

大型船舶艏管轴承冷装工艺探讨

于旻,汪荣顺,顾建明

(上海交通大学 制冷与低温工程研究所,上海 200030)

提 要 本文从实用出发,提出大型船舶艏轴承采用冷装工艺方法,并进行了分析计算。

主题词 艏轴管 轴承 氮 喷淋冷却 过盈 安装

1 引言

船舶航行时,艏轴承要承受螺旋桨回转时的不均匀悬臂负荷以及艏轴和螺旋桨回转时的附加振动,可见,艏轴承安装的好坏将直接影响船舶的正常航行。目前,艏管轴承传统压装一直存在轴毂镗孔质量要求高、压装风险大、功效低下等问题。为了解决以上问题,必须采用新的安装工艺。新的工艺不仅会缩短施工周期,而且也能够节省工人的体力,降低施工的风险。

2 安装工艺现状

机械式压装方法是国内大部分船厂采用的艏轴承安装工艺。此工艺操作费力,并且由于活塞行程很短,轴承长度相对过长,所以也很费时,不利于缩短造船周期。采用机械式压装方法,压装过程中也会使轴承表面磨损,使过盈量减小,不利于按照原有的过盈量进行配合;有时还可能使配合表面拉烧或咬死在一起,使轴承报废。

用树脂浇注艏轴管轴承是近些年兴起的新工艺,此工艺对船厂的机械加工设备及加工水平的要求很高,目前国内只有少数船厂采用此项安装工艺。

国外还有采用,在艏轴管所在分段合拢前,就将艏轴承安装到艏轴管内,然后合拢分段的安装工艺。采用这一工艺,合拢分段时,必须保证艏轴管的中心线与轴系中心线重合。这项技术对焊接工艺要求很高,目前国内还没有采用这种工艺的。

艏轴承采用冷装安装工艺在小型船舶上可以使用,由于小型船舶的艏轴承尺寸较小,一般为赛龙轴

承,可以放在盛有液氮、液氧或干冰的容器中,通过液氮、液氧或干冰的气化吸热原理,使轴承温度降低,体积收缩,这样,艏轴承和艏轴管的过盈配合就变成了间隙配合,可以轻而易举地将艏轴承装入艏轴管内,将艏轴承调整到适当的位置,当艏轴承温度回升后,就完成了安装过程。这种安装工艺省时省力,在小型船舶艏轴承安装工艺上经常使用。

大型船舶都是采用外层为铸铁内衬巴氏合金的材料。这种轴承由两种金属制成,而且两种金属的线胀系数又不相同(巴氏合金线胀系数大于铸铁的),如果浸在液氮或液氧里会使两层金属之间产生较大的应力,同时在如此低的温度下,也会影响巴氏合金的机械性能。目前,大型船舶上还未使用上述冷装的方法,

3 合金轴承冷装工艺的可行性分析

根据两种金属的线胀系数不同,我们采用液氮喷淋的冷却方式,让线胀系数小的铸铁先冷却,线胀系数大的巴氏合金后冷却,以减小两种金属之间的应力。下面以某船的艏轴承为例,通过计算来进一步说明。

3.1 计算依据

材料外层为 FC250(即灰口铁,国标为 HT250)内衬巴氏合金。巴氏合金有很多牌号,不同牌号的物理性能也不相同,但是基本上都在同一个数量级上,我们取其平均值(见船厂艏轴承样本)。

设计过盈量为 0.02~0.05mm,为了保险起见,极端过盈量取为 0.3mm。

灰口铁的线胀系数为 $8.5 \sim 11.6 (\times 10^{-6} K^{-1})$,热导率为 $40 \sim 60 W/(m \cdot K)$;巴氏合金的线胀系数为 $23 \times 10^{-6} K^{-1}$,热导率为 $35 W/(m \cdot K)$ 。

3.2 冷缩温差计算

冷缩公式: $L_t = L_0(1 + \alpha_t \Delta t)$,

式中 L_t —— t °C 时金属的长度;

L_0 ——0 °C 时金属的长度;

α_t ——金属的线胀系数;

Δt ——温差。

$$\Delta t = \frac{L_i - L_0}{L_0 \alpha_i} = \frac{-0.3}{605 \times 10 \times 10^{-6}} = -49.6(\text{K})$$

