

Уважаемые коллеги-сварщики: профессора, преподаватели и сотрудники кафедры сварочного производства Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова!

От имени ученых и сотрудников Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины и редколлегии журнала «Автоматическая сварка» сердечно поздравляем Вас с 45-летним юбилеем кафедры сварочного производства.

Созданная в 1959 г. в городе корабелов, Николаеве, кафедра всегда успешно решала задачи повышения уровня подготовки инженеров-сварщиков, разработки и реализации высокоэффективных технологий не только в судостроении, но и практически во всех других отраслях промышленности. За прошедший период кафедрой подготовлено около 3 тыс. дипломированных инженеров, бакалавров, магистров для сварочного производства Украины, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Благодаря инициативной творческой работе коллектива кафедры под руководством в первые годы ученых-производственников доцентов А. И. Сафонова и И. И. Джеваги, а в последние 25 лет профессора В. Ф. Квасницкого сформирован ряд актуальных научных направлений, созданы отраслевые научно-исследовательские лаборатории и филиалы кафедры на крупнейших предприятиях судостроения и судового машиностроения.

В подготовке специалистов и выполнении научной работы кафедра успешно сотрудничает с ведущими научными и учебными центрами Украины, России, Германии, Китая, активно участвует в сертификации сварочного производства на юге Украины.

Ученые и специалисты Института электросварки им. Е. О. Патона, редколлегия журнала «Автоматическая сварка» желают счастья, благополучия и творческих успехов всему коллективу, выпускникам и студентам кафедры.

Ниже публикуется подборка статей, подготовленных учеными-преподавателями и специалистами кафедры, отражающая результаты исследовательской работы в последние годы.

Редколлегия

УДК 629.12

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СВАРКИ И РЕЗКИ В СУДОСТРОЕНИИ УКРАИНЫ (Обзор)

С. В. ДРАГАН, В. В. КВАСНИЦКИЙ, кандидаты техн. наук
(Нац. ун-т кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев),

Н. П. РОМАНЧУК, канд. техн. наук, **Ю. В. СОЛОНИЧЕНКО**, инж. (ОАО «Дамен Шипарде «Океан», г. Николаев),

Ж. Г. ГОЛОБОРОДЬКО, инж. (Херсон. судостроительный з-д)

Приведен обзор технологий сварочного производства при изготовлении судовых конструкций на предприятиях Украины, показаны перспективные направления совершенствования сборочно-сварочных процессов в судостроении.

Ключевые слова: судостроение, технологии, сварочные материалы, оборудование, трудоемкость, производство

В начале 1990-х гг. судостроение Украины насчитывало 8 крупных судостроительных заводов, 8 машиностроительных заводов и объединений по изготовлению судового оборудования, 16 приборостроительных предприятий, 30 научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро, 40 вспомогательных организаций и предприятий,

обслуживающих основное производство с общей численностью 250 тыс. человек в 15 городах Украины. Южный регион, являясь крупнейшим в СССР судостроительным регионом, поставлял на экспорт в 20 стран мира свыше 100 судов дедевром 2,5 млн т. Доля Украины в общем объеме судостроения СССР составляла 25,7 %, тогда как доля Северо-Западного региона — 23, Санкт-Петербургского региона — 18 % [1].

© С. В. Драган, В. В. Квасницкий, Н. П. Романчук, Ю. В. Солониченко, Ж. Г. Голобородько, 2004

Применявшиеся на судостроительных заводах сварочные технологии и оборудование соответствовали мировому уровню развития науки и техники, был накоплен значительный опыт организации сварочного производства с использованием механизированных поточных линий и роботизированных комплексов для изготовления различных типов судовых конструкций.

Распад СССР оказал резко отрицательное влияние на большинство судостроительных предприятий Украины: разрушенные экономические связи, отток высококвалифицированных рабочих кадров, физический и моральный износ основных фондов — все это способствовало дестабилизации производства, потере накопленного опыта и снижению конкурентоспособности продукции судостроения на мировом рынке. Однако в последние годы несмотря на сложное экономическое положение в целом на большинстве судостроительных предприятиях наметилась устойчивая тенденция к восстановлению производства, растут объемы заказов для отечественных и зарубежных заказчиков.

Наиболее успешно развивается ОАО «Дамен Шипярдс «Океан», который уже вышел на полную производственную мощность и строит суда под ключ. Объем производства за последние четыре года возрос более чем в 6 раз. Основным направлением производственной деятельности завода является реализация программы строительства судов по 27 контрактам, включая сдачу корпусов и полнокомплектных судов.

