

船焊中心研发部部长
刘鹏飞

船用焊接材料 研究现状及进展

中国船舶重工集团公司第七二五研究所 (河南 471039) 刘鹏飞 张 晓 吴伦发

随着世界经济的发展和国际贸易的活跃,世界各国对船舶的需求量不断扩大。这就促使全球的造船企业不断采用先进技术,提高生产效率,增强自身的竞争力。作为现代船舶建造关键工艺技术之一的船舶焊接技术水平的提高对增强造船企业的竞争力具有不可忽视的作用。

在船体建造中,焊接工时和成本各占船体建造工时和成本的30%~50%,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,焊接工艺、焊接材料和焊接设备三者基本上决定了焊接生产效率。因此,近年来新型高效焊接材料及相关工艺技术在船舶工业中获得了较快的推广应用。本文对船用焊接材料的现状及发展做一个初步的探讨。

一、船用焊接材料的特点

船舶制造及使用的特殊性对船用材料提出了特殊的要求,船用焊接材料的特点主要表现在以下几个方面。

(1) 船用焊接材料需适应高效、自动化的造船焊接技术要求 船舶结构焊接是船舶建造中工作量最大的工序之一,因此在实际建造过程中为了提高效率,在焊接过程中会优先采用大规范焊接技术及自动化焊接等高效焊接技术,这就对焊接材料提出了较高的要求,使得焊接材料需适应大规范焊接,最大限度地适应自动化方法。

(2) 船用焊接材料需具有稳定的质量及性能 船舶的工作环境较为特殊,主要工作在具有腐蚀性、水波周期冲击的环境中,因此要求船用焊接

材料的力学性能及化学成分比较稳定,从而避免在腐蚀和周期性水波冲击的情况下,因焊缝的力学性能和化学成分的变化而造成的腐蚀开裂等事故,影响船体的安全性。

(3) 船用焊接材料需具有合适的屈强比和较高的韧性 较高的屈强比会降低船舶的安全性,而较低的屈强比会降低船体的稳定性。考虑到船用焊接材料与船用材料的匹配,船用焊接材料也需具有一定的屈强比和较高的韧性。

二、国内外船用焊接材料的现状

目前,世界船舶建造涉及到的金属材料主要包括黑色金属的低合金钢和不锈钢,有色金属的铜合金、铝合金和钛合金。采用的焊接方法主要有焊条电弧焊、气体保护焊、埋弧焊、MIG焊及电渣焊等,涉及到焊条、实芯焊丝、药芯焊丝和埋弧焊丝—焊剂等焊材。所用这些焊接材料均体现了多样化、专一化和高效化的特点。

(1) 手工电焊条 船体建造用焊条主要有普通手工焊条、高效铁粉焊条及重力焊条。普通手工焊条多为低氢碱性,如E4315、E5015系列,分别适用于一般强度和高强度船体结构钢。高效铁粉焊条主要用于部件较短的角焊缝。重力焊条常用于平焊和角焊,且焊缝相对较短、比较集中的部位。

韩国一直占据国际造船市场的重要地位,韩国的现代、三星、大宇等造船企业目前主要采用韩国现代、高丽等焊材生产厂家提供的焊接材料,主要采用S-4301.1、S-7048.V等焊条;日本的统一、今治等船厂主要采用日本神钢生产的B-14、LB-

52-18等焊条；国内船厂如大连、江南等造船企业所使用的焊条有国产的CHE47、CHE421Fe18D等焊条。

上述这些船用焊条多为生产效率较高的向下立焊焊条或铁粉焊条等。目前，国内外该类焊材与国外同类焊材的差距不大。目前我国造船工业手工电焊条使用比例不大，手工电焊条主要用于特种船舶某些主要部位的焊接。

(2) 实芯焊丝 船用低合金实芯焊丝由于制造工艺相对简单，在20世纪末得到了快速发展，主要用于490MPa以下级别的船舶结构的构架角焊、分段焊、大接缝等制造过程中。目前，日本、韩国船舶制造企业多使用SM-70S、MIX-50等CO₂气体保护焊焊丝，我国造船企业在重要部位选择国外进口与母材匹配的实芯焊丝，也可采用国内厂家生产的JQ.MG60-G、CHW-50C3等实芯焊丝；对于船舶上的不锈钢或有色金属结构，国内外多采用知名厂家生产的与母材匹配的焊接材料进行焊接。目前，实芯焊丝在船舶建造中的用量趋于稳定，国内此类焊丝与国外同类焊丝还有一定差距，主要表现在焊丝的纯净度，焊丝性能的稳定性及规范的适应范围方面。

(3) 药芯焊丝 目前，船舶建造所用的焊接材料中，用量最大的是CO₂气体保护药芯焊丝，世界上大中型船厂使用率超过了70%。CO₂气体保护药芯焊丝种类很多，可分为钛型渣系药芯焊丝、金属粉芯药芯焊丝、垂直气电焊专用药芯焊丝及其他专用焊丝。

钛型渣系药芯焊丝多为碳钢有缝钛型焊丝，该类焊丝电弧稳定，飞溅少、脱渣容易、焊缝成形美观，有良好的焊接工艺性能和焊缝力学性能，适用于强度490MPa级船用钢结构的焊接。目前国内外船厂常用的钛型渣系药芯焊丝有韩国现代的SF-71、日本神钢的DWA-50、国内的CHT711和JQ.YJ501-1等牌号焊丝。金属粉芯药芯焊丝具有熔敷效率高、飞溅损失少、扩散氢含量低、熔渣量少、耐油漆性、耐气孔性好等优点，因此，特别适合于船体建造的焊接。目前国内外常用的船用金属粉芯药芯焊丝主要有韩国的SC-70H Cored、日本的MX-100T、国产的JQ.YJ503MX-1和THY-J50MX等。垂直气电立焊药芯焊丝主要用于船舶建

