质优良的三通旋塞阀体铸件。在 2.4 MPa 压力下进行水压试验合格,有效地降低了阀体的泵漏率。

**关键词** 锡青铜;三通旋塞阀体;砂型铸造

**中图分类号** TG146.1<sup>+</sup>1;TG242 **文献标志码** A

**DOI**:10.15980/j.tzzz.2022.10.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Sand Casting Marine Tin Bronze Three-Way Plug Valve Body

Xia Jiulin<sup>1</sup>, Yang Weiqin<sup>2</sup>

(1.Chongqing Creation Vocational College; 2.Wuchang Shipbuilding Industry Co., Ltd.)

**Abstract:** The casting process of three-way cock valve body for marine with complex structure and made of tin bronze ZCuSn10Zn2 was investigated. The casting characteristics of tin bronze were introduced, and the casting process of three-way cock valve body was discussed. Combined with the structural characteristics of three-way plug valve body with different angles between two flanges, the sand casting process of the valve body was improved to produce three-way cock valve body castings with high quality. The hydraulic test at 2.4 MPa is qualified, effectively reducing the pump leakage rate of the valve body.

**Key Words:** Tin Bronze, Three-way Plug Valve Body, Sand Casting

在化工、天然气、冶金、建筑、暖通、船舶等行业中,经常存在着输送液体、气体的管路系统,锡青铜旋塞阀广泛使用。ZCuSn10Zn2 锡青铜在大气、蒸气和流速较小或静止的海水中有良好的耐蚀性能,故船用阀体件还是经常选用。多通旋塞阀还能适应多通道管路结构,一个旋塞阀能够获得多个通道。因此使管道系统的设计得到简化,大大减少了连接配件,但这也导致锡青铜多

通旋塞阀的结构较为复杂,铸造难度较高。与锡青铜普通旋塞阀相比,船用旋塞阀用于舰船(尤其是对于深水潜器),在水压试验中,对承受泵压有着更高的要求。阀体件泵压压力越高,形体尺寸越大,形状越复杂,泵漏的概率也就越高。特别是法兰之间为 120° 的三通旋塞阀体,要求以 2.4 MPa 压力下进行水压试验不泄漏,且尺寸较大,形状复杂,因此,其铸造工艺难度很大。

收稿日期:2021-12-25;修改稿收到日期:2022-02-12

第一作者简介:夏久林,男,1983 年出生,副教授,重庆(402160),E-mail:s002320@126.com

引用格式:夏久林,杨为勤. 砂型铸造船用锡青铜三通旋塞阀体[J]. 特种铸造及有色合金,2022,42(10):1 306-1 308.

XIA J L, YANG W Q. Sand casting marine tin bronze three-way plug valve body[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(10): 1 306-1 308.

[8] GU D, WANG H, CHANG F, et al. Selective laser melting additive manufacturing of TiC/AlSi10Mg bulk-form nanocomposites with tailored microstructures and properties[J]. Physics Procedia, 2014, 56(56): 108-116.

[9] 薛菁, 王俊, 孙宝德. TiB<sub>2</sub> 颗粒增强铝基复合材料的研究进展[J]. 材料热处理技术, 2009, 38(24): 43-47.

[10] 向新, 秦岩. TiB<sub>2</sub> 及其复合材料的研究进展[J]. 陶瓷学报, 1999 (2): 112-117.

[11] KING W E, BARTH H D, CASTILLO V M, et al. Observation of keyhole-mode laser melting in laser powder-bed fusion additive manufacturing[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2014, 214(12): 2 915-2 925.

[12] 王泓乔. Al 基纳米复合材料机械合金化制备及选区激光熔化成形研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2015.

[13] 廉清, 吴一, 王浩伟, 等. TiB<sub>2</sub> 增强 Al-Si 复合材料激光增材制造工艺及性能研究[J]. 热加工工艺, 2017, 46(22): 113-117.

[14] LIU G, ZHANG G J, JIANG F, et al. Nanostructured high-strength molybdenum alloys with unprecedented tensile ductility [J]. Nature Materials, 2013, 12(4): 344-350.

[15] 耿楠楠, 徐志锋, 梁祥. 退火及深冷处理对 SLM 成形 ZL114A 合金组织及性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2021, 41(2): 189-194.

