

*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 50-летним юбилеем кафедры сварочного производства.*

*Специалисты кафедры на протяжении многих лет успешно решают задачи повышения уровня подготовки инженеров-сварщиков, осуществляют разработку и реализацию высокоэффективных технологий не только в судостроении, но и в многих других отраслях промышленности. За время существования кафедрой подготовлено более 2900 инженеров сварочного производства. Среди выпускников более 80 докторов и кандидатов наук, заслуженные деятели науки и техники.*

*Благодаря инициативной творческой работе коллектива кафедры под руководством в первые годы ученых-производственников доцентов А. И. Сафонова и И. И. Джеваги, а в последние 30 лет профессора В. Ф. Квасницкого сформированы актуальные научные направления, 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 предприятий на Юге Украины.*

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

*Редколлегия*

УДК 629.12

## СОСТОЯНИЕ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДАХ УКРАИНЫ

**В. Ф. КВАСНИЦКИЙ**, д-р техн. наук, **Б. В. БУГАЕНКО**, **Ж. Г. ГОЛОБОРОДЬКО**, кандидаты техн. наук (Нац. ун-т кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев),  
**В. М. ИЛЮШЕНКО**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),  
**Н. П. РОМАНЧУК**, канд. техн. наук, **Ю. В. СОЛОНИЧЕНКО**, **А. Н. ШАМРАЙ**, инженеры (ОАО «Вадан Ярде «Океан», г. Николаев)

Показано, что несмотря на общемировые экономические проблемы судостроительные предприятия Украины вооружены современными эффективными технологиями и оборудованием, позволяющими им успешно выпускать продукцию, конкурентоспособную на мировом рынке.

*Ключевые слова: судостроение, сборка, сварка, резка, детали, секции, блоки, сварочные материалы, оборудование*

Для водного транспорта Украины характерно наличие судов, срок эксплуатации которых превышает 20 лет и более. Поскольку флот нуждается в обновлении в самые ближайшие сроки, существует необходимость постройки судов для внутреннего плавания, а также смешанного типа — река—море. Мировой рынок судостроения также нуждается в продукции судостроения [1]. Однако выход на мировой рынок возможен только при условии внедрения на предприятиях современных технологий и оборудования, способных обеспечить сокращение

сроков постройки, требуемое качество и сравнительно невысокую стоимость судов.

Целью настоящей работы является анализ (на примере двух заводов) технического и технологического состояния сварочного производства судостроения Украины, определяющего в значительной степени место продукции этой отрасли на мировом рынке.

Принципиальная технология постройки судов зависит от способа формирования корпуса и определяется конструктивными особенностями судна, производственными возможностями предприятия-производителя, программой выпуска судов данного проекта, а также другими факторами.



Рис. 1. Установка «Telereх TXB-10200» в работе

Корпуса современных судов состоят из листового и профильного проката, отличающегося между собой размерами, формой и материалами. Листовые детали составляют 85...90 % массы корпуса судна. Количество деталей для постройки одного судна может достигать нескольких десятков тысяч. Основным способом их изготовления является термическая резка, на долю которой приходится около 80 % общего объема выполняемой резки, а трудоемкость составляет 30 % трудоемкости всего объема работ корпусообработывающего цеха.

Длительное время основным способом термической резки в судостроении оставалась воздушно-плазменная резка (ВПр), при которой в качестве плазмообразующего газа использовали воздух. Накопленный опыт [2] показал не только технико-экономические преимущества ВПр, но и ее недостатки. Так, неперпендикулярность кромок реза для наиболее распространенной в судостроении толщины металла может достигать 2,5 мм на сторону, что существенно влияет на объем наплавленного металла, производительность и качество сварки; величину угловых деформаций. В процессе резки происходит насыщение металла кромок азотом, в связи с чем в сварных швах при автоматической сварке под флюсом деталей, вырезанных из металла толщиной 5...12 мм, возможно образование пор. Для устранения указанных недостатков использовали ряд средств, которые оказались малоэффективными. В настоящее время в судостроении Украины, в частности в ОАО «Вадан Ярде «Океан» (г. Николаев), применяют те же способы и оборудование, что и за рубежом, а именно, плазменную резку под водой. Разрезаемый лист погружают в воду на глубину 4...6 см, а плазменная дуга находится под водой. При этом используют установки «Numorex» и «Telereх TXB-10200».

