



Рис. 4. Влияние скорости сварки на глубину проплавления в стали 1.4301 толщиной 10 мм: 1 — оптоволоконный лазер мощностью 6,9 кВт; 2 — Nd:YAG-лазер мощностью 4 кВт; положение фокуса — 0; диаметр фокального пятна — 0,4 мм

ных диодов лучше, чем торцов диодов, набранных в матрицы.

В Учебно-исследовательском центре земли Мекленбург Форпоммерн (г. Росток) с сентября 2004 г. впервые в мире эксплуатируется технологическая установка на основе иттербиевого волоконного лазера мощностью 10 кВт с весьма небольшими для своего уровня мощности габаритами (1600×1200×790 мм) и массой всего 900 кг. Элек-

тропитание осуществляется от трехфазной сети, минимальный ток составляет до 63 А.

Примеры лазерной сварки листов металла про-резными швами показаны на рис. 3, 4. Наряду с технологическими исследованиями по сварке, резке и модификации поверхностей в лаборатории изучали возможности применения этого лазера в составе мобильного комплекса непосредственно на территории заказчика. С этой целью разработали необходимую технологическую оснастку. Для стационарной работы в качестве обрабатывающих головок использовали имеющуюся головку для сварки и нанесения покрытий фирмы «Precetec» и головку для резки фирмы «Permanova». Сварочную головку можно адаптировать соответствующим образом для гибридной сварки. Наряду с обрабатывающими головками для стационарных систем имеется лазерная головка фирмы «Mobil-Laser-Tec» для ручной сварки и резки.

На основании предварительных экспериментов можно сделать вывод о целесообразности технологического использования волоконных лазеров и их предпочтительности по сравнению с диодными и Nd:YAG-лазерами.

The operating principle of a fiber-optic laser is described, and the main technical characteristics of a fiber-optic laser unit of 10 kW power are given. Applications of this unit for laser treatment of materials (welding, cutting, surface modifying) are presented.

Поступила в редакцию 17.12.2004

УДК 621.791.629.12.011

ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ СВАРКИ В СУДОСТРОЕНИИ

Л. Н. ОРЛОВ, канд. техн. наук, А. А. ГОЛЯКЕВИЧ, В. Н. УПЫРЬ, С. П. ГИЮК, инженеры (ООО «ТМ. ВЕЛТЕК», г. Киев)

Описана самозащитная порошковая проволока для широкого использования в судостроении. Приведены химический состав и механические свойства наплавленного металла, а также условия поставки проволоки.

Ключевые слова: дуговая сварка, порошковая проволока, судостроение, условия поставки

Анализ состояния сварки в мировом судостроении показал устойчивый и динамичный рост применения механизированной и автоматизированной сварки порошковой проволокой. Верфи крупнейших судостроительных компаний Японии, Южной Кореи, Финляндии около 80 % всего объема сварочных работ выполняют газозащитными порошковыми проволоками малого диаметра (1,0...1,2 мм). Преимуществами применения порошковой проволоки являются высокая производительность работ, товарный внешний вид шва и высокие сварочно-технологические характеристики; упрощение техники сварки в различных пространственных положениях и легкость ее освоения; возможность обеспечения необходимых механических свойств. Эффективность применения порошковых проволок необходимо

оценивать не по отдельным этапам, а по повышению общей производительности технологического процесса изготовления металлоконструкций. В судостроении стран СНГ преобладает ручная сварка покрытыми электродами и механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения. В последние годы наблюдается заметный рост использования импортных порошковых проволок малого диаметра. Последнее связано прежде всего с отсутствием эквивалентного отечественного аналога, а также наличия ряда факторов, затрудняющих применение порошковых проволок отечественного производства. Среди них отсутствие надежного специализированного сварочного оборудования; вероятность появления пористости; проблема подаваемости по шлангам; повышенное выделение сварочного аэрозоля; недостаточные механические свойства сварных швов. В последние годы в судостроении России и



Таблица 1. Режимы сварки проволоки ППС-ТМВ7 при выполнении угловых и стыковых швов (защитный газ CO₂ или смесь 82Ar + 18CO₂)

Пространственное положение	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Производительность наплавки, кг/ч
Вертикальное	160... 210	23... 27	270... 500	2,0... 3,5
Нижнее	260... 350	28... 32	690... 960	4,5... 6,1
Горизонтальное	160... 250	23... 26	270... 650	2,0... 3,9

Примечание. Коэффициент использования проволоки равен 1,15.

