

钛合金在船舶上的应用

杨蓬勃

(广州船舶及海洋工程设计研究院)

关键词: 钛合金管 机械加工 安装

近几十年来,船舶管系的材料在不断发展和完善,尤其是近几年来随着工业加工技术和材料使用要求的不断提高,新型工业材料不断地得到认可,而船舶管路材料也在向多元化发展,双相金属材料、复合材料、合金材料等都不断地得到使用,本文就合金材料类中的钛合金(TA2)管在实船上的使用进行介绍。

一 钛合金管机械加工

1 钛合金管加工要求

钛合金管与普通钢管相比有其特殊的加工要求,首先在储存时要避免与碳钢等直接接触;下料切割时使用专用的切割机、不锈钢锯片、不含铁质的砂轮或等离子切割机;开支孔管可用等离子切割或等效机械加工方法,以避免异种金属产生电化腐蚀;弯制可采用表面镀铬或铜的夹具、弯模和插芯;对薄壁钛管采用拖板代替滚轮,并且在管子内径和塞芯工作部分应涂润滑油;对于管壁比较薄的管子在弯制时应采用高频弯管机,管子困紧的表面衬以防皱板,加工时有时需要填砂弯,使用不含铁质的砂子,加工完毕后可按 CB/T3790 的要求进行检验,弯曲半径不小于3倍管径,以防止管子椭圆度和褶皱超标;焊接过程中要保持环境清洁,环境温度应 $>0^{\circ}\text{C}$,自然风速应小于 2m/s ,以免影响焊接质量。

2 钛合金管的焊接要求

钛合金的焊接由经考核的师傅担任,氩气的纯度不低于99.99%,焊丝采用与母材同牌号或高于母材纯度的焊丝,焊接时焊缝处可用无水酒精、丙酮进行清洗,钨极采用铈钨极或钍钨极,焊丝和零件有特殊要求时可进行酸洗,酸洗后应冲洗干净,凉干或烘干,烘干温度 $40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。酸洗配方见表1,管材对接型式见表2,法兰对接型式见表3。

表1 酸洗配方

酸洗液配方	规范
氢氟酸 HF 5% 硝酸 HNO_3 35% 水 H_2O 60%	洗 2-5 分钟 注:酸洗前钛管必须进行清洁

表 2 管材对接型式

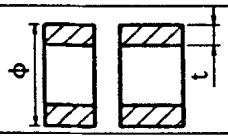
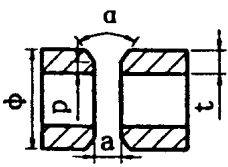
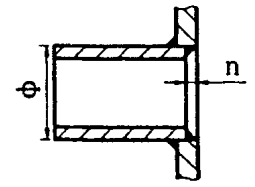

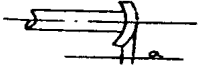
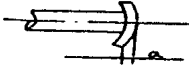

接头型式	壁厚 S(mm)	α	间隙 a(mm)	钝边 p(mm)	焊缝成型 方式	备 注
	1-2	—	0-1.5	—	单面焊 双面成型	
	>2	65°-80°	0-1.5	0-1	单面焊 双面成型	坡口角度以壁厚 t 决定,原则上:t 越小,α 越大,t 越大,α 越小。

表 3 法兰对接型式

接头型式	壁厚 S(mm)	间隙 a(mm)	管伸长量 n(mm)	焊缝成型 方式	备 注
	< φ120	管与法兰 间隙 0.5-1	2-5	自熔焊里 口填充焊 角焊缝	
	> φ120	管与法兰 间隙 0.5-1.5	5-10	内外均填 充焊接	

管子与法兰的连接一般都采用双面焊,法兰焊接完毕后,管子与法兰的几何形状在建造过程中按表 4 的要求进行验收检验。

表 4 管子与法兰焊接要求

序号	项 目	公称通径	偏差范围	略 图
1	法兰直角度 θ	200 ~ 300	$\leq 20'$	
		< 200	$\leq 30'$	
2	法兰面弯曲 a	200 ~ 300	≤ 1.0	
		< 200	≤ 0.5	
3	管子弯曲 a	≥ 40	$< 1.5\text{mm/m}$	
4	法兰螺孔偏移 a	≤ 100	≤ 0.5	
		> 100	< 1	

焊接检查:焊点牢固,正反面保护良好,焊点要小而薄。点焊起弧应在焊缝区内或起弧板上。如采用手工钨极氩弧焊(或非溶化极自动氩弧焊接),参照表 5 进行选择。

表5 手工钨极氩弧焊接参照表

壁厚 mm	焊接电流 A	焊丝 Φ (mm)	喷嘴直径 Φ (mm)	氩气流量 升/分	焊接层次	备注
1	45-60	1.5	8-10	8-12	1	
2	80-110	2	8-10	8-12	1	
3	120-140	2	10-12	10-14	1-2	
4	130-160	3	12-16	10-14	1-2	
5	104-170	3	12-16	10-14	1-2	
6	150-180	3-4	12-16	12-16	2-3	
8	160-190	3-4	12-16	12-16	2-3	
10	170-200	3-4	12-16	12-16	3-4	

