

船用锡青铜四联阀箱的砂型铸造工艺

魏良庆<sup>1</sup> 杨为勤<sup>2</sup>  
(1.重庆科创职业学院;2.武昌船舶重工集团有限公司)

摘要 锡青铜四联阀箱结构复杂,且要承受 4.5 MPa 的水压试验,因锡青铜组织疏松,渗漏是主要缺陷,砂型铸造时工艺难度较高。介绍了锡青铜 ZCuSn10Zn2 的铸造特性,分析了四联阀箱的结构及可能产生的问题,给出了相应的铸造工艺特点。通过采取适当的措施,有效地将四联阀箱的渗漏情况控制在较低的水平,满足了批量生产的需要。

关键词 锡青铜;四联阀箱;砂型铸造;渗漏

中图分类号 TG146.1<sup>+</sup>1 文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.01.032

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Sand Casting Technology of Marine Tin Bronze Four-way Valve Box  
Wei Liangqing<sup>1</sup>, Yang Weiqin<sup>2</sup>  
(1.Chongqing Creation Vocational College;2.Wuchang Shipbuilding Industry Co., Ltd.)

Abstract: Tin bronze four-way valve box has complex structure which is subjected to the hydraulic strength test of 4.5 MPa. Due to the loose structure of tin bronze, leakage is a main defects to be solved, leading to difficulty in sand casting. The casting characteristics of tin bronze ZCuSn10Zn2 was introduced, and the structure and possible problems of four-way valve box were analyzed, and the corresponding principles and casting process were presented. The leakage of the four-way valve box was effectively controlled at a low level through appropriate measures in order to meet the needs of mass production.

Key Words: Tin Bronze, Four-way Valve Box, Sand Casting, Leakage

船用四联阀箱用于舰船上的海水管路系统,材质为 ZCuSn10Zn2 锡青铜,以 4.5 MPa 的液压进行强度试验,不能有泄漏。由于四联阀箱的腔室多、结构复杂,铸件的表面积相对较大,且水压试验要求较高,导致充型及补缩都有一定难度;另一方面,铸件在水压试验过程中产生渗漏现象也较为严重。由于锡青铜的可焊性差,一般来说,阀体铸件的渗漏常会导致产品直接报废。因此,锡青铜四联阀箱铸造时的废品率很高,铸造工艺难度很大。

### 1 ZCuSn10Zn2 锡青铜的铸造性能

锡青铜具有良好的耐磨性、耐蚀性,同时还具有足够的强度和一定的塑性,常用于制造耐磨和耐蚀零件,如轴套、轴瓦和要求耐蚀的管配件、阀门、泵体等。铸造锡青铜中的 Sn 含量在 4%~10% 时,随着 Sn 含量增加,合金塑性下降而强度提高。当 Sn 含量继续增加,将导致合金的塑性急剧下降,使合金的性能显著恶化。

但 Sn 含量控制在 4%~10% 时,合金的结晶温差大(最大接近 200 ℃)、流动性差、补缩困难,易形成偏析和疏松,导致铸件的致密性差<sup>[1]</sup>。锡青铜不易形成集中缩孔,所以不用很大的补缩冒口即能获得完整铸件。因为锡青铜线收缩率不大,故铸件变形、冷裂的倾向较小。ZCuSn10Zn2 合金的化学成分、力学性能见表 1<sup>[2]</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) |          |       |        |
|----------|---------|----|--------------|----------|-------|--------|
| Sn       | Zn      | Cu | 抗拉强度/MPa     | 屈服强度/MPa | 伸长率/% | 硬度(HB) |
| 9.0~11.0 | 1.0~3.0 | 余量 | ≥240         | ≥120     | ≥12   | ≥685   |

锡青铜 ZCuSn10Zn2 除了具有很好的耐磨性外,具有良好的耐蚀性能,被广泛地用在海水中工作压力不高的船用阀门。Zn 能缩小锡青铜的凝固范围,提高合金流动性,降低缩松倾向产生。虽然锡青铜 ZCuSn10Zn2 含有 2% 的 Zn,但结晶范围较宽,产生缩

收稿日期:2022-04-23;修改稿收到日期:2022-05-26

基金项目:重庆市教委 2021 年度科学技术研究项目(KJQN202105402);重庆市永川区科技局 2021 年度自然科学基金资助项目(2021yc-jckx20034);重庆科创职业学院 2020 年度校级重点项目(20KC01)

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

引用格式:魏良庆,杨为勤. 船用锡青铜四联阀箱的砂型铸造工艺[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(1):142-144.  
WEI L Q, YANG W Q. Sand casting technology of marine tin bronze four-way valve box[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(1):142-144.