Украины сварочные технологии подвергаются пересмотру: наблюдается заметный рост применения газозащитных порошковых проволок взамен покрытых электродов и проволоки сплошного сечения марки Св-08Г2С. Потребность судостроения удовлетворяется путем импорта порошковых проволок ведущих мировых производителей: ESAB (Швеция), «Welding Alloys» (Англия), «Filarc» (Нидерланды), «Kobecko» (Япония), «Hyundai» (Южная Корея) и др. В то же время производственные мощности отечественных предприятий-производителей порошковых проволок позволяют полностью удовлетворить потребности отечественного судостроения в порошковой проволоке малого диаметра (1,2 мм).

Задачи по созданию порошковой проволоки, не уступающей по техническим характеристикам лучшим зарубежным образцам, и обеспечению отечественного судостроения газозащитными порошковыми проволоками малого диаметра, решены одним из ведущих производителей порошковых проволок в Украине ООО «ТМ. ВЕЛТЕК». В 1994–1996 гг. выполнен комплекс НИР, позволивший разработать и освоить производство газозащитной порошковой проволоки нового поколения марки ППС-ТМВ7 диаметром 1,0...2,5 мм ТУУ 19369185.008–96. Порошковая проволока ППС-ТМВ7 и ее производство одобрены Российским морским регистром судоходства (РМРС) и Lloyds register.

При разработке композиции проволоки реализованы последние достижения в области металлургии дуговой сварки. Быстрозатвердевающий рутиловый шлак повышенной основности позволяет выполнять сварку во всех пространственных положениях. Система легирования обеспечивает механические свойства наплавленного металла, соответствующие типу E7T1 по стандарту AWS A5.20-95. Особенно эффективно применение ППС-ТМВ7 при сварке

Таблица 2. Механические свойства наплавленного металла при температуре испытаний –20 °С

Показатель	Механические свойства			
	σ _в , МПа, не менее	σ _т , МПа, не менее	δ, %	KCV _{1,2} Дж/см
Требования ТУ	490...600	375	22,0	47
Результаты испытаний	560...620	440...500	23...25	80

угловых и стыковых швов в вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях с защитой CO₂ или смесью 82Ar + 18CO₂. При этом производительность наплавки достигает 3,5 кг/ч (табл. 1).

Использование данной порошковой проволоки высокоэффективно при выполнении корневого прохода стыковых соединений во всех пространственных положениях с применением керамических подкладок. Типичный химический состав наплавленного металла имеет следующее содержание, мас. %: 0,05 углерода; 0,35 кремния; 1,45 марганца; 0,015 серы; 0,015 фосфора. Реализация газшлаковой защиты сварочной ванны сводит к минимуму чувствительность к пористости от грунтов. Комплексное легирование металла шва в сочетании с низким содержанием вредных примесей обеспечивает требуемые прочностные и пластические свойства при высоком уровне ударной вязкости металла шва (табл. 2).

Усовершенствованная технология изготовления обеспечивает стабильное качество порошковой проволоки. Она легко адаптируется к любым типам полуавтоматов для механизированной сварки в защитном газе, характеризуется легкой подаваемостью по шлангам полуавтоматов. Порошковая проволока ППС-ТМВ7 сертифицирована УкрСЕПРО. Испытания выпускаемой продукции контролируются системой качества TÜF на ОАО «Днепромметиз». Поставка проволоки осуществляется в мотках в прокаленном состоянии, в стандартных кассетах К200 и К300 в полной готовности к применению. Проволока упаковывается в металлические барабаны массой 50...70 кг по ГОСТ 26101–84. По согласованию с потребителем она может паковаться в картонные коробки по одному мотку или кассете с предварительной упаковкой в полиэтиленовый пакет.

ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» производит поставку порошковой проволоки на условиях: франко-перевозчик FCA или через своих дилеров в Российской Федерации.

Self-shielded flux-cored wire for a wide application in shipbuilding is described. Composition and mechanical properties of the deposited metal, as well as delivery conditions are given.

Поступила в редакцию 30.12.2004