焊接时填充的焊丝端部不应离开保护区,焊接完毕,焊缝冷却到 300℃左右后可拿去焊枪和拖盒,钨极伸出长度原则上不超过 12mm,钨极和焊缝成 90°角,钛材施焊时不应有水和有机物,施焊采用直流电源正接法,多层多道焊,下道焊缝应在前一道焊缝无污染的情况下进行,手工多层焊或非溶化极自动氩弧焊,焊接纵环焊缝一次填充高度不应超过 6mm。焊缝的外观不应存在裂纹、气孔、夹渣、焊瘤、未溶合、凹坑等缺陷,并且咬肉深度一般不超过 0.5mm,咬边连续长度不超过 80mm,焊缝两侧咬边的总长度一般不超过该焊缝长度的 8%,焊接完毕后进行清理,可用焊缝外观颜色判断焊接质量。

对焊接质量的要求:平板对接、管对接、管板焊接、筒体纵环焊缝易施焊的角焊缝等均以 3 级以上为合格。不易焊接的部位以 5 级以上为合格。焊缝顶用丙酮清洗干净,不平整的焊缝需打磨,由粗到细,最后用 120 目细金刚纱布进行精磨。管系制造完毕后必须按照相关系统图技术要求做水压试验,试验时应先将管内空气排除干净,然后按规定逐级增加试验压力,当达到试验压力时,应该将该压力保持 5 分钟,管材不得发生畸变和泄漏。保持水压的同时还应检查各个焊接点,用木锤间断地敲击,如发现泄漏,应卸载补焊,并重新试验。

3 钛合金管的清洗和搬运要求

清洗方法:以 80℃热水冲洗,再用冷水冲洗,反复数次,直到清洁度符合要求。每隔 30~120 分钟检查一次滤网,如果连续三次滤网的清洁度均符合要求,则本阶段的清洗为合格。用纯净水清洗的系统,通过测取导电率的方法判定。已成型的弯管可用白布通过的方法检查清洗质量,用石蕊纸抽试管子内外表面有无残留酸碱液存在,清洗完毕后吹干、擦净、保养、封口。管子的储存和吊运需用专用的绝缘的吊带索具,包括棕绳、尼龙绳和外包橡皮的钢丝绳。按照所需要安装的区域标号并妥善保管,管与管之间以及管与其他金属材料之间要用绝缘材料隔开以防止电化腐蚀。

二 钛合金(TA2)管系的安装

安装管路前检查管子、附件是否清洁,管路的安装应考虑冲击、振动、热膨胀、中心线错位、船体变形的影响,以保证设备和管路的安全运行。应考虑进行操作、检验、维修的通达性,两根管子的末端应自然对准,管子的接头之间,以及管子与垫板、设备、通舱管件等连接

(下转第 3 页)

- 3 新型客渡船应专门针对当地主要渡运对象而设计。要注意船型尺度的合理选取、主甲板及载客甲板的划分,在确保其安全情况下,提高其操纵性和运营经济性并兼顾美观、舒适。
- 4 考虑到山区航段水流急、河道狭窄、河水变化无常等情况,新型标准化客渡船要确保其抗沉性,设置一定数量合理的水密横舱壁,使船舶即使在发生碰撞的情况下也能有良好的抗沉性。
- 5 要根据各渡口渡运的实际情况、航道、水流及渡运成本等选择机动还是非动船,对于非机动船要特别注意其型线的设计,在确保安全情况下尽量减少阻力,方便渡工渡运。

六 结束语

新型标准化客渡船开发研究是交通和海事部门服务社会的具体体现,是一项“民心工程”,标准化的客渡船大大提高了船舶的安全性,更保证了从源头上管好水上交通安全。

本小型横水客渡船开发研究项目的完成仅仅是一个良好的开端,韶关地处山区,河道狭窄,水流湍急,各渡口渡运情况都不相同,河水变化无常,特别是山洪暴发季节,对客渡船的安全威胁甚大。因此,要切实妥善解决小型横水客渡船的定型问题还需要一个不断总结不断改进的过程,同时还应有一定的资金投入,建议有关单位今后能继续高度关注小型横水客渡船的定型问题,开发出更多类型的适用于各种不同河段和渡口的优良船型。

=====

(上接第 32 页)

处均应放置衬垫。衬垫应具有足够的强度,在压力作用下不脱出、不溶解、不侵蚀,衬垫的边缘不应盖住管子或附件的流通截面,内孔一般比通径大 1~2mm。

管子之间的连接可采用斯特拉勃接头,如果采用法兰连接要使用不锈钢螺栓。联接螺栓和螺母之间应该有可靠的锁紧措施,防止因为冲击和振动而松动,法兰和法兰之间采用绝缘材料做的垫片。

管系安装的顺序,应是先大口径后小口径。管与管接头法兰应尽可能相互错开,不应安装在同一截面上,通舱型式在规范允许的情况下可采用 RISE 通舱管件。一般管系在规定的压力下,液压试验历时 20 分钟,压力降不得超过 5%。在密性试验发现泄漏时,应在压力完全消除后进行修复,缺陷消除后进行第二次加压试验,当各管段工作压力不同时,按规定的压力进行分段试验。

三 钛合金管的应用体会

实践证明,钛合金具有的诸多优点将会成为船舶建造过程中选用的材料之一,但由于与常用钢材相比其加工成本和价格太高,所以目前只在一些特殊高速船建造中得到应用,但不同的制造工艺和加工方法是需要去了解 and 认识,并且在实践中逐步得到完善。