(编辑:刘卫)

1 旋塞阀体材料分析

1.1 ZCuSn10Zn2 合金的化学成分及力学性能

ZCuSn10Zn2 的化学成分和力学性能见表 1<sup>[1]</sup>。

表 1 ZCuSn10Zn2 合金的化学成分及力学性能  
Tab.1 Chemical composition and mechanical properties  
of ZCuSn10Zn2 alloy

| $w_B/\%$ |          |    | 室温力学性能(砂型铸造) |            |           |            |
|----------|----------|----|--------------|------------|-----------|------------|
| Zn       | Sn       | Cu | 抗拉强度/MPa     | 屈服强度/MPa   | 伸长率/%     | 硬度(HB)     |
| 1.0~3.0  | 9.0~11.0 | 余量 | $\geq 240$   | $\geq 120$ | $\geq 12$ | $\geq 685$ |

1.2 合金的铸造特性

ZCuSn10Zn2 锡青铜的结晶温度范围宽,呈糊状凝固,补缩困难,易产生缩松和枝晶偏析,不易得到组织致密的铸件<sup>[2]</sup>。这是导致铸件在较高压力泵压试验过程中容易泄漏的主要原因。锡青铜的吸气倾向比黄铜大。当合金液含气量较高时,铸件在泵压试验过程中也容易泄漏。另外,锡青铜的氧化倾向比铝青铜、黄铜小<sup>[3~5]</sup>,不需要设置复杂的挡渣系统<sup>[6]</sup>,浇注系统可以从分型面处开入<sup>[7]</sup>。此外,要尽量减少铸件加工余量,保护激冷层,对铸件气密性的提高有益<sup>[8]</sup>。

2 旋塞阀体的铸造工艺

旋塞阀体的壁厚都较薄且均匀,但法兰的壁厚相对较厚,相交处容易产生缩松、缩裂,造成泄漏。

对于三通旋塞阀体,由于形体较大,且流道复杂,加上阀体壁厚较薄,容易发生合金液冷隔、浇不足的现象,故在浇注系统流程距离不能太长。

ZCuSn10Zn2 锡青铜吸气倾向较高,对于泵压要求较高的铸件,在金属液出炉后,要对其充分搅拌,以减少含气量,这对于提高旋塞阀体的耐泵压能力有利。

2.1 法兰间为 90°夹角的三通旋塞阀体

图 1 为三通旋塞阀铸件。可以看出,有 3 个圆法兰和 1 个菱形法兰,3 个圆法兰间夹角为 90°。该阀体除

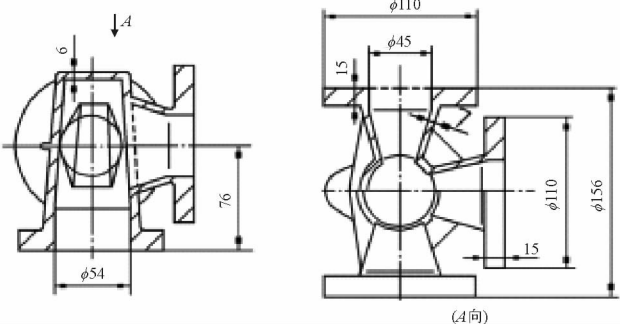


图 1 三通旋塞阀体(90°)铸件图

Fig.1 Schematic diagram of three-way cock valve body(90°)

了锥套端部的壁厚为 6 mm,其余阀体壁厚为 7 mm,3 个圆法兰的壁厚均为 15 mm,菱形法兰的厚度为 16 mm,铸件质量为 10.5 kg。

由于阀体壁厚与法兰厚度相差较大,在相交处容易产生缩松、缩裂,在泵压为 1.8 MPa 时容易产生渗漏。故特别要注意对法兰的补缩。由于 3 个圆法兰间夹角为 90°,故分型面与浇注位置可以有两种方案进行选择。

2.1.1 初始铸造工艺方案

初步铸造工艺方案见图 2。其优点是木模自中间脱活,一个法兰置于顶部,且进行脱活(插销脱活),将木模从型腔中取出。将泥芯分为 1 号和 2 号泥芯。加工余量为 3 mm,外模收缩率为 1.0%,芯盒收缩率为 0.5%。

