

船舶焊接工艺评定概述

王凌宇, 许祥平, 邹家生

(江苏科技大学 材料科学与工程学院, 江苏 镇江 212000;)

摘要: 由于焊工对于焊接工艺要求不熟悉, 船舶焊接质量难以得到保证。通过进行焊接工艺评定, 生成焊接工艺规程, 指导焊工操作, 提高船舶焊接质量。文章介绍了焊接工艺认可流程、船舶焊接工艺现状及焊接检验等, 供船舶焊接技术人员参考

关键字: 船舶; 焊接; 工艺

焊接技术广泛应用于船舶、汽车、核电、航空航天等领域。自 20 世纪初以来, 它已应用于船舶制造, 船舶焊接工艺评定是造船企业进行焊接工艺设计和控制船舶焊接结构质量不可缺少的重要环节之一。在船体建造中, 焊接工时约占船体建造总工时的 30%~40% ,焊接质量是评价造船质量的重要指标, 焊接效率直接影响到造船周期和船舶建造成本。接工艺认可工作应做得充分完善,有关焊接方面的问题在生产前能得到解决,那么船舶或船用产品的建造修理工作将会顺利进行;相反如果在开工前有关焊接工艺未取得认可或做得不够,那么在生产中出现了问题才匆忙补做焊接试验及工艺认可工作,就会影响正常的生产作业进度。进行焊接工艺评定试验,为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性及试验过程进行评价,做到及早发现焊接缺陷,把焊接缺陷限制在一定的范围内,以确保船舶航行安全和水上人的生命财产安全。焊接技术进步对推动造船发展具有十分重要的意义。

1 船舶焊接工艺现状

2002 年以来,我国船舶工业进入高速发展时期,在国际船舶工业中占据着越来越重要的地位。相应地,船舶焊接工艺也取得了发展进步,为船舶工业的发展起着重要作用。尤其是新世纪以来,焊接工艺在船舶工业中的应用水平不断得以提高,使得焊接材料、焊接设备以及焊接方法得以不断更新。

国内重要的造船厂积极学习国外先进技术,并引进国外平面分段装焊流水线,采用自动焊单面焊双面成形新工艺,同时,对船体平面分段构架的焊接也逐步采用半自动或者自动气体保护角焊工艺,大大提高了焊接效率,促进了焊接工艺水平的提高。CO² 气电垂直自动焊工艺在船台大合拢时,焊接垂直对接缝中广泛

被采用，可以使长达 15~30cm 的对接缝稳定牢靠地被焊接在一起，使得焊接效能得以提高，远远超过了旧有技术下的效能。国内造船厂主要应用的是晶闸管式 CO₂ 气保焊机，随着焊接技术的提高，逆变式 CO₂ 气保焊机的应用频率正逐步提高。CO₂ 气保护焊机的应用和推广，可以减少焊材的用量，减少焊工数量，降低焊接工艺的成本，提高焊接效率，对焊接工艺的发展有着深远影响。

随着船舶焊接工艺的逐步进步和向国际化发展方向靠拢，焊接材料也随之得到更新。目前，国内造船工艺中，主要使用到焊条、CO₂ 气体保护焊丝和埋弧焊材等焊接材料。其中，在建造船体时，主要使用普通手工焊条、重力焊条以及高效铁粉焊条。CO₂ 气体保护焊丝按制造工艺的不同，一般分为实芯焊丝和药芯焊丝；按生产用途的不同，则一般分为普通药芯焊丝、金属粉芯药芯焊丝和垂直气电焊专用药芯焊丝，以及其他的专用焊丝。

2 焊接工艺认可流程

做好焊接前焊缝的质量控制。通过开展焊接前的焊缝检验工作，可以为后期焊接工作的开展，提供有力的保障，是一种非常好的焊接质量控制策略。对于船体焊接检验人员来说，其应该严格遵循焊接工艺的相关要求，并结合船舶的实际情况，根据标准的相关要求，认真做好资料的查找工作，及时了解曲面和平面分段接缝装配精度要求，通过外板展开图来掌握不同船体部位应该采用什么样的坡口形状，并认真做好坡口形状的检测工作，对不同的焊接部位，采用不同的坡口形状，认真对坡口形状进行检查，让检验人员及时了解各个位置焊接坡口的形状精度，充分保证焊缝的质量。

在提交焊接工艺评定试验方案和进行焊接工艺评定前，结合造船焊接实际情况，厂方首先要向船级社提交一份拟认可的焊接工艺评定试验方案。船舶制造过程中，须进行对于船舶和船用产品的制造厂常用可焊接钢材焊接结构生产前的焊接工艺认可。通常焊接所在接受焊接工艺申请单后，编制试验计划书(PWPS)，并将试验所用的材料清单下发到车间。焊接车间的焊接操作人员依据试验计划书，完成焊接工艺评定试验。焊接所将对试验数据审核，如果符合要求将形成焊接工艺评定报告(PQR)，进而生成焊接工艺规程(WPS)指导船舶的焊接作业。其中船级社对焊接工艺评定试验方案的审查包括：(1) 检测、试验的项目能否满足规范要求；(2) 检测、试验试验试样的加工能否满足规范要求；(3) 每一项试验结果的规

定值是否符合规范要求等。焊接工艺评定现场试验按照审查后的焊接工艺评定试验方案进行，通常验船师须见证试验全过程。焊接工艺评定现场试验按照审查后的焊接工艺评定试验方案进行，通常验船师须见证试验全过程。现场试验结束后，由船厂整理试验结果，编制工艺试验报告，提交船级社审核。经确认合格后，船级社将在焊接工艺评定试验报告上签署，签发“焊接工艺认可证书”。