Для повышения производительности и коэффициента использования установка «Telereх TXB-10200» оснащена порталом с двумя головками плазменных резаков и двумя бассейнами, благо-

даря этому есть возможность одновременно вырезать симметричные детали, например, для левого и правого бортов судна. В каждом бассейне имеются две рамы для установки листов, что позволяет работать в режиме непрерывного раскроя. После окончания резки в одном бассейне машина перемещается в другой, а в первом устанавливают следующие листы. Вырезка двух деталей одновременно показана на рис. 1.

Применение подводной плазменной резки требует достаточно больших капитальных вложений. В ОАО «Херсонский судостроительный завод (ХСЗ)» успешно используется воздушно-плазменная резка с добавлением воды в плазму (ВПРДВ). Внедрению ВПРДВ способствовали выполненные теоретические и экспериментальные исследования, с помощью которых был определен оптимальный расход воды, подаваемой в воздушную плазму [3–5].

Установлено, что при добавлении воды вследствие плазмохимических реакций парциальное давление азота в плазме уменьшается. Образующийся водород, повышая энергетические характеристики дуги, увеличивает напряженность электрического поля и уменьшает содержание азота на поверхности реза. Оптимальная концентрация водяных паров в плазме предотвращает насыщение кромок как азотом, так и водородом, исключая возможность образования пор при сварке.

Обжатию плазменной дуги водой, поступающей по тангенциальным каналам дополнительного наружного сопла, при ВПРДВ обеспечивает перемещение анодного пятна в глубину реза и в 2,3...2,5 раза уменьшает неперпендикулярность его кромок. Их шероховатость снижается в 3...5 раз ( $R_z = 0,01...0,02$  мм) и сопоставима с фрезерованной поверхностью. Часть воды из системы охлаждения плазмотрона поступает по радиальным каналам наружного сопла, образуя воздушно-водяной душ, который охлаждает металл в зоне реза, что позволяет повысить качество его кромок и точность изготовления деталей. При этом деформация деталей практически отсутствует.

На судостроительных предприятиях Украины эксплуатируется значительный парк модернизированных машин термической резки («Кристалл», «Гранат» и др.), имеющих современные системы автоматизации и управления. Машины с модернизированным плазмотроном работают также в ОАО «ХСЗ» на участке ВПРДВ.

Себестоимость судна в значительной степени определяется состоянием сборочно-сварочного производства, трудоемкость которого составляет 15...18 % общей трудоемкости постройки корпуса судна. Причем уровень сварочного производства определяет не только трудоемкость собственно сварочных, но и послесварочных работ. При необходимости зачистки металла от брызг или и

шва перед окраской, если не удастся получить при сварке требуемую шероховатость его поверхности, трудоемкость постройки корпусов судов существенно возрастает. Поэтому в Украине, как и в мировом судостроении, совершенствуются способы сварки и сварочные материалы.

Для уменьшения разбрызгивания металла при сварке в судостроении широко применяют сварочную проволоку сплошного сечения в смеси аргона и углекислого газа (18...20 % CO<sub>2</sub>), а также порошковые проволоки (ПП) в углекислом газе. Механические свойства металла шва и сварных соединений при сварке проволоками Св-08Г2С и Св-10ГСНТ в смеси газов отвечают нормативным требованиям и выше, чем при сварке в углекислом газе. Это обусловлено значительно более низким окислительным потенциалом смеси защитных газов по сравнению с углекислым газом и более высокими коэффициентами усвоения легирующих элементов.