松的倾向很大,不易得到组织致密的铸件,耐水压性能不好,热裂的倾向也较大。因此,在砂型铸造时,有时在低压下(1.6 MPa)铸件也会发生渗漏现象。由于Zn的蒸气压较大,在合金中有除气作用,可减少铸件产生气孔的可能性<sup>[3]</sup>。由此可见,在砂型铸造条件下,用锡青铜ZCuSn10Zn2来生产四联阀箱,并要承受4.5 MPa的水压试验,生产难度较大。

## 2 四联阀箱结构分析及铸造工艺特点

### 2.1 四联阀箱结构分析

锡青铜四联阀箱结构见图1,其尺寸为887 mm×234 mm×240 mm,为10通结构,结构复杂,阀箱的总体壁厚为9 mm,较为均匀。

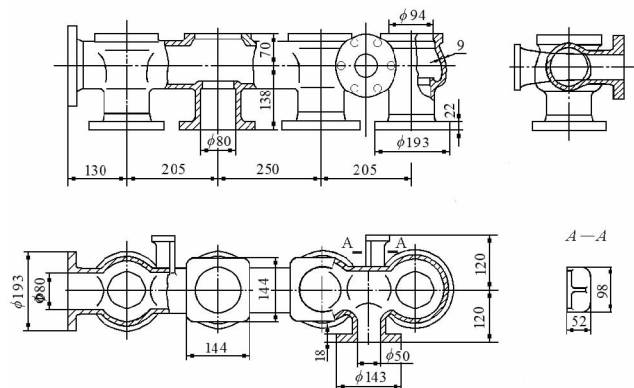


图1 四联阀箱的零件尺寸示意图

Fig.1 Schematic diagram of four-way valve box

阀箱的两个侧面各有4个圆法兰( $\phi 193$  mm×22 mm)及4个方法兰(144 mm×144 mm);长度方向上,一头封闭,另一头有圆法兰( $\phi 193$  mm×22 mm),顶部还有1个圆法兰( $\phi 143$  mm×18 mm),且下部还带有2个站脚。这种阀箱结构可能导致以下问题:一是法兰与主体壁厚相交处壁厚变化较大,易产生热裂及缩松,在水压试验时容易渗漏;二是补缩较为困难;三是脱模有一定难度;四是泥芯中的气体不易排出。

### 2.2 铸造工艺设计时要考虑的问题

①因四联阀箱的两个侧面上布置着圆法兰和相应的方法兰,故不宜在两个侧面法兰上同时设置本体冒口,以避免盖箱中的型砂不容易固定,通常在一侧设置本体冒口,而另一侧采用暗冒口或冷铁来解决补缩的问题;②对于顶部有法兰的四联阀箱,在法兰上平面应设置腰圆形冒口;③四联阀箱内腔中圆孔处需要加工,要设置石墨冷铁对内腔中圆孔处进行激冷,另外设置冷铁对站脚的下方进行激冷。对冷铁的材质要求较宽,采用铸钢、铸铁、铸铜及石墨等材料均可,而石墨加工方便,且冷铁表面处理简便,故采用石墨冷铁进行激冷;④因

四联阀箱的材质为ZCuSn10Zn2锡青铜,故砂型、砂芯均采用粘土干模砂。

## 3 四联阀箱的铸造工艺设计

四联阀箱的技术要求为:阀箱与阀盖在一起以4.5 MPa的液压进行紧密性试验,对于砂型铸造来说,已接近极限,且四联阀箱的表面积大,结构复杂,故铸造工艺的难度很高。

(1)加工余量及收缩率的确定 为了尽可能地保留加工部位的致密层,取加工余量为3 mm。模型的收缩率:取外模为1%,芯盒为0.8%。

(2)浇注位置及分型面的确定 从四联阀箱总体结构上看,以4个圆法兰直径处的水平面分型,容易脱模,故取为分型面。 $\phi 143$  mm×18 mm的圆法兰放在上部,2个站脚放在下部,确定浇注位置。顶部 $\phi 143$  mm法兰及2个底部站脚均在外模上拆活以方便起模。

