

船用四联弯管阀箱的砂型铸造工艺

夏久林¹, 杨为勤²

(1. 重庆科创职业学院, 重庆永川 402160; 2. 武昌船舶重工集团有限公司, 湖北武汉 430064)

摘要: 硅青铜四联弯管阀箱是潜器海水管路系统中的重要阀件, 结构复杂, 且要承受较高的水压试验, 砂型铸造时工艺难度较高, 渗漏是要解决的突出问题。介绍了硅青铜的特性, 分析了四联弯管阀箱的结构, 给出了相应的工艺设计原则。针对四联弯管阀箱的典型实例, 深入讨论了几个问题: 外型脱模及砂芯下芯; 冒口补缩与冷铁激冷; 氧化夹杂的防止; 砂芯的支撑定位及气体导出; 型芯砂工艺等。有效地避免了四联弯管阀箱渗漏情况, 成功地进行了批量生产。

关键词: 硅青铜; 四联弯管阀箱; 砂型铸造; 缺陷

四联弯管阀箱用于某潜器的海水管路系统, 该类弯管阀箱的技术要求为: 阀箱与阀盖在一起以4.5 MPa的液压进行紧密性试验。该种阀箱的牌号最初设计为锡青铜ZCuSn10Zn2, 因在砂型铸造条件下, 锡青铜难以承受这么高的水压试验要求, 渗漏率曾高达60%以上。针对该情况, 设计单位在很多年前就将四联阀箱的牌号改为硅青铜ZCuZn16Si4, 使阀箱的承受水压试验的能力有较大提高。但对于硅青铜四联弯管阀箱来说, 由于阀箱结构十分复杂, 合金液中的氧化夹杂较难从冒口中浮出, 且水压试验要求高, 故铸造难度仍然较高。本文探索了船用四联弯管阀箱的砂型铸造工艺, 以期能为船用四联弯管阀箱的实际应用提供指导。

1 ZCuZn16Si4的特性分析

硅青铜ZCuZn16Si4是一种具有高耐腐蚀性能的合金, 特别是几乎没有腐蚀性破裂倾向^[1]。硅青铜铸造性能介于锡青铜与铝青铜之间, 由于含Zn量较低(16.5%左右), 合金的氧化倾向和蒸发小。硅青铜具有很好的流动性和较好的体收缩率, 容易得到组织致密的铸件。由于硅青铜ZCuZn16Si4具有高的耐腐蚀性能和致密的组织, 因此广泛用于铸造在海水中工作的阀体。

ZCuZn16Si4的化学成分、力学性能见表1及表2^[2]。

硅青铜对杂质含量的限制较严, 如Sn、Al、Mn、Fe等其他铜合金的强化元素, 在硅青铜中都是杂质。Sn形成脆性化合物分布在晶界上, 显著降低力学性能, 并增加晶间疏松、降低气密性; Al生成Al₂O₃夹杂, Mn明显降低充型能力, 影响合金的气密性和力学性能; Fe增加晶间疏松^[3]。所以硅青铜一般要求在专用坩埚中熔化, 在熔炼的过程中要严格控制杂质含量。此外, 硅青铜在400~500℃塑性和强度降低而使

表1 ZCuZn16Si4的化学成分

Table 1 Chemical composition of the ZCuZn16Si4

w_B /%

Cu	Si	Zn	Fe	Al	Mn	Sb	Sn	Pb	杂质总和
79.0~81.0	2.5~4.5	其余	≤0.60	≤0.10	≤0.50	≤0.10	≤0.30	≤0.50	≤2.0

表2 ZCuZn16Si4的力学性能(砂型铸造)

Table 2 Mechanical properties of the ZCuZn16Si4 (sand casting)

w_B /%

R _m /MPa	R _{p0.2} /MPa	A/%	HBW
345	—	15	885

作者简介:

夏久林(1983-), 男, 副教授, 研究方向为物理学、软件工程及计算物理。电话: 18166480705, E-mail: s002320@126.com。

中图分类号: TG291

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2022)

10-1311-03

收稿日期:

2022-01-10 收到初稿,

2022-03-07 收到修订稿。

合金发脆，铸造时应防止通过该温度范围时产生裂纹。

2 四联弯管阀箱的工艺设计原则

硅黄铜四联弯管阀箱的结构复杂，一般阀箱的壁厚较薄。阀箱主体的一侧带有4个方法兰；阀箱主体的另一侧都相应带有弯管，每个弯管的下方还带有圆法兰；而在阀箱主体的顶部还有圆法兰。显然，这种结构易产生以下问题：一是脱模难度较大；二是补缩较为困难；三是氧化夹杂较难浮出；四是砂芯的定位及支撑较难；五是砂芯中的气体排出有一定的难度。