При сварке в смеси газов коэффициент разбрызгивания металла снижается более чем в 2 раза. При этом образуются мелкие брызги, которые не прилипают к поверхности свариваемого проката и легко удаляются. Указанные преимущества сварки в газовых смесях обуславливают широкое применение этого процесса в судостроении. Наряду со сваркой в смесях газов все большее применение находит сварка ПП.

В судостроении Украины в основном распространена механизированная сварка тонкой ПП в углекислом газе, а также самозащитной проволокой. В таблице приведены типы судокорпусных конструкций и наиболее эффективные способы их сварки, применяемые в Украине [6, 7].

Наиболее целесообразно применение автоматической сварки стыковых и угловых швов в нижнем положении для соединения плоскостных секций с набором одного направления; механизированной и роботизированной сварки угловых швов в нижнем и вертикальном положениях для плоскостных секций с набором двух направлений; ме-

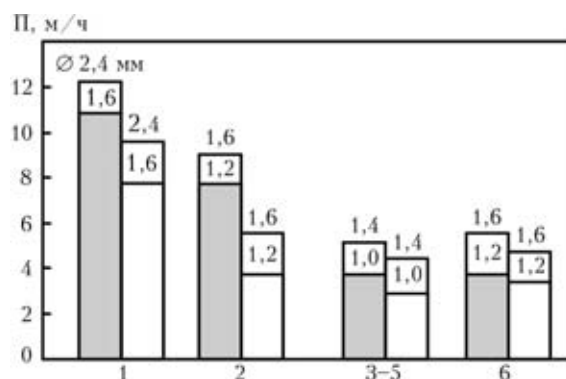


Рис. 2. Производительность сварки типовых судокорпусных конструкций (1–6 — см. таблицу) сплошной проволокой (□) и порошковой (■)

ханизированной и роботизированной сварки угловых швов в нижнем, вертикальном и горизонтальном положениях для открытых полуобъемных и объемных секций; механизированной и роботизированной сварки угловых швов во всех пространственных положениях для закрытых полуобъемных и объемных секций; механизированной и роботизированной сварки стыковых и угловых швов преимущественно в нижнем положении для каркасов, фундаментов, небольших узлов; механизированной и автоматической сварки стыковых и угловых швов во всех пространственных положениях для блоков секций и корпусов судов на стапеле.

Технико-экономический анализ эффективности различных способов сварки выполнен в работах [8–14]. Производительность наплавки, осуществляемой с использованием ПП и сплошной проволоки (СП) для сварки конструкций различных типов (№ 1–6 по таблице), показана на рис. 2.

На судостроительных заводах Украины для изготовления корпусных конструкций широко используют тонкие ПП рутилового (АН21, ППС-ТМВ7, PZ 6110, Megafil 713) и основного (PZ 6130, ОК Tubrod 15.06) типов диаметром 1,2...1,6 мм. Производительность наплавки в углекислом газе с применением этих проволок больше по срав-

#### Основные типы сварных судокорпусных конструкций и способы их сварки

№ п/п	Тип конструкции	Распределение объемов сварочных работ по положению в пространстве, %				Способ сварки
		Нижнее	Вертикальное	Горизонтальное	Потолочное	
1	Плоскостные секции с набором одного направления	100	—	—	—	А
2	Плоскостные секции с набором двух направлений	70...90	30...10	—	—	М, Р
3	Открытые полуобъемные секции	40	55	5	—	М
4	Закрытые полуобъемные и объемные секции	40	20	10	30	М
5	Каркасы	60	30	10	—	М, Р
6	Блоки секций, корпус	10	30	30	15	А, М

Примечание. 1. А — автоматическая; М — механизированная; Р — роботизированная; 2. Остальные 15 % сварных соединений (№ 6) получают с применением покрытых электродов.

нению со сваркой с СП на 2...3 кг/ч, а по эффективности сопоставима с автоматической сваркой под флюсом.

