

2 (54) 2015
март–апрель

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

Подписной индекс **20994**

в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **K0103** в каталоге российской
прессы «Почта России» — персональная подписка

информационно-технический журнал

Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

в России

2–2015

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4

Производственный опыт

Кислородная резка крупногабаритного металлолома
из высоколегированных сталей и чугуна.
*В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак,
В. В. Капустин, С. Л. Василенко* 6

Производство латунных труб из сварной заготовки
на станах ТСС 15...32. *В. А. Васильев, Ю. К. Дозорцев,
Е. М. Донской, Н. В. Сидорова, Е. С. Бергер, И. Ф. Пружинин,
М. В. Фролов, Л. А. Лизенкова, И. А. Скотников, А. Е. Стрешнев* 13

Наши консультации 16

Технологии и оборудование

Ультразвуковые технологии в сварочном производстве.
Г. И. Лащенко 18

Комплексно-автоматизированная линия по изготовлению
боковин рам электровозов. *А. Н. Моторин, В. А. Дорошенко,
Ю. А. Эртман, С. И. Огрызко* 23

Особенности применения сварочных роботов. *А. Ю. Мельников* 26

Нанесение керамических покрытий с помощью
многокамерного газодинамического ускорителя.
*Ю. Н. Тюрин, О. В. Колисниченко, Н. Я. Василик,
М. Г. Ковалева, М. С. Прозорова, М. Ю. Арсеев* 28

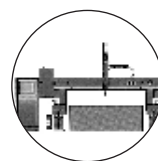
Ремонт судов и гидротехнических сооружений
с применением подводной механизированной
сварки самозащитной порошковой проволокой.
В. Я. Кононенко 32

Подготовка кадров

Компетентностно-ориентированное обучение
специалистов-сварщиков. *Т. В. Храмова* 37

Страницы истории

К 70-летию Победы. Работы Института электросварки
в области танкостроения. *В. А. Саржевский* 39



News of technique and technologies 4

Production experience

Oxygen cutting large-sized metal breakage from high-alloy steel and pig-iron. *V. M. Litvinov, Yu. Lisenko, S. A. Chumak, V. V. Kapustin, S. L. Vasilenko* 6

Manufacture of brass pipes from welded preparation on mill TCC 15...32. *V. A. Vasil'ev, Yu. K. Dozortsev, E. M. Donskoy, N. V. Sidorova, E. S. Berger, I. F. Pruzhinin, M. V. Frolov, L. A. Lizenkova, I. A. Sotnikov, A. E. Steshnev* 13

Our consultations 16

Technologies and equipment

Ultrasonic technologies in welding manufacture. *G. I. Lashenko* 18

The complex -automated line on manufacturing side-frame of frames of electric locomotives. *A. M. Motorin, V. A. Doroshenko, Yu. A. Erdman, S. I. Ogrizko* 23

Features of application of welding robots. *A. Yu. Mel'nikov* 26

Drawing of ceramic coverings with the help multichamber of the gas-dynamic accelerator. *Yu. Turin, O. V. Kolisnichenko, N. Ya. Vasilik, M. G. Kovaleva, M. S. Prozorova, M. Yu. Ardeenko* 28

Repair of courts and hydraulic engineering constructions with application of the underwater mechanized welding by a self-protective powder wire. *V. Ya. Kononenko* 32

Training of personnel

Competent-guided training of the specialist-welders. *T. V. Hramkova* 37

Pages of a history

To 70-years of Victory. Works of Institute of E. O. Paton Electric Welding Institute in area tank-building. *V. A. Sarzhevskiy* 39

март-апрель

2 (54) 2015

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Издатель ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»

Главный редактор В. Д. Позняков
Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили, Е. К. Доброхотова
Маркетинг и реклама О. А. Трофимец
Верстка и дизайн В. П. Семенов

Адрес редакции 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19

Тел./факс +7 499 922 69 86

Тел. моб. +7 903 795 18 49

E-mail ctt94@mail.ru

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала.

При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

© «ЦТТ ИЭС им. Е. О. Патона», 2014

Подписано в печать 27.04.2015. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № П000000000 от 27.04.2015.

Издание выходит при содействии информационно-технического журнала «Сварщик»

Учредители Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ООО «Экотехнология»

Издатель ООО «Экотехнология»

Главный редактор В. Д. Позняков

Редакционная коллегия Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко, О. Г. Левченко, Л. М. Лобанов, П. П. Проценко, И. А. Рябцев

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 62Б

Телефон +380 44 200 5361

Тел./факс +380 44 200 8014

E-mail welder@welder.kiev.ua, welder.kiev@gmail.com

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Подписной индекс 20994
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс K0103
в каталоге российской прессы
«Почта России» —
персональная подписка

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

Кислородная резка крупногабаритного металлолома из высоколегированных сталей и чугуна

*В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак,
В. В. Капустин, С. Л. Василенко*

Описан новый способ кислородной резки металлов больших толщин и разработанный для него газокислородный резак РГКМ-5. Приведены параметры резки резаками РГКМ-5 НЖ и РГКМ-3. Установлено, что применение нового способа резки позволило резать заготовки толщиной до 1500 мм, а в некоторых случаях и до 1800 мм за один проход при сохранении прежнего расхода энергоносителей.

Производство латунных труб из сварной заготовки на станках ТСС 15...32

*В. А. Васильев, Ю. К. Дозорцев, Е. М. Донской, Н. В. Сидорова,
Е. С. Бергер, И. Ф. Пружинин, М. В. Фролов, Л. А. Лизенкова,
И. А. Скотников, А. Е. Стрешнев*

Рассмотрены причины брака при испытаниях готовых труб на раздачу. Освещены вопросы оптимизации величины усиления корня шва, определения величины оптимального зазора. Описаны процессы волочения сварной трубы, отжиг готовых латунных труб из сварной заготовки на полутвердое состояние, контроль процесса АДСТ.

Ультразвуковые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лащенко

Рассмотрена ультразвуковая сварка и обработка в процессе сварки металлов плавлением, послесварочная обработка сварных соединений. Даны обобщенные результаты испытаний сварных соединений некоторых марок сталей на усталостную прочность. Приведены данные об эффективности повышения сопротивления усталости сварных соединений при высокочастотной механической проковке.

Нанесение керамических покрытий с помощью многокамерного газодинамического ускорителя

*Ю. Н. Тюрин, О. В. Колисниченко, Н. Я. Василик,
М. Г. Ковалева, М. С. Прозорова, М. Ю. Арсеев*

Описана разработанная авторами многокамерная газодинамическая горелка для напыления керамических покрытий, главным элементом которой является многокамерный газодинамический ускоритель. Приведены режимы формирования керамического слоя из порошка Al_2O_3 . Рассмотрены результаты исследования структуры покрытия и значения микротвердости напыленного слоя.

Ремонт судов и гидротехнических сооружений с применением подводной механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой

В. Я. Кононенко

Рассмотрен ряд технологических решений, разработанных и реализованных при выполнении работ, связанных со строительством и восстановлением целостности корпусов судов и гидротехнических сооружений без постановки их в сухой док. Описано применение сварки при ремонте и герметизации корпуса судна, замене запорной арматуры в кингстонных шахтах, ремонте плавучих причальных сооружений, подъеме судов и др.

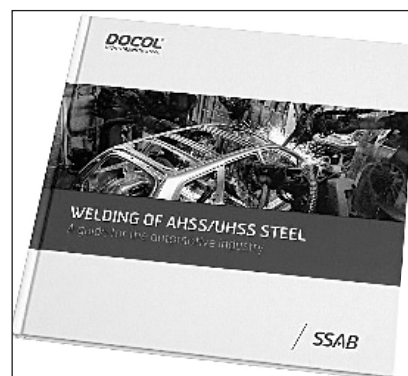


Компания SSAB выпускает руководство по сварке сверхпрочных сталей/сталей повышенной прочности для автомобильной промышленности

Учитывая растущий спрос на сверхпрочные стали/стали повышенной прочности в автомобильном секторе, компания SSAB (Швеция) выпустила новое подробнейшее руководство по сварке сталей этих категорий на английском языке. Поскольку область применения сверхпрочных сталей/сталей повышенной прочности в автомобилестроении постоянно расширяется, в новом руководстве по сварке рассмотрены практические параметры, даны рекомендации и углубленный анализ, необходимый для оптимизации сварочных технологий и быстрого получения эффективных результатов.