(3)砂芯设置 虽然四联阀箱所有的腔室都相互贯通,但增加了顶部的圆法兰,如果采用整体砂芯的造型方案,不便于造型时下芯,故将砂芯分为1号主体泥芯和2号泥芯。1号主体泥芯有9个芯头进行定位和支撑,稳定可靠,2号砂芯的芯头则位于主体砂芯的定位坑中。

(4)浇注系统设计 锡青铜的氧化性比铝青铜和黄铜要弱,故不设置砂质过滤网,但考虑到四联阀箱铸件长度较长(887 mm)及水压试验时发生渗漏的风险,设置双层横浇道,以尽量排除氧化夹杂。直浇道截面尺寸为 $\phi 40$  mm,外层横浇道截面尺寸为42 mm/46 mm×36 mm,外层内浇道截面尺寸为32 mm/34 mm×14 mm;内层横浇道截面尺寸为28 mm/32 mm×23 mm;内层内浇道截面尺寸为26 mm/28 mm×8 mm,浇注系统的各截面比为:

$$F_{直} : F_{横1} : F_{内1} : F_{横2} : F_{内2} = 1.46 : 1.83 : 1.07 : 1.60 : 1.0$$

(5)冒口设计 在4个侧面的圆法兰上部设置本体方冒口(尺寸为120 mm×30 mm,高150 mm,两头半圆形),在4个侧面的方法兰及一端的圆法兰旁设置暗冒口4个( $\phi 80$  mm×150 mm)。在顶部圆法兰的上平面设置两个腰圆形冒口(高150 mm)进行补缩。

(6)冷铁设置 ①在阀箱腔室内水平位置的圆孔处设置1号石墨冷铁(共16块,4×1/4圈)和2号石墨冷铁(共16块,4×1/4圈);②考虑到4个方法兰处仅靠暗冒口补缩还不够可靠,在方法兰设置暗冒口位置的另一侧设置3号石墨冷铁(共8块,2×1/4圈,厚25 mm)进行激冷;③在站脚的下方设置4号铸铁冷铁(160 mm×100 mm,厚25 mm)进行激冷;④在顶部圆法兰

下方阀体凹下部位,容易发生缩裂,需设置5号异形铜冷铁(可拼接)。要注意的是,在做异形铜冷铁时,要在铜冷铁内预埋铁钉,钉尾埋在铜冷铁内,钉头露在铜冷铁之外,以便铜冷铁能挂在吊砂表面。四联阀箱的铸造工艺简图见图2。

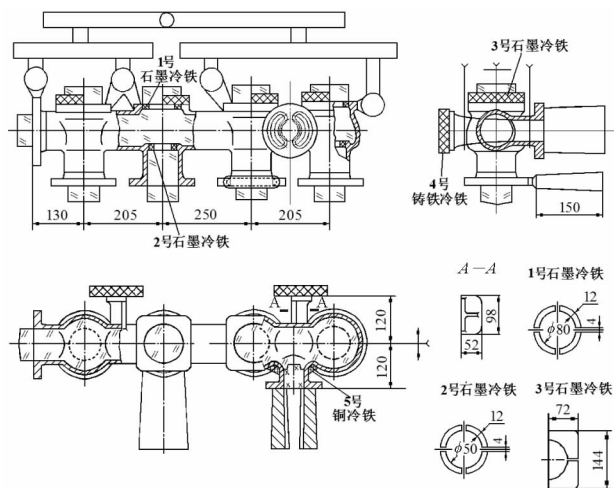


图2 四联阀箱的铸造工艺简图

Fig.2 Casting process diagram of four-way valve box

(7)其他工艺要点 砂型、砂芯均采用粘土干模砂,浇注温度为 $1\ 180\sim 1\ 220\ ^\circ\text{C}$ ,铸件质量为 $75\ \text{kg}$ ,浇冒系统质量为 $55\ \text{kg}$ ,浇注总质量为 $130\ \text{kg}$ ,工艺出品率为 $57.7\%$ 。