ПП диаметром 1,6 мм рекомендуются для механизированной сварки угловых швов полуобъемных секций. Для выполнения сварных швов большинства судокорпусных конструкций в положениях, отличающихся от нижнего, наиболее перспективно использование ПП рутилового типа диаметром 1,2 мм. Применение этих проволок с быстротвердеющим шлаком не только обеспечивает получение сварных швов с гладкой поверхностью и легким удалением шлака, но и позволяет снизить разбрызгивание электродного металла по сравнению со сваркой в углекислом газе в 3...5 раз.

Результаты анализа удельных расходов на 1 кг наплавленного металла показали, что сварка в газовых смесях СП и тонкой ПП крупнотоннажных судов обеспечивает снижение себестоимости наплавленного металла за счет высокой производительности сварочного процесса и сокращения объемов зачистки сварных швов под покраску.

Основным способом дальнейшего повышения эффективности сварки является подъем уровня автоматизации путем замены механизированной сварки автоматической и роботизированной. Выполненные совместно с Национальным университетом кораблестроения и ОАО «Вадан Ярде «Океан» опытные работы показали перспективность применения роботизированной сварки тонкой порошковой проволокой при изготовлении объемных секций [6, 7], но при этом необходимо решить ряд организационных и технических вопросов.

Если роботизация сварочных процессов в судостроении Украины — дело будущего, то автоматическая сварка под флюсом имеет широкое применение в настоящее время. Этот способ сварки наиболее часто используют для изготовления плоскостных секций с набором одного направления. На многих предприятиях плоские полот-

нища изготавливают на поточно-механизированной сборочно-сварочных линиях.

На поточно-механизированной линии фирмы ESAB можно выделить три основные позиции. На первой, оснащенной порталом с двухдуговой подвесной системой А6, выполняется односторонняя двухдуговая сварка в общую ванну на флюсомедной подкладке стыковых соединений полотнищ толщиной от 8 до 22 мм без разделки кромок. При этом первая дуга горит на постоянном токе обратной полярности, а вторая — на переменном токе. На второй позиции осуществляется подварка стыковых соединений полотнища автоматом тракторного типа системы А6 на постоянном токе обратной полярности. На третьей — осуществляется сборка и сварка набора главного направления с плоским полотнищем. При этом из накопителя на полотнище подается набор, он прижимается системой гидравлических домкратов к полотнищу и закрепляется на прихватках. Тавровое соединение выполняют от середины к краям четырьмя подвесными сварочными головками типа А6. Укрупнение полотнищ осуществляют на плоских стендах с использованием автоматической сварки под слоем флюса «на весу».

Для уменьшения остаточных деформаций перед сваркой создают растягивающие напряжения вдоль стыка свариваемых листов, что обеспечивается за счет поперечной усадки выводных и закрепляющих планок путем наложения на них поперечных валиков.

В ОАО «ХСЗ» для предотвращения деформаций при изготовлении плоских секций на линии фирмы ESAB набор главного направления приваривают к стальной балке, которая выступает над плоскостью перемещения полотнища. Вследствие прижатия набора гидравлическим прижимом на полотнище образуется обратный выгиб, компенсирующий сварочные деформации.

Сварку плоских прямолинейных узлов (стрингеров, флоров, тавровых балок и т. д.) толщиной до 14 мм осуществляют без разделки кромок, а при толщине более 14 мм — с разделкой кромок.