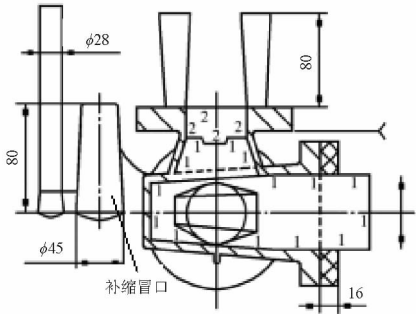


图 2 三通旋塞阀壳(90°)的铸造工艺图

Fig.2 Process diagram of three-way cock valve shell(90°)

在法兰顶部设置了两个尺寸为 45 mm×22 mm×80 mm(高)腰圆形冒口。在另外两个法兰的外圆处各设置 1 个  $\phi 45$  mm×80 mm 的补缩冒口。在菱形法兰外侧设置 1 个厚度为 16 mm 石墨冷铁。

该三通旋塞阀体铸件质量为 10.5 kg,浇注质量为 17 kg,工艺出品率为 62%。对之前生产的三通旋塞阀体统计,泵压渗漏率为 14%左右。

2.1.2 改进铸造工艺方案

采用 1 个整体泥芯能保证下芯准确,对原铸造工艺进行了改进,见图 3。由于锥套大端木模无法直接从型腔中取出,采用挂销脱活(即燕尾槽脱活)的方法。

在两端法兰处各设置  $\phi 45$  mm×80 mm 的补缩冒口 1 个;在中间法兰上方设置尺寸为 50 mm×17 mm×90 mm(高)冒口。因锥套顶部设置  $\phi 10$  mm 的出气冒口,有利于气体排出。在菱形法兰底部设置 1 个厚度为 16 mm 石墨冷铁。采用  $\phi 28$  mm 的直浇道;横浇道截面尺寸为 24 mm×20 mm,内浇道尺寸为 34 mm×12 mm。型、芯砂都采用粘土干模砂,烘干温度为 420~450 ℃,烘干时间为 4 h,浇注温度为 1 170~1 190 ℃。铸件质量为 10.5 kg,浇注质量为 16.2 kg,工

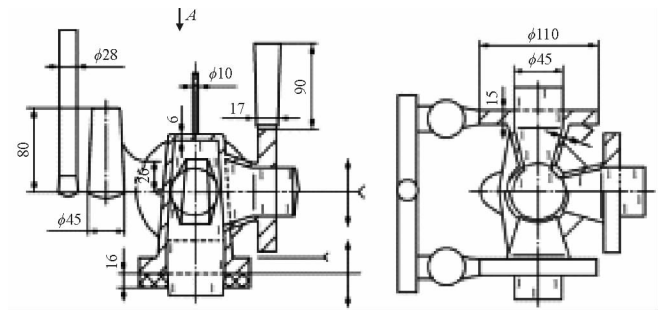


图 3 三通旋塞阀壳(90°)的铸造工艺图

Fig.3 Process diagram of three-way cock valve shell(90°)

艺出品率为 65%，略有提高。泵压时的渗漏率在 3% 左右，效果较好，而且还简化了操作难度。

## 2.2 法兰之间为 120° 的三通旋塞阀体

图 4 是法兰之间为 120° 的三通旋塞阀。可以看出，该阀体有 3 个法兰，壁厚均为 17 mm，3 个法兰间夹角为 120°。该阀体锥套壁厚为 10 mm，锥套小端呈台阶状，阀体壁厚为 8 mm，铸件质量为 13.5 kg。技术要求为在 2.4 MPa 下进行水压试验，持续 5 min 不渗漏。

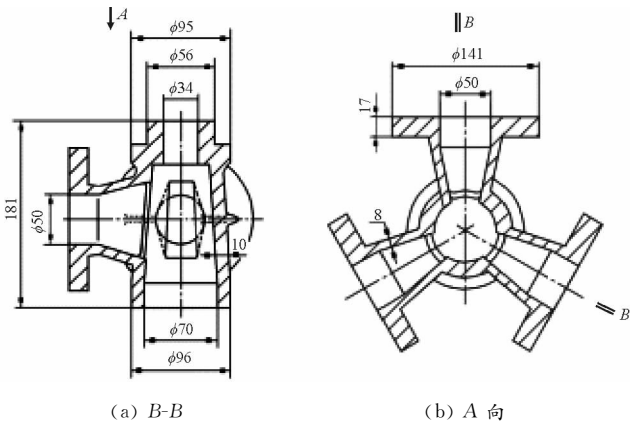


图 4 三通旋塞阀体(120°)铸件图

Fig.4 Schematic diagram of three-way cock valve body(120°)