Это руководство по сварке сверхпрочных сталей/сталей повышенной прочности не имеет аналогов ни в сталелитейной, ни в автомобильной промышленности.

Руководство по сварке было разработано Сервисным центром знаний компании SSAB. Это мощное подразделение технической поддержки предлагает автомобилестроителям углубленные профессиональные знания, консультации и рекомендации по применению сверхпрочных сталей/сталей повышенной прочности. Руководство, объем которого 80



страниц, можно заказать через сайт www.ssab.com/weldingguide. Это пособие ориентировано на всех автопроизводителей и поставщиков различного уровня, а также может заинтересовать других специалистов различных отраслей.

● #843

www.promrinok.ru

Технологический комплекс высокоточной плазменной и газокислородной резки Pilot 6020-PL

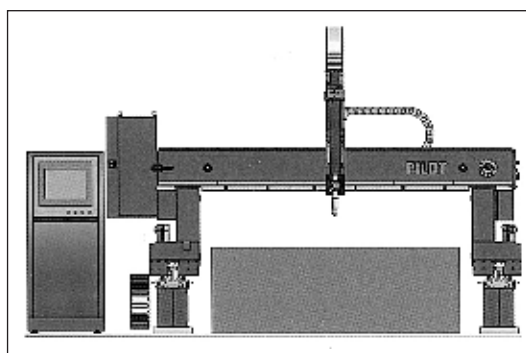
Техническая характеристика:

Размеры обрабатываемых листов, мм:

ширина	2000**
длина	6000**
Точность — высший класс по ГОСТ 5614-74, мм	± 0,1
Стабилизация расстояния между резаком и разрезаемым листом (автоматическая), мм	0,1
Скорость перемещения резаков, м/мин	38,0
Формат управляющих программ	ISO/ESI
Тип электропривода	Синхронный бесщеточный планетарный
Количество координат (X1-X2-Y-Z1)	4
Потребляемая мощность, кВт	3,0
Плазмообразующие газы (давление, МПа; расход, л/мин; чистота, %)*:	
кислород	0,83/34/99,5
азот	0,83/165/99,5
сжатый воздух (по ISO 8573-1)	0,83/163
H35 (H35=65 % аргон, 35 % водород)	0,83/33/99,995
Габаритные размеры, мм	8000**x3500**x2000

* В зависимости от выбранной технологической оснастки.

** В зависимости от выбранной модификации.



Технологический комплекс Pilot 6020-PL предназначен для фигурного раскроя металлопроката низкоуглеродистых, высокоуглеродистых сталей, цветных металлов, алюминия и их сплавов. Комплекс соответствует требованиям ГОСТ 5614-74, ГОСТ 15150, ОСТ 26-042139 и обеспечивает высший класс точности воспроизведения заданного контура.

В состав комплекса входят: высокоточная координатная портальная машина; аппарат плазменной резки; САПР раскрой; стартовый ЗиП.

● #844

ОДО «ЗОНТ» (Одесса), ООО «Автогенмаш» (Тверь)

На БМЗ издали уникальный справочник-атлас дефектов металлопродукции

Справочник-атлас обобщает 30-летний опыт Белорусского металлургического завода (БМЗ) по систематизации и анализу самых разнообразных дефектов, когда-либо наблюдавшихся на заготовках, полуфабрикатах и готовой продукции предприятия. Справочник-атлас предназначен для инженерно-технических работников и служб контроля качества как практическое пособие. Издание смело можно назвать уникальным, так как ранее ни на одном из металлургических и метизных заводов не проводилась такая обширная систематизация данных, необходимых для совершенствования производственного процесса и повышения качества выпускаемой продукции.

Исследовательский центр (ИЦ) БМЗ за последние два года провел испытания более 150 наименований материалов и изделий для основного производства. Только в прошедшем году экономический эффект от их внедрения составил около 9 млн. долларов. Сотрудники ИЦ ведут работы по разработке и внедрению в производство новых марок

сталей для выпуска автомобильных кругов. Эту продукцию уже приобретают ведущие мировые производители автозапчастей и автокомпонентов. Еще одно из главных направлений: разработка новых сверх- и ультрапрочных конструкций металлокорда.

В 2014 г. БМЗ поставил на поток производство арматурной стали класса 500 МПа, микрелегированную бором углеродистую сталь для армирования железобетонных конструкций гладкого профиля (для АЭС); трубы из углеродистой и легированной стали; трубы-заготовки из углеродистой и никельмолибдено-содержащей стали. Разработаны и изготовлены опытные партии проволоки для резки sawwire (электроэрозионная), бортовой бронзированной проволоки диаметрами 1,2; 0,95 мм; металлокорда.

● #845

www.steelland.ru/news/metallurgy/4221.html#ixzz3PMHlc16b



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины. Международная ассоциация «Сварка». Ассоциация «Электрод». Общество сварщиков Украины. Российское научно-техническое сварочное общество

Международная конференция НАПЛАВКА – Наука • Производство • Перспективы 15–17 июня 2015 Киев, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Тематика конференции:

- Теоретические проблемы наплавки
- Новые наплавочные материалы
- Новые технологические процессы наплавки
- Опыт применения наплавки в разных отраслях промышленности
- Оборудование для наплавки
- Работоспособность, ресурс эксплуатации наплавленных деталей; особенности эксплуатационных разрушений наплавленных деталей
- Нормативные документы, в том числе международного уровня, для выполнения наплавочных работ

Организационный комитет конференции: ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины
03680, г. Киев, ул. Боженко, 11. Тел./факс: (+38044) 200-82-77
E-mail: journal@paton.kiev.ua <http://pwi-scientists.com/rus/naplavka2015>

Кислородная резка крупногабаритного металлолома из высоколегированных сталей и чугуна

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод»,
В. В. Капустин, ПАО «ЭМСС», **С. Л. Василенко**, ПАО «НКМЗ» (Краматорск)

На Краматорских заводах ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод» (НКМЗ) и ПАО «Энергомашспецсталь» (ЭМСС) широко применяют машинную кислородную резку металлических заготовок из углеродистых и низколегированных сталей толщиной до 1200 мм с помощью резаков РГКМ-3. С внедрением в 2013–2014 гг. резака РГКМ-5 на этих заводах стала возможна резка за один проход заготовки толщиной до 1500 мм, а в некоторых случаях и до 1800 мм при сохранении прежнего расхода энергоносителей.

Такой эффект был получен благодаря новому способу кислородной резки металлов больших толщин (Пат. Украины 92865, кл. F23C 7/00, 10.09.2014. Бюл. № 17), для осуществления которого и был разработан газокислородный резак РГКМ-5 (рис. 1).

Этот способ заключается в том, что в сплошном потоке горючего газа в одном направлении с ним перемещается кислород основной режущей струи, вокруг которой расположены несколько дополнительных режущих струй. Кислород дополнительных режущих струй перемещается также в сплошном потоке горючего газа, скорость которого меньше скорости кислорода основной режущей струи не более чем на 10 %.

Сплошной поток горючего газа заполняет все пространство между основным и вспомогательными потоками режущего кислорода, а также образует внешнюю оболочку. Поскольку горючий газ перемещается в одном направлении с потоками режущего кислорода и имеет плотность в несколько раз ниже, чем плотность окружающего воздуха, он позволяет сохранить скорость и чистоту кислорода на значительном расстоянии от торца мундштука, то есть позволяет сохранить режущие свойства кислорода на значительном расстоянии от торца мундштука.

На рис. 2 показан факел пламени и режущие струи кислорода. Видно, что вокруг основной режущей струи располагаются вспомогательные струи кислорода, они не перемешиваются и надежно защищены горючим газом.