Завершена реструктуризация ГП «Черноморский судостроительный завод». Возобновил производственную деятельность и сегодня строит на экспорт серию корпусов химовозов судостроительный завод «Залив», ремонт судов выполняет Севастопольский морской завод.

Работающие судостроительные заводы и заводы судового машиностроения сегодня имеют достаточные объемы сварочных работ. Применяемые на заводах сварочные технологии охватывают заготовительное производство, предварительное изготовление узлов и секций, монтаж корпусов судов на построечном месте, а также изготовление изделий судового машиностроения.

Детали судового корпуса изготавливают с использованием газокислородной и плазменной резки на машинах с ЧПУ. При этом на предприятиях, не прошедших модернизации производства и технологий, острой остается проблема обеспечения точности вырезаемых деталей, исключаящей пригоночные работы при сборке узлов и секций.

Использование на этих производствах менее жестких, чем в машиностроении, допусков на сборку узлов приводит к существенному увеличению трудоемкости сборочных работ. Например, при вырезке деталей толщиной 8 мм и при среднем допуске на сварочный зазор 2 мм, около 47 % деталей не укладываются в допуск. При этом трудоемкость пригоночно-рубочных работ достигает 24 % трудоемкости всего процесса сборки.

Переход к широкому использованию автоматической и роботизированной сварки требует существенного ужесточения допусков на сборочные

зазоры или применения технических средств компенсации погрешностей сборки узлов под сварку. Одним из путей решения этой задачи является разработка и внедрение комплексной автоматизированной системы проектирования и вырезки деталей корпусных конструкций. На ОАО «Дамен Шипярдс «Океан» использование такой системы и машин для плазменной резки «Numogex» позволило достичь необходимой точности изготовления узлов и секций и исключить пригоночные работы на этапе стапельной сборки корпуса.

Однако опыт эксплуатации машин «Numogex» показал относительно низкий коэффициент использования машинного времени (около 60 %), что связано с традиционно применяемой технологией укладки листов и снятия готовых деталей с раскроечной рамы. Введение в эксплуатацию машины TELEREX TXB-10200 с четырьмя раскроечными рамами, установленными в водяные бассейны, позволило не только одновременно вырезать симметричные детали левого и правого борта при необходимости и со скосом кромок, но и выполнять разметку деталей, практически исключив простои машины.

На Херсонском судостроительном заводе успешно применяется воздушно-плазменная резка с добавлением воды в плазму, что также снижает деформации вырезаемых деталей. Преимущества этого способа и в использовании кислорода в качестве плазмообразующего газа и катодами, стойких в кислородсодержащих газовых смесях.

Сварка судовых конструкций выполняется автоматическим способом под флюсом и механизированными способами в защитных газах. Автоматическую сварку под флюсом применяют при изготовлении полотен секций и приварке набора главного направления, а механизированную — при изготовлении узлов и секций, также сборке корпуса судна. Развитием сварки в защитных газах является автоматическая сварка монтажных соединений корпуса судна и роботизированная сварка узлов пересечения высокого набора при изготовлении секций.

Опытная эксплуатация портального роботизированного комплекса фирмы IGM на ОАО «Дамен Шипярдс «Океан» показала его достаточную эффективность при условии обеспечения высокого качества сборочных работ. Отклонение линии углового шва не должно превышать ± 2 мм, при больших отклонениях необходима текущая адаптация сварочной горелки по параметрам дуги. Создание портальных роботизированных комплексов, содержащих два и более сварочных робота, при изготовлении крупных секций с высотой набора более 1,5 м является резервом повышения производительности сварочных процессов и снижения трудоемкости изготовления судовых конструкций. В мировой практике судостроения имеется положительный опыт применения таких интегрированных сварочных комплексов [2].

Перспективным направлением совершенствования сварочных технологий в отечественном судовом корпусостроении представляется применение лазерной и гибридной сварки. Лазерную сварку це-

лесообразно использовать при изготовлении панельных конструкций, к которым предъявляются повышенные требования к точности и внешнему виду, например, для судовых надстроек и рубок [3]. При гибридной сварке (лазер-МИГ) достигается глубокое проплавление, которое обеспечивает процесс лазерной сварки, и хорошее качество сварки по зазору, что необходимо для большинства судовых корпусных конструкций [4].

В нынешних условиях производства удовлетворительный внешний вид судовых конструкций достигается термической правкой, например, многосопловыми газовыми горелками при температуре 350 °С, как на ОАО «Дамен Шипярдс «Океан».