由于硅黄铜的氧化倾向要小于铝青铜，其不必像铝青铜那样采用底注式的浇注系统，以便于氧化夹杂平稳上浮。对于ZCuZn16Si4的四联弯管阀箱来说，一般采用中注式的浇注系统，即从水平分型面处注入，这样能缩短合金液的流程，既能避免铸件产生浇不足，也有利于补缩，而且氧化夹杂较易浮出。

将冷铁与冒口搭配使用。在四联弯管阀箱的方法兰的一侧设置侧暗冒口进行补缩，并在另一侧设置石墨冷铁进行激冷；设置腰圆形冒口对阀箱顶部的圆法兰进行补缩；设置石墨冷铁对阀箱弯管下方的圆法兰进行激冷；设置石墨冷铁对阀箱内腔中圆孔处进行激冷。

采用先封闭后开放的浇注系统，在直浇道后设置过滤网。浇注系统的各截面比为： $F_{直} : F_{滤} : F_{横} : F_{内} = (1.5 \sim 2) : 1 : (2 \sim 3) : > 5$ 。

3 四联弯管阀箱的工艺设计

3.1 四联弯管阀箱零件概况

硅黄铜四联弯管阀箱为十通结构，零件尺寸简图见图1。在加工面上放4 mm加工余量后，长度为846 mm，宽度为328 mm，高度为274 mm，最大口径为 $\Phi 100$ mm，最小壁厚为8 mm。有10个法兰：阀箱顶部的圆法兰2个（ $\Phi 240$ mm 25 mm），弯管下方的圆法兰4个（ $\Phi 200$ mm 23 mm），方法兰（150 mm 150 mm）4个。该阀箱要求阀箱与阀盖在一起以4.5 MPa的液压进行紧密性试验。由于四联弯管阀箱的表面积很大，从而水压试验发生渗漏的概率较高。

3.2 总体铸造工艺方案的确定

(1) 浇注位置的确定。四联弯管阀箱的结构较为复杂，首先要确定浇注位置，这一方面首先要考虑方便起模的因素，另一方面要考虑到冒口补缩的因素。一般以阀箱的中部进行水平分型，以便使阀箱的主体部分能方便起模。

(2) 砂芯的设置。因阀箱顶部圆法兰下的砂芯如与主体砂芯连在一起，则不便于造型时下芯，故腔室内的砂芯分为1号主体砂芯（1个）和2号砂芯（4个）。外模上的上、下圆法兰都要拆活，以便方便起模；此外，在阀箱弯管处下砂芯会遇到阻碍，故要设

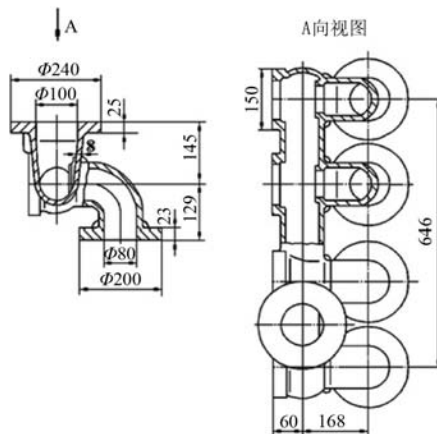


图1 四联弯管阀箱的零件尺寸简图

置3号补砂芯头4个。从四联弯管阀箱结构上还可看出，由于阀箱长度方向的两端都封闭，不能靠两端的芯头来支撑和定位，只能靠弯管下方的芯头和方法兰处的芯头来支撑和定位，工艺难度较大。

(3) 型砂工艺的确定。考虑到四联弯管阀箱的材质为硅黄铜ZCuZn16Si4，水压试验的要求高，为使阀箱铸件的外表能有一定的激冷作用，故型砂采用湿型砂，湿型砂还能使铸件外表较为光洁。考虑到砂芯结构复杂，要求有较高的强度以便于下芯，故采用粘土砂干模砂芯。即型砂工艺为湿型砂、干芯，工艺方案见图2。

3.3 浇冒系统的设置

在四联弯管阀箱顶部的两个圆法兰上各设置两个腰圆形冒口（高为160 mm）进行补缩，在方法兰的一侧设置暗冒口（ $\Phi 70$ mm \times 150 mm）进行补缩。

由于四联弯管阀箱在长度方向的尺寸较长，故将横浇道分为两道，合金液经 $\Phi 36$ mm的直浇道后进入第一道横浇道，然后通过砂质过滤网（ $\Phi 5$ mm \times 27 mm孔）进入第二道横浇道，再进入暗冒口浇入铸件。合