При использовании ранее применяемых способов кислородной резки металлов больших толщин имеют место три фактора, тормозящих процесс резки:

1. Режущая струя кислорода постоянно «наезжает» на переднюю кромку реза, которая деформирует и возмущает эту струю, снижая ее режущие свойства;

2. Кислород режущей струи вступает в реакцию горения металла сразу на верхней кромке реза, при этом он загрязняется продуктами горения и начинает терять свою скорость сразу на верхней кромке реза;

3. Недостаточное количество перегретого шлака, образующегося на верхней кромке реза, и недостаточная мощность факела подогревающего пламени, попадающего в полость реза, слабо прогревают глубокие слои металла и нижнюю кромку полости реза.

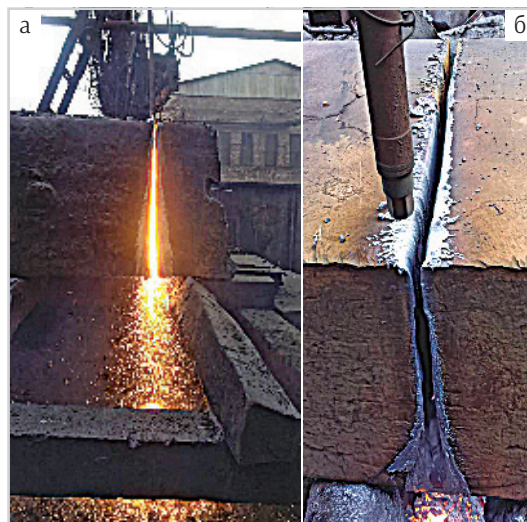


Рис. 1. Процесс резки груза толщиной 1500 мм, сталь 20 (а) и полость реза (б)

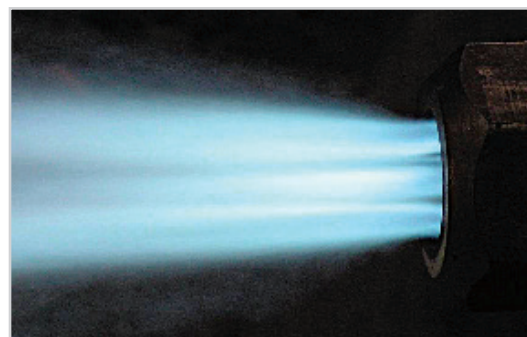


Рис. 2. Факел резака РГКМ-5 с включенными дополнительными режущими струями и основной режущей струей

При использовании способа кислородной резки металлов больших толщин по Пат. 92865 фронтальную поверхность и боковые поверхности реза на верхней части заготовки образуют вспомогательные режущие струи, в образовавшуюся полость (воронку) попадает основная режущая струя, не касаясь заготовки ни с фронта, ни по бокам. В данном случае первый фактор, тормозящий процесс резки, не имеет места.

В верхней части заготовки в реакцию горения с металлом вступает кислород вспомогательных режущих струй, сохраняя чистоту и скорость кислорода основной режущей струи, затем, по мере ослабления вспомогательных струй, в реакцию горения металла вступает кислород основной режущей струи в глубинных слоях заготовки.

При этом количества перегретого шлака, уносимого из полости реза, вполне достаточно для прогрева заготовки вблизи нижней кромки реза. В данном случае второй и третий факторы, тормозящие процесс резки, также отсутствуют.

Описанное выше можно увидеть на *рис. 3*, где хорошо видна полость реза, образованная вспомогательными режущими струями кислорода (сужение полости реза в передней части заготовки), и видна полость реза, образованная основной режущей струей кислорода (рез с параллельными стенками в глубине заготовки).

После внедрения резака РГКМ-5 на НКМЗ и ЭМСС была решена задача разделки на scrap кусковых отходов из углеродистых и легированных сталей любой толщины. Однако резка крупного лома из высоколегированных сталей, например 08X18H10T, и чугуна оставалась узким местом в технологической цепочке подготовки шихты для электросталеплавильных печей.

До недавнего времени заготовки из высоколегированных сталей и чугуна резали с помощью кислородного копья или ручными резаками с параллельным вводом в полость реза стальных прутков. От использования способа кислородно-флюсовой резки на НКМЗ и ЭМСС отказались по причине его дороговизны и нестабильности процесса.



Рис. 3. Процесс кислородной резки запатентованным способом

Было решено проверить эффективность применения нового способа (Пат. 92865) при кислородной резке высоколегированных сталей и чугуна. На участке подготовки шихты ЭМСС была выполнена экспериментальная резка корпусной детали из чугуна переменного сечения от 200 до 400 мм (*рис. 4*) и прибыльных частей слитков из стали 08X18H10T диаметром 1300–1400 мм и толщиной 500–700 мм (*рис. 5*).

Результаты экспериментов доказали эффективность применения способа кислородной резки металлов больших толщин, описанного в настоящей статье, при разделке кусковых отходов из высоколегированных сталей и чугуна. По полученным данным был модернизирован резак РГКМ-5, которому была присвоена марка РГКМ-5НЖ. Он отличается более мощным пламенем и успокоенной режущей кислородной струей низкого давления.

На *рис. 5* показаны все важные моменты кислородной резки концевой части слитка из стали 08X18H10T. Заготовка имеет диаметр 1300 мм, толщина от 500 до 600 мм. Вместе с заусеницей толщина заготовки составляет 750 мм. Масса заготовки 5,5 т. Присадку из металлического прутка использовали только в момент врезания кислородной струи в заготовку. Это практикуют и при резке обычных сталей: для сокращения времени нагрева и экономии газоэнергоносителей. Рез длиной 1300 мм был выполнен за 26 мин. Средняя скорость резки составила 50 мм/мин. Средняя ширина реза (в просвете) составила 30 мм. Расстояние между резаком и изделием поддерживали в пределах от 120 до 160 мм.



Рис. 4. Экспериментальная резка чугунного корпуса на металлолом

Угол наклона резака от вертикали, равный 15° , был выбран из соображений безопасности (в случае выброса расплава вверх — мундштук резака не пострадает). Параметры резки приведены в *таблице*.

Из *рис. 6* видно, что две половины заготовки в результате тепловых подвижек сомкнулись друг с другом. Значит, рез получился сквозным по всей его длине.

При кислородной резке высоколегированной стали 08X18H10T толщиной 500 и 700 мм были получены качественные разделительные резы (*рис. 6, 7*). Себесто-

имость резки не превышает себестоимости резки обычных сталей. Железный порошок или присадочный пруток в процессе резки не применяли.

Анализ поверхностей реза (*рис. 8*) позволил сделать вывод о том, что способ кислородной резки металлов больших толщин (Пат. 92865) с успехом можно применять при фигурной вырезке деталей из толстых плит высоколегированных, и нержавеющей сталей.

Углеродистые и низколегированные стали имеют температуру воспламенения ниже, чем температура их плавления. Этим обуславливается процесс кислородной резки. Сталь в твердой фазе нагревают до температуры воспламенения, на место нагрева пускают кислородную струю и начинают



Рис. 5. Процесс резки прибыльной части слитка из стали 08X18H10T. Диаметр заготовки 1300 мм, высота 500–600 мм: а — прогрев нижней части заготовки; б — момент пуска основной режущей струи, врезание; в — резка заготовки в ее центральной части; г — резка над заусеницей; д — резка через заусеницу высотой 150 мм; е — выход кислородной струи из заготовки, окончание резки

Таблица. Параметры резки резаками РГКМ-5НЖ и РГКМ-3

Параметр	Резак РГКМ-5НЖ	Резак РГКМ-3
Толщина разрезаемого металла, мм	500–1200	500–1200
Материал разрезаемой заготовки	Высоколегированные стали и чугун	Углеродистые и низколегированные стали
Давление в цеховой магистрали, МПа, не менее: кислорода природного газа	0,75 0,065	
Давление перед резаком, МПа: режущего кислорода подогревающего кислорода природного газа	0,15–0,25 0,1–0,25 0,02–0,04	0,35–0,45 0,25–0,45 0,02–0,04
Расходы, м ³ /ч, не более: режущего кислорода подогревающего кислорода природного газа	60–190 6–22 8–26	65–200 7–25 9–30

перемещение резака. Основная часть шлака, образовавшегося в процессе горения железа, уносится кислородной струей, образуя полость реза, а оставшая часть шлака выдавливается на поверхность разрезаемой заготовки и растекается там во все стороны.