分型面与浇注位置见图 5，因锥套小端有一个台阶，且锥套大端起模方向，故锥套无论小端还是大端，木模均无法直接从型腔中取出，只能对木模采用挂销（即燕尾槽结构）的方法进行脱活，见图 5 中虚线，其他条件与上例相同。

直浇道的直径为  $\phi 26$  mm；横浇道截面尺寸为 24 mm×20 mm，内浇道截面尺寸为 32 mm×15 mm。在中间法兰上方设置了尺寸为 80 mm×20 mm×74 mm 的冒口；在另外两个法兰的外圆处各设置 1 个  $\phi 50$  mm×95 mm 的补冒口。在锥套大端的底部设置 1 个厚度为 16 mm 石墨冷铁。

在 ZCuSn10Zn2 锡青铜液出炉后，要对其充分搅拌，以减少金属液中的含气量，能明显提高旋塞阀体的耐泵压能力。铸件质量为 13.5 kg，浇注质量为 19 kg，

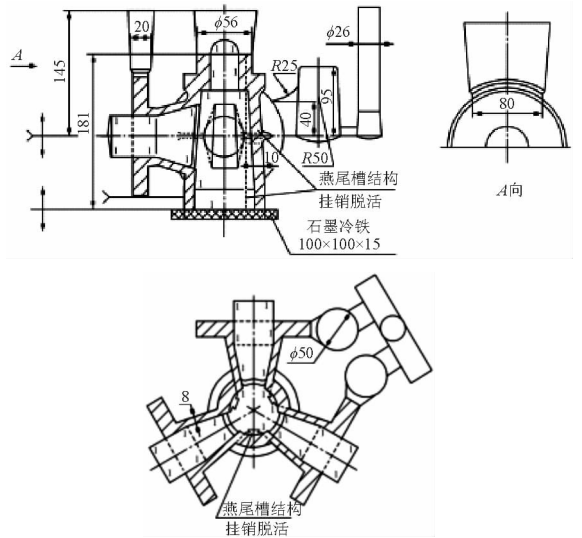


图 5 三通旋塞阀体(120°)的铸造工艺简图

Fig.5 Process diagram of three-way cock valve body(120°)

工艺出品率为 71%。按此工艺生产出多批次品质良好的三通旋塞阀体铸件。泵压渗漏率在 7% 左右。

## 3 结 论

(1) 法兰之间为 90° 的三通旋塞阀体分型工艺方案，木模从型腔中取出相对简单，而法兰之间为 120° 的三通旋塞阀体，木模从型腔中取出难度很大，在木模上要采用夹角互为 120° 的 3 处品字形的挂销脱活方法。

(2) ZCuSn10Zn2 锡青铜吸气倾向较高，对于泵压要求较高的铸件，在铜液出炉后，要对其充分搅拌，以减少金属液中的含气量，能明显提高旋塞阀体的耐泵压能力。

## 参 考 文 献

- [1] 《铸造有色合金手册》编写组. 铸造有色合金手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1984.
- [2] 戴圣龙. 铸造手册第 3 卷·铸造非铁合金[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [3] 苏磊, 刘春梅, 杨为勤. 船用铝青铜直角截止阀体的铸造工艺改进[J]. 铸造, 2022, 71(2): 206-209.
- [4] 熊举华, 黄力. 异形三通阀壳的砂型铸造工艺[J]. 铸造, 2017, 66(10): 1115-1118.
- [5] 蓝卫东, 黄力. 船用硅青铜通海阀壳的砂型铸造工艺[J]. 铸造技术, 2017, 38(11): 2776-2780.
- [6] 《铸造有色合金及其熔炼》编写组. 铸造有色合金及其熔炼[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981.
- [7] 董延军, 杨为勤. 锡青铜三通旋塞阀壳的铸造工艺设计[J]. 铸造, 2022, 71(6): 779-782.
- [8] 余世德. 改善锡青铜阀门气密性问题的探索[J]. 铸造, 2005, 54(1): 83-85.

(编辑: 刘卫)