(8)造型操作要点 造型时在主体泥芯中埋入出气绳,对型腔与泥芯进行烘干,下芯时将出气绳抽出以形成排气通道,以避免主体泥芯在浇注时发气。由于四联阀箱泥芯较长,下芯时,可采用布条兜住平稳下落,要注意检查型腔与主体泥芯间的水路是否均匀,试盖箱时用软泥条压住主体泥芯圆弧面的上方,检查壁厚是否满足尺寸要求。在下2号泥芯时,要注意芯头在主体泥芯上的对中落位,然后在其顶部压软泥条后盖箱压实,避免出现漂浮或位移的情况。四联阀箱的表面积很大,结构复杂,该阀箱的渗漏率在 $50\%$ 以上,通过修改铸造工艺后,铸件的渗漏率降为 $30\%$ 左右。

四联阀箱要承受 $4.5\ \text{MPa}$ 的泵压试验,采用尽量可靠的铸造工艺,能够在一定程度上降低铸件的渗漏率。由于阀箱渗漏的本质问题是锡青铜组织缩松,从工艺上能改进的潜力不大,若要大幅度降低泵压渗漏率,可采用组织致密的 $\text{ZCuZn16Si4}$ 硅黄铜。采用 $\text{ZCuZn16Si4}$ 硅黄铜替代后,阀体品质良好,水压试验时的渗漏率降低至 $6\%$ 以下。加工后装艇使用,验证了该四联阀箱可由 $\text{ZCuZn16Si4}$ 硅黄铜替代。

## 4 结 语

对于锡青铜四联阀箱,在铸造工艺设计中要注意几

个问题:一是法兰与主体壁厚相交处易产生渗漏;二是补缩较为困难;三是脱模存在一定难度;四是泥芯中的气体较难排出。因锡青铜四联阀箱的两个侧面上都布置着整排法兰,故不宜在两个侧面法兰上同时设置本体冒口,通常在一侧设置本体冒口,而另一侧采用暗冒口或冷铁来解决补缩的问题。对于锡青铜四联阀箱,因其尺寸大及结构复杂,渗漏的概率高,故在模型的脱模、冒口及冷铁的设置、泥芯的组合及排气等方面,需采用更为可靠的铸造工艺,工艺出品率也相应控制得低一点。

## 参 考 文 献

- [1] 《铸造有色合金及其熔炼》联合编写组.铸造有色合金及其熔炼[M].北京:国防工业出版社,1981.
- [2] 机械工程学会铸造分会编,戴圣龙主编.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] 《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.

(编辑:张正贺)

## 《特种铸造及有色合金》征订启事

《特种铸造及有色合金》杂志是中国科学技术协会主管、中国机械工程学会铸造分会和武汉机械工艺研究所共同主办的全国性科技期刊,是对国内外公开发行的中文核心期刊,中国科技论文统计与分析用刊,SA、CA、MA、AJ、Scopus等国内外权威数据库及检索系统收录期刊,并获得全国优秀科技期刊一等奖、国家期刊奖、新中国60年有影响力的期刊、湖北省十大有影响力的自然学术期刊等。

本刊主要报道各种(黑色和有色合金)特种铸造方法、各种有色合金及复合材料成形的理论、工艺、设备、材料、测试与控制、计算机应用等方面的科技成果、生产技术和现场经验,并报道各相关学科和交叉学科,如挤压铸造(液态模锻)、半固态加工、电子封装、高熵合金、非晶合金(金属玻璃)、焊合、粉末冶金、合金化、热处理、表面处理等方面的学术研究和最新技术信息以及上述内容的国内外发展动向、行业活动、学术会议、消息动态等。

本刊诚征国内外广告,业务范围:铸造及有色合金材料、辅助材料、铸造及相关设备、铸造生产线、测控与控制设备、仪器仪表、计算机应用软件、铸造展会等。

本刊为月刊,标准(大)16开,邮发代号38-109。邮发订价每期20元,全年240元,如须快递,费用另计。全国各地邮局均可订阅,也可直接向本刊编辑部邮购,本刊还提供过刊、压铸宝典和年会专刊邮购服务。

特种铸造及有色合金杂志社(武汉)有限公司

地址:武汉市江岸区九万方路26号

邮编:430019

电话:027-85358206,85486024

传真:027-85358127

投稿网址:www.special-cast.com

邮箱:tzzz@special-cast.com