Высоколегированные стали и чугун имеют температуру воспламенения выше, чем температура их плавления. Металл в месте нагрева сначала плавится, и в жидкой фазе расплав уносится из зоны действия подогревающего пламени, не успев воспламениться. Необходимо постоянно воспламенять металл на передней кромке реза извне. Если кислород подают в зону резки через горящую трубку, то это копьевая резка. Если кислород поступает в зону резки через мунд-



Рис. 6. Полость реза со стороны начала резки (а), и со стороны окончания резки (б). Диаметр прибыльной части слитка 1300 мм, высота от 500 до 600 мм. Сталь 08Х18Н10Т



Рис. 7. Полость реза прибыльной части слитка из стали 08Х18Н10Т диаметром 1400 мм и высотой 700 мм



Рис. 8. Поверхность реза. Прибыльная часть слитка из стали 08Х18Н10Т диаметром 1300 мм и высотой 500–600 мм разрезана на четыре части

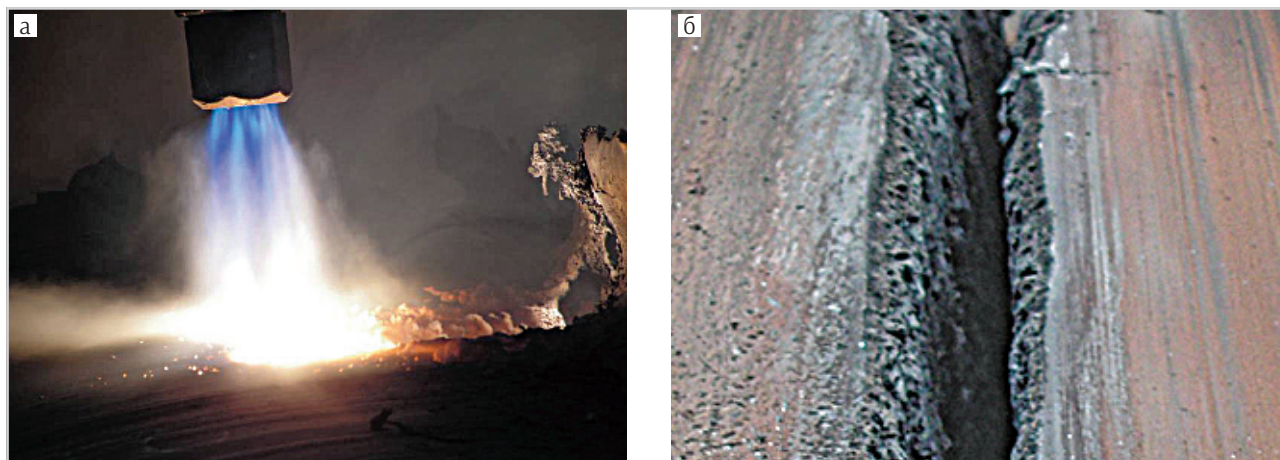


Рис. 9. Кадр киносъемки верхней кромки реза (а) и эта же кромка реза после окончания резки (б)

штук резака, а на верхнюю кромку реза отдельно подают железный порошок, то это кислородно-флюсовая резка.

При резке нержавеющей стали и чугуна экспериментальным резаком РГКМ-5НЖ яркость шлаковой дорожки и ее температура намного выше, чем при резке углеродистых и низколегированных сталей. Значит, сталь горит, и из полости реза уносится шлак, а не расплав.

Покадровое изучение снятого на пленку процесса резки (рис. 9, а) раскрыло механизм кислородной резки нержавеющей стали и чугуна с использованием вышеописанного способа. Расплав на верхней кромке, выдавленный из полости реза, не растекается во все стороны по поверхности заготовки, а задерживается на участке между основной режущей струей и дополнительными режущими струями, расположенными вокруг основной струи. Этот участок подвергается наиболее интенсивному воздействию подогревающим пламенем и металл уже в жидкой фазе подогревается до температуры воспламенения в струе кислорода. Горящий металл и продукты горения уносятся в полость реза, подогревая до температуры воспламенения глубинные слои заготовки. Этим обеспечивается непрерывность процесса резки.

На рис. 9, б на верхней кромке реза отчетливо видна двухсторонняя фаска, которая образовалась в результате воспламенения металла в жидкой фазе основной и допол-

нительными режущими струями кислорода. Металл этих фасок и играет роль железного порошка или присадочного прутка при кислородной резке нержавеющей стали и чугуна.

При кислородной резке крупных кусков металлолома на шихту имеет значение уменьшение ширины реза, так как уменьшается количество безвозвратных потерь, но не имеет значения состояние поверхности реза (наличие закалочных структур, трещины), поскольку все идет на переплав. Поэтому заготовки из любых сталей режут в холодном состоянии, как правило, на открытых эстакадах, зимой и летом. Высокое качество поверхности полученного реза гарантировано и при фигурной кислородной вырезке деталей из поковок и плит из высоколегированных марок сталей. Режимы предварительного и последующего подогрева заготовки с целью уменьшения образования закалочных структур и поверхностных трещин на НКМЗ и ЭМСС отрабатаны для каждой марки стали.

● #846

ПОЗДРАВЛЯЕМ!



Редакционная коллегия, редакция журнала, Совет Общества Сварщиков Украины поздравляют заведующего отделом «Сварка легированных сталей» доктора технических наук, главного редактора журнала «Сварщик» **Валерия Дмитриевича Познякова** с избранием в члены-корреспонденты Национальной академии наук Украины.

Желаем Валерию Дмитриевичу здоровья и новых творческих успехов.



Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона



ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона» — представитель Института электросварки им. Е.О.Патона (Украина) в России. Основной вид деятельности — внедрение научно-технических разработок и достижений прикладной науки в реальное производство.

Институт электросварки им. Е.О.Патона в советское время являлся ведущим институтом в области сварки и родственных технологий и до сих пор остается крупнейшим в мире центром создания ресурсосберегающих и конкурентоспособных технологий сварки, наплавки, резки, восстановления, нанесения защитных покрытий и специальной металлургии. Более чем за 80-летнюю историю существования Института лучшими учеными страны создан и накоплен значительный интеллектуальный, научно-технический и производственный потенциал, позволяющий на самом высоком уровне создавать современные технологии, материалы и оборудование для всех отраслей промышленности.

ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона» предлагает технологии и услуги, направленные на оптимальное решение технических проблем с максимальным экономическим эффектом в условиях реального производства:

- технологии восстановления и продления ресурса уникальных металлоконструкций;
- проектирование и изготовление специализированного оборудования для сварочных и наплавочных работ;
- технический аудит, консалтинг применения сварочных технологий, материалов, оборудования;
- издание производственно-практического журнала «Сварщик в России», книг и брошюр по сварке и родственным технологиям.