造大合拢阶段船体外板的中厚板对接焊缝，由于焊接热输入量大，因此对焊材韧性要求高。目前国内外使用的主要是国外产品，尽管国内已有多家焊材制造企业具有气电焊药芯焊丝的制造能力，但焊缝性能及工艺稳定性方面与国外焊材相比还有一定差距。

(4) 埋弧焊材 埋弧焊一直是船厂焊接的主要方法之一，但由于受焊接位置限制，仅适合在较长、平直对接焊缝中应用，因此埋弧焊材用量基本维持在船用焊材总量的10%~15%。埋弧焊材中，焊丝的制造工艺相对简单，而埋弧焊缝质量和性能更大程度上受到焊剂影响。目前，船用焊剂有熔炼型、烧结型两种，其中烧结型焊剂显现出逐步替代熔炼型焊剂的趋势，目前国内外常用的船用埋弧焊材主要生产商有韩国现代，日本神钢、奥林康、大西洋、金桥等。比较国内外埋弧焊焊剂发现，可能由于原材料或生产工艺原因，国内焊剂的S、P含量不够稳定，焊剂的粒度差距较大，影响到国内焊剂的竞争力。

三、我国船用焊接材料存在的问题及发展趋势

经过40多年发展，我国船舶焊接材料在材料品质、种类和生产规模方面有了很大提升，促进了造船工业焊接技术的发展。但我们也要看到，我国船用焊接材料的整体品质还有待提高，船用焊接材料的研发视角还不够独特。

存在的主要问题如下：①船用焊材开发视角不够开阔，高端焊材的国产化进度缓慢。②对焊接材料的基础理论研究不够，使得船用焊接材料的开发周期较长，开发出的产品不能完全满足用户需求。③国产船用焊接材料品种少、专用化程度低。④船舶焊接材料质量还有不足，焊接材料持续改进力度不够。

针对以上问题，国内焊接材料生产企业不仅要开展焊接材料的应用研究，而且还要加强基础理论研究，建立自己的基础理论体系。此外还要多与用户交流或互相合作，多了解用户的需求，拓展开发思路。最后还要规范化生产过程，严格控制原材料品质，从而研制生产出具有国际竞争力的焊接材料。

船用焊接材料未来的发展趋势有以下几方面：

上海振华重工(集团)股份有限公司总工
沈大明

海洋工程产品国产焊材的应用及焊接研究

上海振华重工(集团)股份有限公司 (200125) 沈大明

1. 概述

近年来,上海振华重工(ZPMC)在转型发展中大力进军海工市场,成功制造了多条多功能铺管船、大型浮吊(亦称浮式起重机)等海工产品。如7500t全回转浮吊、8000t双臂架浮吊(见图1、图2),以及正在建造的12 000t单悬臂全回转浮吊等。这些产品臂架所选用的钢材(Q690E)和焊材均为国产,达到了国际同类产品的制作标准和水平。



图1 7500t全回转浮吊

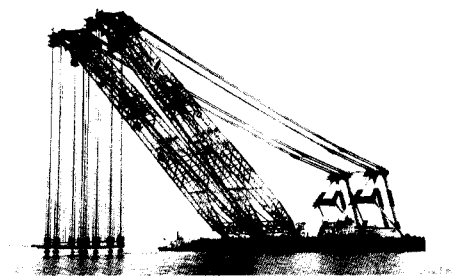


图2 8000t双臂架浮吊

起升臂架是浮吊最为关键的受力构件之一,该构件的钢板厚度可达30~100mm,由于其焊接接头的强度级别高,低温冲击韧性高,因此必须选用与之匹配良好的焊接材料,并制定可靠的焊接工艺规范,方能使焊接接头的焊接性满足施工质量要求,确保浮吊臂架结构的服役寿命和使用安全性。

2. 选用的焊接材料

具体选用的焊接材料为手工焊条、药芯焊丝及埋弧焊丝/焊剂等,均为国产焊材,与同级别国外

①向高纯净度、高强度、高韧性方向发展。目前国外焊接材料生产企业已经在研制出大量的该类产
品,并且还在深入研究,国内企业虽然已经认识到焊材发展的这个趋势,但国内企业相应产品的开发还比较滞后。②焊接材料质量稳定,更加适用于大规范,高效率,自动化。船舶使用的特殊性对船用焊接材料提出了严格的要求;焊接材料质量的稳定对船体结构的质量至关重要。此外,船舶焊接的高效、自动化也对焊接材料提出了大规范、宽适应性的新要求。③与船用新材料发展方向保持一致。④绿色环保、节能焊材成为发展方向。在生产中尽量选用环境友好型材料,

更要树立绿色焊材的开发理念。

四、结语

随着科学技术的发展,我国船舶工业正由造船大国向造船强国迈进,对作为船舶制造关键环节的焊接技术及焊接材料制造水平也提出了更高的要求。造船强国不能建立在依靠国外焊接材料的基础上,国内焊接材料生产企业应发现差距,努力提高船用焊接材料的研发力度和水平,争取早日实现我国船用焊接材料赶超国际一流的目标,推动我国造船焊接技术早日跨入世界先进行列。MW

(20120330)