3 船舶焊接接头工艺认可

在船舶焊接工艺认可中，常见的焊接接头主要有板对接工艺认可试验、板管对接工艺认可试验、板角接工艺认可试验与板管板角接工艺认可试验。通过焊接工艺认可，确定焊接接头性能是否达到使用要求。

板对接工艺认可力学性能项目主要有拉伸、弯曲冲击、硬度和宏观金相。焊接试板的取样方向如图 1，试件的取样位置如图 2。具体要求如下：

(1) 焊缝横向拉伸试样 2 个；

(2) 焊缝横向正反弯试样各 2 个。若试件厚度大于或等于 12mm 时，可改取侧弯试样 4 个；若对接焊的两块试板材料不相同，允许将横向正反弯曲试样改为纵向正反弯曲试样进行试验；

(3) 应根据热输入范围、焊接工艺和试件板厚确定冲击试样的取样位置，制取冲击试样若干组（每组 3 个试样）；

(4) 焊缝断面宏观检查与硬度测试试样各 1 个（一般应在有焊道接头处截取）。母材规定最小屈服强度低于 355N/mm^2 的钢材可免做硬度试验；

(5) 焊缝金属纵向拉伸试样 1 个（仅在焊接材料尚未认可时）；若采用一种以上焊接方法或使用多种焊接材料制作试验焊缝，其试样的截取应从除去第一焊道或根部焊缝金属所用的焊接方法或焊材以外的每个焊接区域截取。

管对接工艺认可试验认可力学性能项目有拉伸、弯曲冲击和宏观金相，取样要求同板对接工艺认可试验，但比板对接工艺认可试验缺少了纵向拉伸和侧向弯曲。板角接工艺认可试验试件所选用的母材和焊接材料应符合焊接工艺计划书的要求，试件焊毕后应进行外观检查和表面进行渗透或磁粉检测。如试板规定最小屈服强度大于或等于 420N/mm^2 ，且焊后不进行热处理时，无损检测应延迟 48 小时进行。板角接工艺认可试验认可力学性能项目破断与宏观断面检查。管板角接的试样如图 5 所示，取样位置按照管子周长的四等分截取。管板角接工艺认可

试验认可力学性能项目宏观断面，检查对每个焊缝断面作宏观检查 (至少其中一个断面应包含熄弧/引弧点)。

4 船舶焊接接头检验

做好焊接前焊缝的质量控制。通过开展焊接前的焊缝检验工作，可以为后期焊接工作的开展，提供有力的保障，是一种非常好的焊接质量控制策略。对于船体焊接检验人员来说，其应该严格遵循焊接工艺的相关要求，并结合船舶的实际情况，根据标准的相关要求，认真做好资料的查找工作，及时了解曲面和平面分段接缝装配精度要求，通过外板展开图来掌握不同船体部位应该采用什么样的坡口形状，并认真做好坡口形状的检测工作，对不同的焊接部位，采用不同的坡口形状，认真对坡口形状进行检查，让检验人员及时了解各个位置焊接坡口的形状精度，充分保证焊缝的质量。

外部焊接质量问题：(1)由于焊接工艺出现不合理设计或是焊接工艺不灵活，使其局部应力增大导致变形出现，很大程度上降低了压力容器的安全性；(2)焊接工作进行时，由于使用电流强度不够的焊接设备，出现焊缝的宽度变窄现象，导致焊接的尺寸不符合要求；(3)焊接设备的工作电流过大、焊接技术的选择不规范，导致出现咬边现象；(4)由于不恰当的焊接工艺，导致出现凹陷等缺陷。

内部质焊接量问题：(1)由于留在焊接池中的气泡没有及时逸出、金属表面被少量油污染，造成气孔的出现；(2)由于焊接设备电流强度不符合标准、焊接操作太快或焊道不平整等产生炉渣，通常出现在非平滑位置，如槽的边缘；(3)由于焊接接头未完全熔化时，两个焊接部分之间存在一定间隙，不能很好地集成，影响压力容器的稳定性和密封性。目前的常用检测技术主要包括以下几种类型：目视检验(VT)、液体渗透检测(PT)、磁粉检测(MT)、涡流检测(ET)、超声波检测(UT)和射线检测(RT)。

结语

随着时代的不断发展，对船舶建造提出了更高的要求。焊接工艺评定对保证船舶的焊接质量和提高船舶焊接效率具有一定的指导意义，也可以促进船舶焊接工艺水平的提高。认真做好焊接工艺评定和质量控制工作，能够避免出现严重的焊接质量问题，保证船舶的安全航行。

参考文献

- [1]中国船级社.《材料与焊接规范》[S].2018
- [2]中国船级社.《船舶焊接检验指南》[S].2017
- [3]刘清泉.船体建造中焊接检验与质量控制[J].化学工程与装备,2020(06):210-211.
- [4]李鸣.小型船舶焊接工艺[J].江苏船舶,1999(02):3-5.
- [5]文大勇.试析船舶焊接工艺的应用与发展[J].中国水运(下半月),2012,12(07):89-90.
- [6]毛教康.船舶制造的焊接工艺评定与实施[J].沿海企业与科技,2008(03):39-42.
- [7]刘林,张弛.论船舶焊接工艺的发展现状及焊接变形的研究[J].科技创新与应用,2014(25):68.
- [8]郭建航.船舶焊接质量评价与分析[J].船舶物资与市场,2020(05):9-10.
- [9]杨俊.小型船舶焊接工艺缺陷及改进展望[J].科协论坛(下半月),2009(08):123-124.
- [10]郑惠锦,陈家本.船舶焊接与可持续发展[C].中国造船工程学会修船技术学术委员会船舶维修理论与应用论文集第八集(2005—2006年度).:中国造船工程学会,2006:301-305.



江苏船舶微信公众号, 欢迎关注, 欢迎投稿!