- ▶ Сварочное оборудование и аксессуары
- ▶ Газовое оборудование для резки и сварки
- ▶ Средства индивидуальной защиты
- ▶ Средства технической химии
- ▶ Твердая и мягкая пайка
- ▶ Шлифовальные материалы
- ▶ Пилы и лентопильные станки
- ▶ Сварочное оборудование и подсобные комплектующие
- ▶ Сварочные материалы

ФИЛИАЛ:

ООО «РИВАЛ- РУ»
109559, г. Москва, ул. Цимлянская 3, стр. 1, оф. 11
тел./факс: +7 495 358 75 56
моб.: +7 985 213 48 12
info@rywal.ru
www.rywal.eu

Дистрибьюторы:

ООО «НПП СварТехно»
398007 г. Липецк,
ул. Студенческая, 126
+7 (4742) 28-45-45,
27-37-36
info@svartehno.ru
svartehno@bk.ru

ООО «Профессионал групп»
г. Саратов,
ул. Соколова, 129/141
8 (8452) 33-07-01,
33-07-02, 33-28-18
office@s-svarka.ru,
3220177@mail.ru
s-svarka.ru

ООО «Изотерм»
г. Калининград,
ул. Орудийная, 105
+7 (4012) 59 75 81

ООО «Альфа Арс Групп»
8 (915) 102-80-39
+7 (49646) 5-05-76
+7 (49646) 5-01-16
Pys@metizi.ru1



«РИВАЛ-РХЦ» ул. Польна 140В,
87-100 Торунь, Польша,
т. +7 911 860 99 52
т. +48 56 66-93-820
ф. +48 56 66-93-805
export@rywal.com.pl
www.rywal.eu

НАВКО-ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

Автоматические установки и роботы для дуговой сварки и наплавки



УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, Киев
Тел.: +38 044 456-40-20
Факс: +38 044 456-83-53

http://www.navko-teh.kiev.ua

E-mail: info@navko-teh.kiev.ua

ООО ППП
РЕММАШ

Украина, 49083, г. Днепропетровск
пр. им. Газеты «Правда» 29, к. 603
т. (0562) 347 009, (056) 790 0133
тел./факс (056) 371 5242
E-mail: remmash_firm@ukr.net

Разработка и изготовление оборудования

для механизированной дуговой наплавки

РМ-9 — установка автоматической дуговой наплавки гребней железнодорожных колесных пар



РМ-15 — универсальная установка автоматической дуговой наплавки деталей горного оборудования

ИЗРМ-5 — универсальная установка автоматической дуговой наплавки малогабаритных цилиндрических деталей



Производство латунных труб из сварной заготовки на станах ТСС 15...32

В. А. Васильев, Ю. К. Дозорцев, Е. М. Донской, Н. В. Сидорова, Е. С. Бергер, И. Ф. Пружинин, Институт «Гипроцветметобработка» (Москва), М. В. Фролов, Л. А. Лизенкова, И. А. Скотников, А. Е. Стрешнев, Кольчугинский завод ОЦМ им. С. Орджоникидзе (Кольчугино)

Основная проблема производства латунных труб из сварной заготовки — брак при испытаниях готовых труб на раздачу. Допустимым является нарушение сплошности при раздаче трубы на величину 20 % диаметра на одном из пятнадцати отобранных из каждой партии образцов, если этот образец попадает в число первых пяти штук.

Для выяснения причин брака при испытаниях готовых труб на раздачу проанализировали действовавшую технологию по следующим операциям:

- резка ленты на штрипсы;
- формовка трубной заготовки;
- аргодуговая сварка продольного стыка трубной заготовки;
- бухтовое волочение с плавающей оправкой;
- отжиг труб на полутвердое состояние в проходной печи в атмосфере водяного пара.

Установлено, что причиной брака при раздаче является наличие складок металла в зоне термического влияния (ЗТВ), уменьшающих сечение стенки до 10 %. Складки образуются при волочении на плавающей оправке участков трубной заготовки с шириной корня шва 2,5 мм и более и высотой усиления 0,4 мм и более. На таких участках наблюдается также ослабление стенки в ЗТВ за счет утонения стенки при застывании сварочной ванны и укрупнения зерен при нагреве теплотой сварочной ванны.

Процесс образования складок вызван разностью деформаций по шву, ЗТВ и основному металлу, доходящей до 15–20 %. Кроме того, при действовавших режимах отжига не на всех трубах каждой садки успевало произойти выравнивание свойств металла шва и основного металла.

В дальнейшем работа свелась к решению трех вопросов:

- получение равномерного усиления корня шва ограниченной величины по всей длине бухты;
- разработка таких условий деформации сварного соединения, которые снижали бы величину складок или полностью препятствовали их появлению;
- подбор условий и режима отжига, при которых происходит полное выравнивание свойств и структуры сварного соединения.

Оптимизация величины усиления корня шва. Существовавшая схема образования сварочного зазора (зазора между кромками) была такой:

- доформовка профиля трубной заготовки в последнем гладком (без направляющей шайбы) закрытом формо-

вочном калибре с заданным углом развала кромок 30 градусов;

- направление стыка кромок в зону сварки (под сварочный электрод) неподвижным ножом и парой роликов диаметром 100 мм с горизонтальными осями и канавкой в верхнем ролике для выхода ножа;
- доведение сварочного зазора до заданного двумя парами роликов диаметром 120 мм с вертикальными осями, имеющими каждая по пять регулировок (вертикальная регулировка каждого ролика-две, горизонтальная поперек стыка кромок каждого стыка-две, одновременная горизонтальная обоих роликов-одна).

Получить заданный зазор и не сместить по вертикали кромки оказалось практически невозможно по двум причинам: при таком количестве регулировок крайне затруднительно избежать скручивания профиля; в случае, если исключено скручивание и смещение кромок, то постоянство зазора недостижимо вследствие колебания периметра трубной заготовки при изменении толщины стенки в допустимых пределах.

Проблемы стабилизации сварочного зазора были решены с помощью:

- доформовки профиля в последнем формовочном калибре шириной 34 мм с направляющей шайбой толщиной 4 мм с редуцированием трубной заготовки до 2 %;
- окончательной доформовки в сварочных роликах диаметром 80 мм с горизонтальными осями, имеющими одну регулировку — вертикальную;
- максимального приближения сварочных роликов к направляющей шайбе последнего формовочного калибра;
- внеконтактной сборки стыка кромок за сварочными вальками.

В результате реализации названной схемы колебания величины зазора не превышают 0,05–0,07 мм.

Чтобы выдержать параллельность собранных кромок, кроме редуцирования в калибре с плоской направляющей шайбой, реализована схема резки ленты на штрипсы, отличающейся тем, что заусеницы каждого штрипса направлены в разные стороны. Такая схема обеспечивает перпендикулярность реза, следовательно, параллельность собранных кромок.

Несмотря на достигнутый постоянный сварочный зазор, величина усиления изменялась в пределах от 1,0 до 2,5 мм, что было значительно меньше, чем ранее.

Наблюдения показали, что причиной разброса значений усиления является неодинаковое по длине бухты поглощение теплоты дуги, зависящее от черноты поверхности исходной ленты. Ширина шва была увеличенной на участках с большей чернотой поверхности ленты.

Для оценки фактора черноты поверхности был проведен опыт по сварке трубной заготовки из ленты, подвергнутой дополнительному травлению. Результат показал, что изменение усиления шва значительно уменьшилось. Дополнительное подтверждение полученного результата определено при замере температуры тела трубной заготовки бесконтактными приборами сразу после сварки. Колебания температуры на трубах из протравленной ленты на порядок меньше, чем на нетравленной ленте.

Сравнительный анализ показал, что затемненные участки поверхности ленты — результат коксования остатков смазки при отжиге. Такие участки не очищаются полностью при промывке органическими растворителями и плохо поддаются травлению по сравнению с только окисленными участками. Следовательно, самое простое и кардинальное решение этой проблемы — удаление смазки с поверхности ленты перед отжигом.

Определение величины оптимального зазора.

При застывании сварочной ванны в самый начальный момент происходит стягивание кромок заготовки. Для проверки этого был проведен такой опыт. На отрезке трубной заготовки длиной 100 мм с помощью проволоочной обвязки был зафиксирован зазор величиной 1 мм. Был подобран режим, обеспечивающий ширину корня шва 2 мм при скорости сварки 1 м/мин. При этом зазор, в дальнейшем называемый горячим, стал равным 0,5 мм. С увеличением сварочной ванны горячий зазор уменьшается.