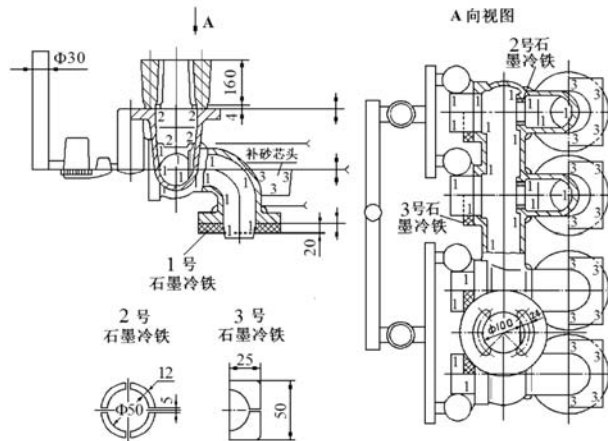


图2 四联弯管阀箱的铸造工艺简图

Fig. 2 Schematic drawing of casting process of the Quadruple bend valve box

金液经过两层横浇道及砂质过滤网后，能有效地避免氧化夹杂的铸造缺陷。

3.4 冷铁的设置

石墨冷铁的设置：①在弯管下方圆法兰底面设置1号石墨冷铁（共8块，1/2圆形，厚20 mm）进行激冷；②在阀箱腔室内水平位置的4个圆孔处分别设置2号石墨冷铁（共16块，1/4圈，厚8 mm）进行激冷；③在法兰外侧设置3号石墨冷铁（共8块，厚12 mm）进行激冷（图2）。湿型条件下，在合箱前对石墨冷铁的工作表面涂抹一层薄的机油，可防止石墨冷铁吸潮气。

3.5 其余工艺要点

弯管阀箱的外模尺寸做负公差（用于潜器，为避免超重，零件有严格的质量要求）。加工余量：除上下法兰面为4 mm，其余方法兰外侧和内腔配置石墨冷铁处均为3 mm。外模缩率为1.5%，芯盒缩率为0.8%。

3.6 四联弯管阀箱的操作要点

下砂芯时，用布条水平兜住1号砂芯平稳下落，注意弯头砂芯的芯头是否完全落位。观测1号砂芯与型腔之间的水路（即凝固后铸件的壁厚）是否均匀，然后下3号补砂芯头，同时注意1号砂芯与3号砂芯之间的水路是否均匀，试盖箱时用泥条对1号砂芯圆弧面上方作壁厚尺寸检查，必须调整到符合要求。将2号砂芯芯头下到1号砂芯上时，也要比照周围型腔尺寸进行对中，然后在2号砂芯的顶部压上一小段泥条后再盖箱，压实泥条以使2号砂芯不产生漂浮或位移。此外，在1号砂

芯的芯骨中埋入出气绳，下芯时抽出出气绳形成1号砂芯的排气通道，以利于浇注时1号砂芯发出的气体顺利排出铸型。

浇注温度为1 000~1 040 ℃。四联弯管阀箱的铸件质量为75 kg，浇冒系统质量为60 kg，浇注质量为135 kg，工艺出品率为55.5%。

4 实际生产情况

根据上述的铸造工艺及操作要点，在四联弯管阀箱的牌号改为硅黄铜ZCuZn16Si4之后，共生产出约30多件铸件，质量良好，能基本满足四联弯管阀箱4.5 MPa的水压试验技术要求，水压试验时的渗漏率小于3%。

5 结论

（1）对于四联弯管阀箱，要着重解决几个问题：一是脱模难度较大；二是补缩较为困难；三是氧化夹杂较难浮出；四是砂芯的支撑作用及定位难度较大；五是砂芯中气体要畅通排出。

（2）对于四联弯管阀箱来说，起模是首要的考虑因素，外模进行水平分型，上、下圆法兰脱活。此外，还要设置补砂芯头，便于主体砂芯的下芯，砂芯则要考虑支撑作用及便于定位，还要考虑排气问题。

（3）对于四联弯管阀箱，顶部圆法兰一般采用本身冒口进行补缩；中部方法兰一侧采用暗冒口进行补缩，另一侧则采用石墨冷铁进行激冷；弯管下方的圆法兰及阀箱内腔的某些部位采用石墨冷铁进行激冷。

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] 中国机械工程学会铸造分会组编.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.

Sand Mold Casting Process of Marine Quadruple Elbow Valve Box

XIA Jiu-lin¹, YANG Wei-qin²

(1. Chongqing Creation Vocational College, Yongchuan 402160, Sichuan, China; 2. Wuchang Shipbuilding Industry Co., Ltd., Wuhan 430064, Hubei, China)

Abstract:

Silicon brass quadruple elbow valve box is an important valve in the seawater pipeline system of submarine. It has complex structure and has to bear high hydrostatic test. The process is difficult in sand casting, and the leakage is a prominent problem to be solved. The characteristics of the silicon brass were introduced, the structure of the quadruple elbow valve box was analyzed, and the corresponding process design principles were given. In view of the typical case of the quadruple elbow valve box, several problems were deeply discussed: external mold stripping and sand core setting; riser feeding and chill; prevention of oxidation inclusion; support and positioning of sand core and gas export; core sand process, etc. The leakage of the quadruple elbow valve box was effectively avoided, and the batch production was carried out successfully.

Key words:

silicon brass; quadruple elbow valve box; sand casting; defects