Если есть возможность расположить стыки свариваемых деталей одинаковой толщины в одну линию, то автоматическую сварку выполняют под слоем флюса за один проход. При отсутствии такой возможности или нецелесообразности применения автоматической сварки из-за криволинейности или неплоскостности для изготовления узлов используют механизированную сварку в смеси защитных газов ( $Ar + CO_2$ ). Для уменьшения трудоемкости работ по изготовлению объемных секций, а также секций, изготавливаемых в «постелях», на предприятиях применяют механизированную сварку ПП с обратным формированием шва с помощью формирующих керамических подкладок (ФКП). Изготовление днищевой

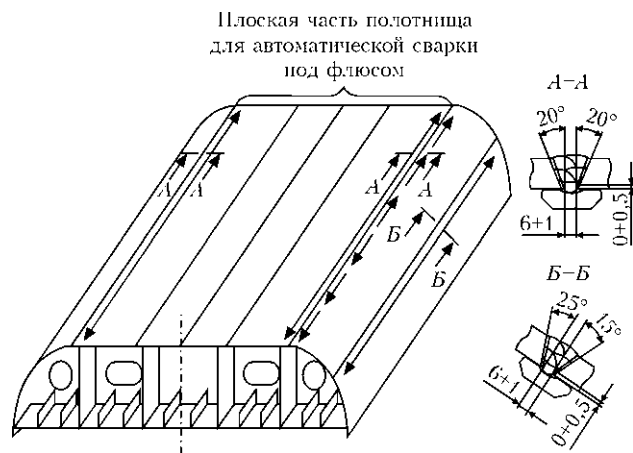


Рис. 3. Схема сварки внешней обшивки днищевых секций судна: длинная стрелка — направление сварки пазов; короткая — направление сварки на ФКП

секции судна осуществляется на настиле второго дна (рис. 3). Весь набор собирают и сваривают между собой и настилем второго дна, таким образом задается форма обводов внешней обшивки. Последняя формируется из полотнищ и листов, которые закрепляются на установленный набор. Для механизированной сварки в смеси защитных газов (82 % Ar + 18 % CO<sub>2</sub>) все стыки собирают с использованием ФКП, которые обеспечивают обратное формирование стыковых швов. Таким образом исключаются операции по расчистке корня шва и подварке стыковых соединений в замкнутом объеме. Сварку набора с внешней обшивкой осуществляют в нижнем положении ячеювым способом после кантовки секции.

Объемные бортовые секции средней части судна собирают на коксовых стоечных «постелях» на обшивке внутреннего борта, криволинейные бортовые секции — на внешней обшивке на стоечных «постелях». При изготовлении таких секций все стыковые соединения выполняют механизированной сваркой в защитных газах на ФКП.

Для снятия внутренних напряжений и уменьшения угловых деформаций в ОАО «Вадан Ярде «Океан» в месте установки набора осуществляют термообработку тавровых сварных соединений специальной трехфакельной горелкой с гладкой стороны секции (нагрев до 350...400 °С) на участках длиной 200 мм с шагом 100 мм непосредственно после ее изготовления. Аналогичным образом прогревают двухфакельной горелкой стыковые соединения.

Наиболее ответственными являются монтажные соединения при формировании блоков секций и корпуса, в частности, стыки и пазы внешней обшивки толщиной 8...30 мм, которые продолжительное время выполняли дуговой сваркой. Механизированная сварка со свободным формированием шва повышает производительность процесса в 1,3...1,5 раз, но в положениях, отличных от нижнего, объем сварочной ванны ограничивается во избежание ее вытекания. Внедренная на предприятиях технология механизированной сварки в смеси защитных газов (Ar + 18 % CO<sub>2</sub>) с использованием ПП в сочетании с ФКП обеспечивает высокое качество формирования шва с лицевой и обратной стороны при значительном уменьшении разбрызгивания металла, повышение производительности труда, снижение трудоемкости подготовки сварных соединений под покраску. ФКП находятся со стороны набора за исключением внешней обшивки днищевой секции, где они располагаются на гладкой поверхности. ФКП используют и при сварке набора.

Дальнейшее повышение производительности сварки при изготовлении корпуса судна на стапеле обеспечивается автоматизацией процесса. Судостроительные предприятия освоили разрабо-

танную ИЭС им. Е. О. Патона сварку вертикальных монтажных стыков с использованием ПП и принудительным формированием шва [12], а также одностороннюю сварку горизонтальных пазов на вертикальной плоскости с применением керамических подкладок.