Ориентация судостроения Украины на экспортные заказы обусловила необходимость выполнения более жестких требований к подготовке поверхности сварных швов под покраску. Фирмы, занимающиеся покраской судов и дающие судовладельцам высокие гарантии на лакокрасочные покрытия, требуют соответствующей подготовки поверхности сварных конструкций. Но, как показывает опыт выполнения таких работ, доведение поверхности до необходимого качества сопряжено с высокими материальными и трудовыми затратами. Применение механизированной сварки в защитных газах сплошной и порошковой проволоками снижает эти затраты. В странах ЕС среди механизированных способов сварки доминирует сварка в смесях газов на основе аргона и в углекислом газе проволоками сплошного сечения [5]. В судостроении традиционно применяемую сварку в углекислом газе успешно заменяют сваркой в газовых смесях. Электродуговая сварка в газовой смеси, состоящей из 80 % аргона и 20 % углекислого газа, проволоками Св-08Г2С и Св-10ГСНТ по технологическим характеристикам значительно превосходит сварку в углекислом газе и обеспечивает требуемое качество поверхности шва без дополнительной зачистки [6]. Однако для широкого распространения технологии сварки в газовых смесях необходимы дальнейшие разработки отечественных сварочных материалов и оборудования, централизованных систем обеспечения сборочно-сварочных цехов газовыми смесями.

Резервом повышения качества сварных соединений, снижения трудоемкости изготовления судовых конструкций за счет исключения послесварочных зачистных работ является расширение объемов применения сварки порошковыми проволоками (ПП).

В нашей стране накоплен определенный опыт в создании, производстве и применении ПП. Достаточно широкая номенклатура ПП разработана при непосредственном участии Института электросварки им. Е. О. Патона [7]. Однако существует ряд факторов, сдерживающих развитие технологии сварки ПП на отечественных предприятиях. К ним, наряду с высокой стоимостью самой ПП, относится отсутствие, например, подающих механизмов и шланговых держателей отечественного производства. Несмотря на это комплексный подход к оценке экономической эффективности, учитывающий затраты не только на материалы, но и на выпол-

нение послесварочных операций, доказывает экономическую целесообразность применения в судостроении сварки ПП [8].

Сегодня рынок сварочных материалов Украины предлагает достаточно широкий ассортимент ПП отечественного и импортного производства. На нем представлена продукция таких известных зарубежных фирм, как Lincoln Electric, Hobart, ESAB, S.A.F.-Oerlikon, Thyssen-Böhler, Kobeko, Elge и др., а также ряда украинских производителей, среди которых можно выделить «Днепрометиз». Для сварки углеродистых и низколегированных сталей разработаны проволоки ПП-АН59, ПП-АН63 рутилового типа, позволяющие выполнять сварку во всех пространственных положениях.

Для увеличения выхода наплавленного металла до 95 % разработаны проволоки с металлическим сердечником марок ПП-АН70, ПП-АН72, которые могут использоваться для сварки в углекислом газе и смесях газов [5, 9].

Для механизированной сварки в углекислом газе на Херсонском судостроительном заводе применяют отечественную порошковую проволоку ППс-ТМВ7 диаметром 1,2 мм, в ОАО «Дамен Шипярдс «Океан» — тонкие импортные порошковые проволоки PZ 6113S, PZ 6111, ОК Tubrod 15.13S, ОК Tubrod 15.14. На японских верфях механизированная и роботизированная сварка в защитных газах выполняется ПП диаметром 1,2... 1,6 мм [10].

Расширение объемов применения отечественных ПП, не уступающих по качеству импортным, но более дешевых, требует скорейшего решения задачи сертификации украинских производителей сварочных материалов и оборудования международными квалификационными обществами.

Существенной проблемой в современном судостроении является снижение трудоемкости и улучшение условий труда при выполнении сварочных работ в условиях стапеля, при стыковании обшивки и набора в монтажных условиях.

Достаточно перспективным способом сварки таких соединений можно считать применение односторонней сварки на гибких самоклеящихся подкладках, что позволяет повысить производительность процесса, вывести сварщика из дискомфортной рабочей зоны, улучшить качество сварного соединения.

Для сварки на горизонтальной плоскости с полупринудительным формированием шва на керамических подкладках для формирования корня шва на судостроительных предприятиях Украины применяют проволоку ПП-АН25, а для заполнения разделки с формированием шва на медном водоохлаждаемом ползуне — ПП-АН39.