冬天工况下,极端最低温度约 -65°C 。

3.3 液氮喷淋热流密度

由于巴氏合金的线胀系数大于铸铁的线胀系数,采用液氮喷淋的冷却方式,先冷却铸铁,后冷却巴氏合金。简化为圆筒壁的导热问题。

喷淋压力为 $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$;质量流量为 $1.5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$;铸铁表面为光滑表面,由相关文献可得,铸铁表面热流密度在 $20 \sim 60 \text{ kW/m}^2$ 。通过圆筒壁面的热流量为

$$\Phi = 2\pi r l q = 2 \times 3.14 \times 0.325 \times 1.08 \times 30 \times 10^3 = 66128.4(\text{Wm})。$$

根据船厂图纸,取 $d_1 = 506 \text{ mm}$, $d_2 = 514 \text{ mm}$, $d_3 = 605 \text{ mm}$;根据《机械工程手册》和相关文献,取 $\lambda_1 = 35 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$; $\lambda_2 = 50 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 。

通过两层圆筒壁的导热热流量为

$$\Phi = \frac{2\pi l(t_1 - t_3)}{\frac{\ln(d_2/d_1)}{\lambda_1} + \frac{\ln(d_3/d_2)}{\lambda_2}}。$$

温差

$$t_1 - t_3 = \frac{\Phi}{2\pi l} \left(\frac{\ln(d_2/d_1)}{\lambda_1} + \frac{\ln(d_3/d_2)}{\lambda_2} \right) = 36.2^\circ\text{C};$$

$$t_1 - t_2 = \frac{\Phi}{2\pi l} \frac{\ln(d_2/d_1)}{\lambda_1} = 4.4^\circ\text{C}。$$

3.4 冷缩量计算

铸铁与环境的温差为 -49.6 K ,巴氏合金的内径温差为 -13.4 K ,外径温差为 -17.8 K 。

[上接第9页]

符合有关规定和要求。

3 做好资料管理的几点体会

资料管理工作看似平凡、琐碎,但确实需要高素质的人员来负责。多年来我在市政工程钢结构制作监理的资料管理中积累了一些经验和体会,作交流和参考。

(1) 监理资料管理工作贯穿于项目工程的建设、监理全过程。要做好监理资料管理工作,除了遵守有关的法律、法规外,在工作中应认真负责,一丝不苟,把繁琐的文档积累溶入细微的工作中。随着技术的不断更新、发展,作为专职的资料员还必须加强各方面学习,不断地吸收工程建设中的新技术、新工

巴氏合金的外径收缩量为

$$15.6 \times 514 \times 23 \times 10^{-6} = 0.18(\text{mm});$$

铸铁的内径收缩量为

$$33.7 \times 514 \times 10 \times 10^{-6} = 0.17(\text{mm})。$$

3.5 结论

在冷却到最低温度 -65°C 时,对铸铁和巴氏合金的机械性能不会有影响。

铸铁和巴氏合金的收缩量也很相近。

4 结束语

这一冷装工艺还需要作进一步的实验研究,并且需要设计制作实用的工装,以便于轴承的吊运和对中安装,从根本上缩短施工周期,节省工人的体力,降低施工的风险。

5 参考文献

- 1 顾正全,赛龙艉轴承过盈配合冷冻安装工艺. 渔业现代化,2000,(6);
- 2 郑金宝,向正峰. 液氮喷淋传热实验研究. 低温工程,1993,(2);
- 3 罗红英,高旗. 300TEU 船艉轴承液压安装技术. 造船技术,2003,(3):26
- 4 袁晓梅. 油尼龙在船舶艉轴承上的应用. 中国修船,1996,(3);
- 5 宋美纹. 进一步提高我国造船技术水平. 造船技术,1997,(7):1
- 6 杨世铭,陶文铨. 传热学. 第3版. 北京:高等教育出版社,1998.
- 7 机械工程手册 电机工程手册编辑委员会,编. 机械工程手册·第3卷 机械工程材料. 第2版,北京:机械工业出版社,1996.

艺、新方法、新材料等新的知识,才能适应管理的需要,以便把监理资料管理工作做得更完善、更全面。

(2) 随着建设工程的进展,作为专职资料员必须了解整个项目工程,从工程实体到材料应用;熟悉相关的施工工艺及施工规范等文件;配合整个监理组工作,及时收集、整理施工各阶段资料,负责监理资料的汇总,同时对资料进行复核,检查资料是否完整、符合规范要求,如有问题及时协助监理工程师督促有关部门进行整改。经我的努力,卢浦大桥的钢结构制作监理资料获得了卢浦大桥指挥部的表扬。

4 参考文献

- 1 建设工程监理规范,GB50319-2000.
- 2 建设工程文件归档整理规范,GB/T50328-2001.