Исходя из специфических требований к автоматической сварке в монтажных условиях на стапеле разработаны и изготовлены автоматы, перемещающиеся непосредственно по свариваемым кромкам или направляющим рейкам. Например, автомат А-1150у предназначен для сварки с применением ПП вертикальных и наклонных стыковых швов с принудительным формированием на металле толщиной 8...30 мм, что осуществляется двумя водоохлаждаемыми ползунами по стыку с кривизной 2 м.

Для сварки монтажных пазов наружной обшивки судна в условиях стапеля ИЭС им. Е. О. Патона разработал автоматы АД-119 и АД 330М, которые позволили в 2 раза повысить производительность труда и сократить трудоемкость работ за счет исключения строжки корня шва и его последующей заварки.

Разработанная технология основана на применении многопроходной сварки с ПП для выполнения горизонтальных швов на вертикальной плоскости при односторонней несимметричной разделке кромок. При этом обеспечивается обратное формирование шва на керамической подкладке, установленной с внутренней стороны наружной обшивки корпуса. Сварку осуществляют комбинированным способом: корневой и завершающий проходы выполняют с использованием ПП диаметром 1,6 мм со свободным формированием, а заполнение разделки производится с применением ПП диаметром 3 мм с полупринудительным формированием шва. Такая технология обеспечивает получение качественного сварного соединения с гарантированным проплавлением корня шва и выполнение завершающего прохода с минимальными подрезами.

Рассмотренные сварочные технологии и оборудование освоены и другими судостроительными заводами Украины. Технологии автоматической сварки монтажных стыков высокоэффективны при постройке крупнотоннажных судов и могут обеспечить преимущество Украины на мировом рынке в области судостроения.

В настоящее время в Украине разработаны и другие перспективные сварочные технологии, в частности, принципиально новые процессы сварки с использованием комбинированных и гибридных источников нагрева [13–15], а также подводная сварка, обеспечивающая возможность изготовления любых крупнотоннажных судов при стыковке их частей на плаву, а также платформ

и других конструкций различного назначения [16].

Следует отметить, что на судостроительных предприятиях Украины сертифицированы сотни сварочных процедур. Все сварщики предприятий имеют сертификаты квалификационных обществ и подтверждают их каждые полгода. Все технологии регламентированы технологическими инструкциями и введены в стандарты предприятия.

Таким образом, несмотря на экономические проблемы, существующие в настоящее время, судостроительные предприятия Украины не только сохранили свой производственный потенциал, но и успешно внедряют лучшие технологии современного сварочного производства.

Отечественное судостроение располагает необходимыми высокоэффективными технологиями, современным оборудованием, высококвалифицированными специалистами, что позволяет изготавливать продукцию, конкурентоспособную на мировом рынке.