С уменьшением исходного — холодного зазора, до величины, которая была меньше величины усадки зазора, усиление корня шва увеличивается. Усадка зазора увеличивается с ростом скорости сварки, но с образованием шва ее величина при изменении скорости практически не изменяется. На основе этого свойства разрабо-

тан переходный режим сварки, заключающийся в том, что заварку шва осуществляют на скорости 0,5 м/мин с минимально возможным сварочным током $I_{св} = 120 \dots 130$ А. Затем режим плавно переходит на заданный: для трубной заготовки диаметром 32×1,5 мм $V_{св} = 4$ м/мин; для заготовки диаметром 32×1,2 мм $V_{св} = 5$ м/мин. Для обоих случаев холодный сварочный зазор равен 0,4 мм, горячий 0,05–0,1 мм. Оптимальная ширина корня шва 2 мм, усиление при этом не превышает 0,25 мм.

С целью уменьшения подрезов шва на повышенных скоростях сварку осуществляют загнутым на конце электродом.

Параметры электрода: диаметр площадки заточенного электрода 2,0–2,5 мм, причем затачивают электрод таким образом, чтобы площадка получилась смещенной относительно оси электрода. Величина смещения $C = d_{эл} - d_{зат}/2$; высота заточки 8–10 мм; угол загиба 30–35 градусов; длина прямого участка на конце электрода 2,5–3,0 мм. Загнутый конец электрода располагают вдоль стыка в сторону, обратную перемещению трубной заготовки. Загнутый электрод смещает хвост дуги в сторону загиба на 15–17 мм, при этом происходит обжиг поверхности, что увеличивает ее черноту и, соответственно, поглощение теплоты дуги.

При сварке нетравленной ленты уменьшается контраст между светлыми и темными участками поверхности у стыка кромок.

Волочение сварной трубы. При безоправочном волочении площадь сечения усиления корня шва уменьшается пропорционально вытяжке. Практически высота усиления шва при безоправочном волочении увеличивается.

Волочение с плавающей оправкой включает две стадии: безоправочное волочение до соприкосновения внутренней поверхности с оправкой; деформация трубы при протягивании через кольцевое отверстие, образованное волокой (матрицей) и оправкой.

При этом величина деформации по шву, основному металлу и ЗТВ будет различной. Наибольшая величина деформации металла будет по шву, наименьшая — в ЗТВ, где происходит уменьшение стенки.

Наблюдения за изменением толщины стенки в действующей технологии волочения сварных латунных труб показали, что за счет утяжки металла в ЗТВ образуются впадины со стороны внутренней поверхности. Если величина съема по стенке не превышает глубину впадин, то на последующих стадиях безоправочного волочения эти впадины переходят в складки, которые ослабляют сечение готовых труб и приводят к браку при раздаче образца.

Анализ результатов исследований показывает следующее:

- наибольшее влияние на разность деформаций по шву и основному металлу оказывает величина усиления шва;
- при уменьшении величины съема металла по стенке величина разности деформаций уменьшается;
- величина разности деформации уменьшается также при разглаживании корня шва за счет его свободного уширения.

Сравнение анализируемых вариантов волочения по результатам раздачи после первого прохода показывает, что наилучший результат дает волочение с разглаживанием шва. Объясняется это тем, что в этом случае при минимальной осадке происходит значительная нагартовка металла шва и ЗТВ. При этом за счет нелинейной зависимости прочности от величины деформации разность свойств металла шва, основного металла и металла ЗТВ резко уменьшается. При последующей стадии безоправочного волочения на этих участках геометрические параметры сварного соединения меняются мало.

С целью значительного уменьшения усиления шва опробован процесс потолочной сварки, при котором за счет провисания сварочной ванны в сторону наружной поверхности усиление шва может быть сведено практически к нулю.

На основании положительных результатов была проведена реконструкция одного из станов ТСС15...32.

Отжиг готовых латунных труб из сварной заготовки на полутвердое состояние. Разработанные процессы формовки, сварки и волочения оценивали по результатам испытаний на раздачу образцов готовых труб, отожженных на полутвердое состояние в лабораторных печах без защитной атмосферы. При этом 90–100 % труб из каждой партии выдерживали раздачу без нарушения сплошности до 40 % увеличения диаметра и более.

Отжиг готовых труб в проходной печи в атмосфере водяного пара таких результатов не давал: выравнивание свойств металла сварного соединения произойти не успевало.

Из оценки отражательной способности поверхности труб после отжига труб в атмосфере водяного пара следовало, что для полного выравнивания свойств металла сварного соединения время отжига следовало бы увеличить не менее чем в пять раз. Такое решение повлекло бы за собой резкое снижение производительности проходной печи, загрузка которой и без того значительна.

Было опробовано уменьшение отражательной способности готовых труб за счет окисления их поверхности в первой нагревательной зоне печи без подачи водяного пара. Такой опыт дал положитель-

ный результат, и сварные латунные трубы отжигали на полутвердое состояние по старым режимам, но без подачи водяного пара в первую зону. При этом результаты испытаний на раздачу не отличались от лабораторного отжига в муфельных печах.

Контроль процесса АДСТ. Этот контроль по величине проплавления является насущной проблемой, сдерживающей применение сварных труб в ответственных случаях. Известные способы контроля по показаниям вихретоковых дефектоскопов ненадежны, а по косвенным параметрам (сварочному току, напряжению, скорости сварки, расходу аргона и др.) недостоверны. В работе был использован опыт контроля процессов АДСТ по температуре поверхности шва, определяемой бесконтактным прибором АПИР-3.

Вследствие значительных колебаний излучающих свойств поверхности шва показания прибора, записываемые на диаграмму, были размытыми и малопригодными для контроля и управления процессом сварки. Была предложена и опробована оценка процесса по температуре трубной заготовки, фиксируемой на расстоянии 120–150 мм от точки сварки под углом 100–120 градусов в вертикальной плоскости, проходящей через ось трубной заготовки.

К этому привели следующие соображения:

- если процесс идет нормально, то кромки оплавляются симметрично и большая часть поглощаемой теплоты идет на образование сварочной ванны и температура трубной заготовки в месте ее замера будет минимальной;
- в случае отклонения стыка от оси сварки температура в зоне замера будет повышаться;
- с увеличением сварочного зазора температура должна повышаться и, наоборот, с уменьшением — уменьшаться, потому что большая часть теплоты пойдет на нагрев трубной заготовки;
- то же должно происходить с утонением и утолщением стенки заготовки относительно номинала.

При опробовании процесса сварки эти предположения подтвердились: заведомое смещение электрода относительно стыка кромок изменяло температуру заготовки. Кроме того, полученный результат позволял фиксировать и симметричность нагрева кромок по показаниям дополнительного прибора.

При тарировке прибора по очищенной ленте и чистому аргону изменение температуры при ее замере (в случае смены баллона аргона или перехода на другой рулон ленты) будет отражать изменение качества аргона и ленты.

На основании полученных результатов разработана и внедрена промышленная технология производства латунных труб из сварной заготовки.

● #847



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

В этом году мы обобщим вопросы читателей, касающиеся основ дуговой сварки. Раздел «Консультации» предлагает пройти «школу» сварки или вспомнить и повторить уже известное.

Техника выполнения сварных швов

Возбуждение электрической дуги. Возбуждение сварочной дуги производится путем касания торцом электрода поверхности свариваемого изделия с быстрым последующим отводом торца электрода от поверхности изделия. При этом, если зазор не слишком велик, происходит мгновенное появление тока и установление столба дуги. Прикосновение электрода к изделию должно быть кратковременным, так как иначе он приварится (прилипнет) к изделию.

Отрывать прилипший электрод следует резким поворотом его вправо и влево. Возбуждение дуги может выполняться либо серией возвратно-поступательных движений с легким прикосновением к поверхности свариваемого металла и последующим отводом от поверхности изделия на 2–4 мм, либо путем царапающих движений торцом электрода по поверхности изделия, которые напоминают чирканье спичкой. Используйте наиболее удобный для вас способ.

После возбуждения дуги электрод следует некоторое время выдерживать в точке начала наплавки, пока не сформируется сварной шов и не произойдет расплавление основного металла. Одновременно с расплавлением электрода необходимо равномерно подавать его в сварочную ванну, поддерживая тем самым оптимальную длину дуги. Показателями оптимальной длины дуги является резкий потрескивающий звук, ровный перенос капель металла через дуговой промежуток, малое разбрызгивание.