В судостроении выполняется достаточно большой объем сварочных работ по системам, где используются трубы различного диаметра. Высокое качество обработки деталей и сварки узлов в трубомедницком производстве обеспечивает современное резательное и сварочное оборудование с программированием режима обработки и траектории движения инструмента. Опыт эксплуатации машин «Tuboses» и «Polysoud» на судостроительных за-

водах Украины показал их высокую эффективность при условии подготовки высококвалифицированного инженерно-технического и рабочего персонала.

Для судового машиностроения характерно непрерывное совершенствование конструкционных материалов. Жаропрочные суперсплавы, композиционные и неметаллические материалы, применяемые в судовом газотурбостроении, требуют использования таких специальных технологий, как электронно-лучевая сварка, пайка, электронно-лучевое, ионно-плазменное напыление, а также лазерная обработка, плазменное, газоциркуляционное напыление. В частности, на Николаевском производственном комплексе газотурбостроения «Зоря-Машпроект» и сегодня успешно применяются вакуумные технологии, разработанные в 1980–1990-х гг. и относящиеся к передовым технологиям сварочного производства.

Ближайшая перспектива вступления Украины в международное торговое сообщество даст прочную основу для увеличения потребности в судах. Общепризнанный объем заказов судостроения в ближайшее десятилетие, по подсчетам различных аналитиков, будет составлять не менее 200 млн регистровых тонн. При этом одной из задач судостроения видится совершенствование сварочного производства путем широкого и скорейшего внедрения передовых технологий, перспективных спо-

собов и оборудования для сварки, что бесспорно должно привести к загрузке и подъему украинского судостроения в целом.

1. *Солдатов Н.* Конкуренция на мировом судостроительном рынке // Судостроение. — 1997. — № 11. — С. 32–35.
2. *Усйо М., Сугитани Ю.* Разработка высокопроизводительных комплексов для дуговой сварки в Японии // Автомат. сварка. — 2003. — № 10–11. — С. 204–210.
3. *Seiffarth P.* Use of laser welding and laser weldability of steels in shipbuilding // Кораблестроение: освіта, наука, виробництво: Матеріали міжнарод. конф.: В 2 т. — Миколаїв: Укр. держ. Микол. техн. ун-т, 2002. — Т. 1. — С. 20–25.
4. *Состояние и перспективы применения высокоэффективных сварочных технологий / У. Дилтай, Л. Штейн, К. Весте, Ф. Райх // Автомат. сварка. — 2003. — № 10–11. — С. 151–157.*
5. *Походня И. К.* Сварочные материалы: состояние и тенденции развития // Свароч. пр-во. — 2003. — № 6. — С. 26–40.
6. *Панащенко Н. И., Гавва В. Н., Карнаух А. К.* Нормирование расхода материалов и электроэнергии при сварке в углекислом газе и смесях газов // Автомат. сварка. — 1996. — № 4. — С. 40–47.
7. *Порошковые проволоки для электродуговой сварки: Каталог-справочник / Под ред. И. К. Походни. — Киев: Наук. думка, 1980. — 180 с.*
8. *Оценка эффективности применения тонких порошковых проволок при сварке судовых конструкций / В. Ф. Квасницкий, С. В. Драган, Е. Д. Гавриленко и др. // Автомат. сварка. — 1999. — № 11. — С. 4–7.*
9. *Порошковые проволоки с металлическим сердечником для сварки в защитных газах / В. Н. Шлепаков, А. В. Билинец // Там же. — 2003. — № 3. — С. 53–54.*
10. *Review of welding in Japan // J. Jap. Weld. Soc. — 1996. — № 5. — P. 5–81.*

The paper describes the welding technologies, applied in fabrication of ship structures at the enterprises of Ukraine. Prospects for improvement of the assembly-welding processes in shipbuilding are outlined.

Поступила в редакцию 17.06.2004



ЯРМАРКА «СОЕДИНЕНИЕ И СВАРКА» TRADE FAIR FOR JOINING AND WELDING

г. Штутгарт (Германия)

14.09–18.09.2004

Организатор выставки: STUTTGARTER MESSE- UND KONGRESSGESELLSCHAFT MBH

В экспозиции выставки будут представлены следующие тематические разделы:

- ✓ оборудование
- ✓ аксессуары
- ✓ обработка металлического листа
- ✓ инженерия
- ✓ сварочные технологии
- ✓ защита окружающей среды
- ✓ безопасность на производстве

Выставка проводится с 1992 г. с периодичностью: каждые два года.

По данным 2002 г., количество экспонентов 111, из которых 11 представителей из-за рубежа, количество посетителей: 4858, площадь экспозиции: 11000 кв. м.