1. *Егоров Г. В.* О возможности выхода Украины на мировой рынок судостроения // 36. наук. праць Нац. ун-ту кораблебудування. — 2008. — № 6. — С. 3–15.
2. *Технологические процессы сварки и резки в судостроении Украины (Обзор)* / С. В. Драган, В. В. Квасницкий, Н. П. Романчук и др. // Автомат. сварка. — 2004. — № 8. — С. 3–6.
3. *Моделирование состава газовой фазы при плазменной резке судокорпусных сталей* / С. И. Сербин, В. В. Квасницкий, Ж. Г. Голобородько и др. // Там же. — 2004. — № 8. — С. 12–15.
4. *Production technology peculiarities of ships' body components from sheet product* / V. F. Kvasnytskyu, V. V. Kvasnytskyu, G. V. Egorov et al. // Maritime transportation and exploitation of ocean and coastal resources: Proc. of the 12th Intern. congress of the International maritime association of the mediterranean (IMAM 2005), Lisboa, Portugal, Sept. 26–30, 2005. — London: Taylor and Francis Group, 2005. — Vol. 1. — P. 935–940.
5. *Influence of plasma cating methods on the quality of ship hull details and welded constructions* / V. V. Kvasnytskyu, G. V. Egorov, Zh. G. Goloborodko et al. // Maritime industry, Ocean Engineering and Coastal Resources: Proc. of the 13th Intern. congress of the International maritime association of the mediterranean (IMAM 2007), Varna, Bulgaria, Sept. 2–6, 2007. — Vol. 1. — London: Taylor and Francis Group, 2008. — P. 477–482.
6. *Эффективность применения тонких порошковых проволок при механизированной и роботизированной сварке в судостроении* / В. Ф. Квасницкий, С. В. Драган, Ю. В. Солониченко, Г. М. Иващенко // Тез. докл. междунар. конф. «Сварка и родственные процессы — в XXI век». — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1998. — С. 52–53.
7. *Влияние проектно-технологических факторов при роботизированной технологии изготовления крупногабаритных судокорпусных конструкций* / В. Ф. Квасницкий, С. В. Драган, Е. Д. Гавриленко, Ю. В. Солониченко // 36. наук. праць УДМТУ. — 1998. — № 8. — С. 68–79.
8. *Оценка эффективности применения тонких порошковых проволок при сварке судокорпусных конструкций* / В. Ф. Квасницкий, С. В. Драган, Е. Д. Гавриленко и др. // Автомат. сварка. — 1999. — № 11. — С. 4–7.
9. *Экономические аспекты применения отечественных и импортных сварочных материалов при изготовлении судокорпусных конструкций* / В. Ф. Квасницкий, С. В. Драган, Г. М. Иващенко, С. А. Краснощек // 36. наук. праць УДМТУ. — 1999. — № 6. — С. 19–26.
10. *Анализ эффективности технологических вариантов сварки в газовых средах при изготовлении судокорпусных конструкций* / В. Ф. Квасницкий, Ю. В. Солониченко, С. В. Драган и др. // Тр. 1-й Междунар. науч.-практ. конф. «Защита окружающей среды, здоровья, безопасности в сварочном производстве», г. Одесса, 11–13 сент. 2002 г. — Одесса: Астропринт, 2002. — С. 568–575.
11. *Технологические возможности повышения эффективности судокорпусного производства* / В. Ф. Квасницкий, С. В. Драган, Е. Д. Гавриленко, Ю. В. Солониченко // 36. наук. праць УДМТУ. — 1998. — № 7. — С. 69–80.
12. *Hochleistungs schweissen von Vertikalnahten mit Zwangsförmung* / I. K. Pochodnja, W. N. Schlepakov, W. M. Iljushchenko, A. S. Koteltschuk // Sondertagung «Schweissen in Schiff-und Metalbau mit Voklologium, Rostok, 4–5 Mai, 1995. — Dusseldorf: DVS, 1995. — S. 23.
13. *Воропай Н. М., Илюшенко В. М.* Гибридные процессы дуговой и плазменной сварки // Сварщик. — 2003. — № 2. — С. 22–27.
14. *Воропай Н. М., Илюшенко В. М., Мишенков В. А.* Технологические возможности процессов импульсной дуговой сварки в защитных газах (Обзор) // Автомат. сварка. — 2005. — № 7. — С. 44–48.
15. *Лазерно-дуговые и лазерно-плазменные технологии сварки и нанесения покрытий* / В. Д. Шелягин, И. В. Кривцун, Ю. С. Борисов и др. // Там же. — 2005. — № 8. — С. 49–54.
16. *Cretskii Yu. Ya., Maksimov S. Yu.* Technological processes of underwater welding and cutting of steels with flux-cored wires // Welding and joining science and technology: The ASM Intern. european conf., Madrid, Spain, 10–12 March, 1997. — Madrid, 1997. — P. 165–179.

It is shown that despite the economic problems, shipbuilding enterprises of Ukraine have up-to-date effective technologies and equipment, allowing them to successfully compete in the world market.

Поступила в редакцию 29.04.2009