Длина дуги значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Но слишком короткая дуга может вызывать прилипание электрода, дуга прерывается, нарушается процесс сварки. Длинная дуга горит неустойчиво с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода разбрызгивается и больше окисляется и азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов.

Если во время сварки по какой-либо причине сварочная дуга погаснет, то применяют специальную технику повторного зажигания дуги, обеспечивающую начало сварки с хорошим сплавлением и внешним видом. При повторном зажигании дуга долж-

на возбуждаться на передней кромке кратера, затем через весь кратер переводиться на противоположную кромку, на только что наплавленный металл, и после этого снова вперед, в направлении проводившейся сварки. Если электрод при повторном зажигании дуги не будет достаточно далеко отведен назад, между участками начала и конца сварки останется углубление. Если же при повторном зажигании электрод отвести слишком далеко назад, то на поверхности сварного валика образуется высокий наплыв.

Положение и перемещение электрода при сварке. В процессе сварки электроду сообщают следующие движения:

- поступательное по оси электрода в сторону сварочной ванны, при этом для сохранения постоянства длины дуги скорость движения должна соответствовать скорости плавления электрода;
- перемещение вдоль линии свариваемого шва, которое называют скоростью сварки; скорость этого движения устанавливается в зависимости от силы тока, диаметра электрода, скорости его плавления, вида шва и других факторов;
- перемещение электрода поперек шва для получения шва более широкого, чем ничтожный валик, так называемого уширенного валика.

При слишком большой скорости сварки наплавленные валики получаются узкими, с малой выпуклостью, с крупными чешуйками. При слишком медленной скорости перемещения электрода сварной валик имеет большую

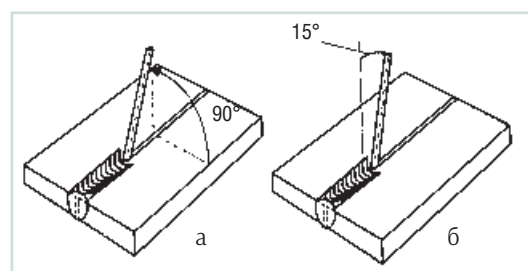


Рис. 1. Угол наклона электрода: а — в горизонтальной плоскости; б — в вертикальной плоскости

выпуклость, шов неровный по форме, с наплывами по краям.

Положение электрода при сварке должно соответствовать положению, показанному на *рис. 1*. Сварку выполняют в направлении как слева направо, так и справа налево, от себя и на себя.

В конце шва нельзя резко обрывать сварочную дугу и оставлять на поверхности металла кратер, являющийся концентратором напряжений и зоной с повышенным содержанием вредных примесей. Во избежание образования кратера необходимо прекратить перемещение электрода, т. е. сделать задержку на 1-2 с, затем сместиться назад на 5 мм и быстрым движением вверх и назад оборвать дугу.

При неправильном завершении сварки в месте окончания шва, где погасла дуга, всегда образуется глубокий кратер. Кратер может служить показателем глубины проплавления, однако в конце сварки и наплавки данные кратеры должны заполняться и завариваться. Это производится путем возбуждения дуги в кратере, установления короткой дуги и выдержки в таком положении электрода вплоть до заполнения расплавленным металлом кратера. Не рекомендуется заваривать кратер, несколько раз обрывая и возбуждая дугу, ввиду образования оксидных и шлаковых загрязнений металла.

Сварной шов, образованный в результате двух движений торца электрода (поступательного и вдоль линии шва), называют ниточным. Его ширина при оптимальной скорости сварки составляет $(0,8-1,5)d$. Ниточным швом заполняют корень шва, сваривают тонкие заготовки, выполняют наплавочные работы и производят подварку подрезов.

Для наплавки валика без поперечных колебаний электрода необходимо возбудить дугу, растянуть ее и некоторое время удерживать на одном месте для прогрева основного металла. Затем постепенно уменьшать длину дугового промежутка, пока не образуется сварочная ванна соответствующего размера. Она должна хорошо сплавиться с основным металлом до того момента, когда начнется поступательное движение электрода в направлении сварки. При этом рекомендуется выполнять небольшие перемещения электродом вдоль оси шва. Однако большинство сварщиков предпочитают перемещать электрод вдоль оси шва без каких-либо продольных колебаний, определяя скорость сварки по формированию валика.

При наплавке валиков на обратной полярности некоторые электроды имеют склонность к образованию подрезов. Для предотвращения проявления этой тенденции не следует перемещать сварочную дугу, располагающуюся за кратером, пока не будет наплавлено достаточное количество металла, чтобы сварной шов получил требуемый размер и подрез был заполнен расплавленным металлом.

Поперечные колебания электрода по определенной траектории, совершаемые с постоянной частотой и амплитудой и совмещенные с перемещением вдоль шва, позволяют получить сварной шов требуемой ширины. Поперечные колебательные движения конца электрода определяются формой разделки, размерами и положением шва, свойствами свариваемого материала, навыком сварщика. Широкие швы $(1,5-5) d_3$ получают с помощью поперечных колебаний, изображенных на *рис. 2*.

Для выполнения уширенного валика необходимо установить электрод в положение, показанное на *рис. 3*. При этом сле-

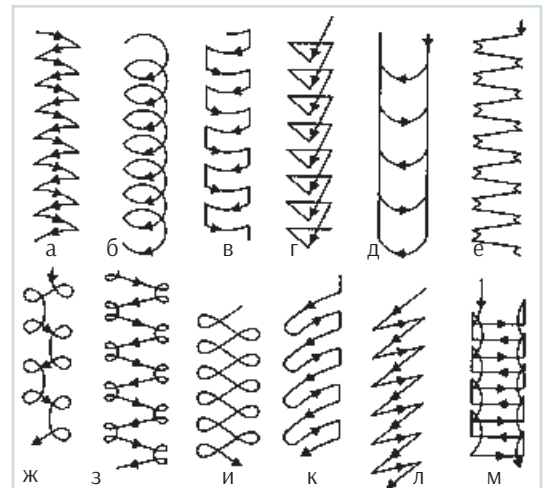


Рис. 2. Основные способы поперечных движений торца электрода (а-м)

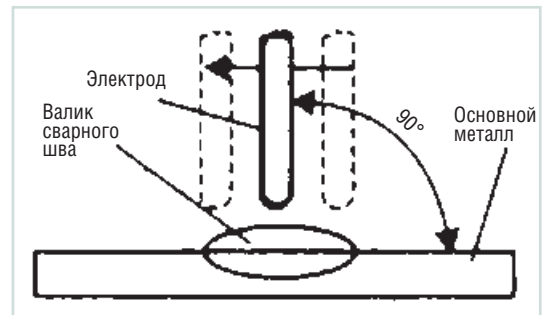


Рис. 3. Положение электрода при наплавке валиков с поперечными колебаниями

дует иметь в виду, что поперечные колебания совершаются электрододержателем, положение электрода в любой точке шва строго параллельно его первоначальному положению. Угол наклона электрода в вертикальной и горизонтальной плоскостях не должен изменяться при колебательных движениях по поверхности шва.

Колебания электрода должны выполняться с амплитудой, не превышающей три диаметра используемого электрода. Во время процесса формирования валика расплавленный слой должен поддерживаться в расплавленном состоянии. Если перемещать электрод слишком далеко и задерживать его возвращение, то возможны охлаждение и кристаллизация металла сварочной ванны. Это приводит к появлению в металле сварного шва шлаковых включений и ухудшает его внешний вид.

При сварке необходимо внимательно наблюдать за сварочной ванной, следить за ее шириной и глубиной проплавления, при этом не перемещать электрод слишком быстро. В конце каждого перемещения на мгновение останавливать электрод. Амплитуда поперечных колебаний должна быть немного меньше требуемой ширины наплаваемого валика. ● #848

Продолжение в следующем номере

Ультразвуковые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»

Сварка жестких пластмасс. Жесткие термопластичные полимерные материалы (полистиролы, акрилонитрилбутадиенстирольные пластики, сополимеры СНП и СН-28, полиметилметакрилат, капрон, капролон, поликарбонаты и др.) с большим модулем упругости ($E = 3100$ МПа) и небольшим коэффициентом затухания ($\delta = 0,10 \text{ с}^{-1}$) можно сваривать ультразвуком.

В этом случае сварное соединение можно получить на большом удалении от поверхности ввода ультразвуковых колебаний независимо от того, вводятся они в отдельной точке или на небольшом участке поверхности верхней детали. Благодаря хорошим акустическим свойствам полимерного материала энергия ультразвуковой волны незначительно ослабляется при прохождении через деталь, контактирующую с волноводом, к границе раздела свариваемых деталей. Такой способ сварки, называемый передаточной ультразвуковой сваркой (рис. 15), рекомендуют для соединения объемных деталей из жестких пластмасс. Наиболее рациональным при этом являются стыковые и тавровые соединения деталей. Удаление поверхности ввода ультразвуковых колебаний от плоскости раздела свариваемых деталей может составлять от 10 до 250 мм и зависит от упругих свойств полимерных материалов.

Для получения качественного соединения при передаточной ультразвуковой сварке нужно стремиться к концентрации энергии ультразвуковых колебаний непосредственно на стыкуемых поверхностях.

Установлено, что, изменяя форму и размеры стыков свариваемых деталей, можно концентрировать энергию ультразвуковых колебаний в том или ином сечении, что уменьшает время сварки. Наиболее эффективным углом при вершине V-образного выступа, при котором обеспечивается минимальная площадь контакта деталей перед сваркой, является угол меньше 90° .

Установлена зависимость количества теплоты ΔH , необходимой для перехода полимера в вязкотекучее состояние, от типа полимера (поливинилхлорид (ПВХ), полиметилметакрилат (ПММА), полистирол (ПС)) и формы разделки свариваемых кромок (рис. 16). Из рисунка видно, что энергия ΔH зависит не только от типа полимера, но и от формы разделки кромок. При этом наиболее приемлемым является V-образный выступ.

Опыт показывает, что разделка кромок обеспечивает значительное повышение прочности сварного герметичного шва, однако требует точной подгонки углубления на одной из стыкуемых деталей к выступу на другой, что вы-

зывает ряд производственных трудностей. Конструкция разделки кромок, показанная на рис. 17, а, не требует такой тщательной подгонки, как форма разделки, показанная на рис. 17, б. При сварке изделий, к которым предъявляют повышенные эстетические требования, можно использовать формы разделки кромок, показанные на рис. 17, в, г.

Формы стыкуемых кромок, применяемые при сварке баллонов или контейнеров, показаны на рис. 18. При применении вариантов а, в, г при сварке выплески расплавленной пластмассы образуют видимый валик, а при применении вариантов б, д, е такой валик не образуется или бывает малозаметным. При изготовлении газо- и водонепроницаемых баллонов предпочтение следует отдавать вариантам б, д, ж, з, применение которых обеспечивает достаточную прочность и отвечает эстетическим требованиям.

Форму разделки, показанную на рис. 18, и, рекомендуют при сварке изделий из полиа-

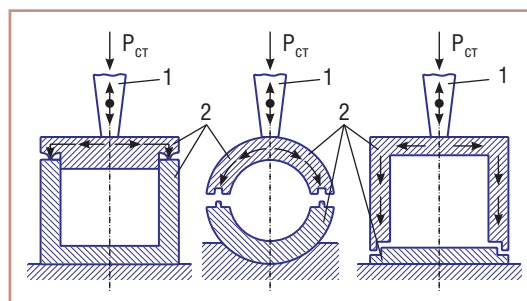


Рис. 15. Схема передаточной ультразвуковой сварки: 1 — волновод-инструмент; 2 — свариваемые детали

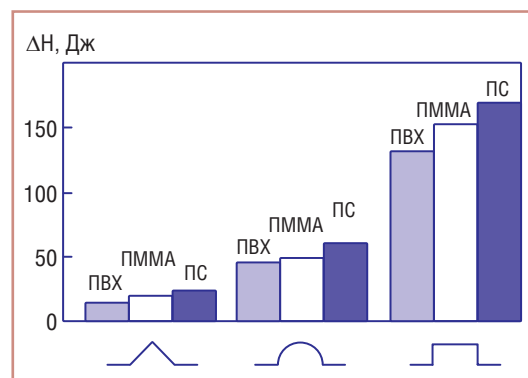


Рис. 16. Зависимость количества теплоты ΔH от типа полимера и формы разделки кромок

цетатной смолы, которая характеризуется малым интервалом температур вязкотекучего состояния.

Как видно из рис. 17 и 18, прочность изделия достигают за счет уменьшения площади шва, герметичность — за счет конструирования шва в виде ломаной линии, а эстетичность — за счет принудительного выдавливания грата на невидимую сторону шва. Форму разделки кромок следует выбирать,

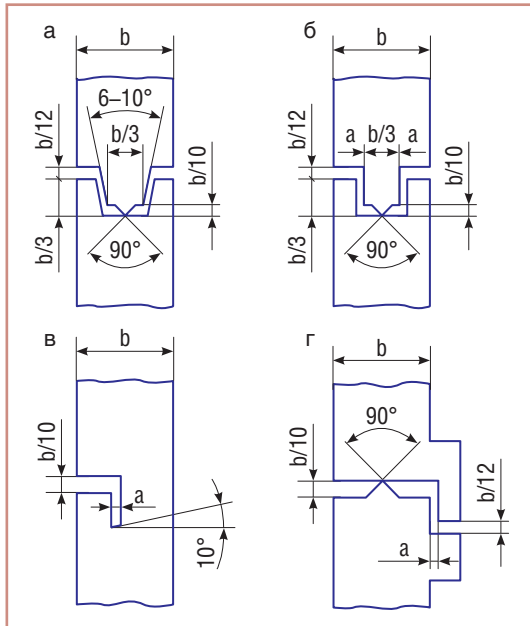


Рис. 17. Конструкция кромок стыкуемых деталей ($a = 0,1$ мм, b — ширина контакта)

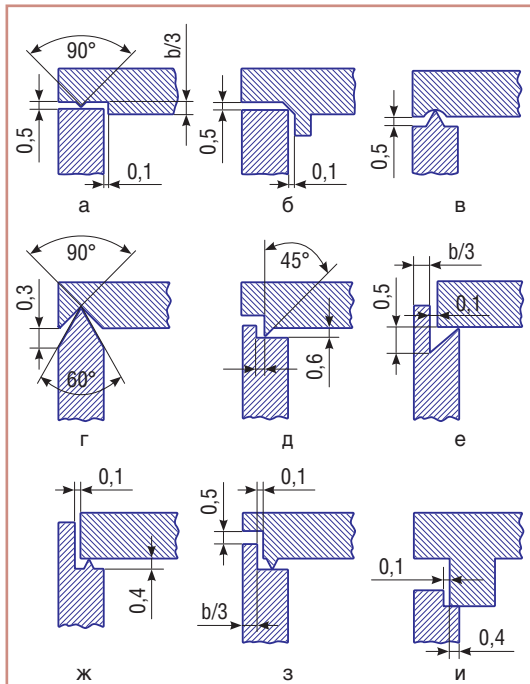


Рис. 18. Технологическая подготовка кромок для ультразвуковой сварки баллонов

руководствуясь приведенными выше требованиями, учитывая величину серий, способ изготовления деталей и необходимую точность выдерживания размеров готовых изделий.

В некоторых случаях разделку кромок выполняют с углами, отличными от 90° . На рис. 18, г угол при вершине V-образного выступа равен 60° , а на рис. 18, д — 45° . Между сопрягаемыми по вертикали деталями необходимо предусматривать зазор, равный приблизительно 0,1 мм.

Расчет высоты V-образного выступа зависит как от физико-химических свойств термопластов, так и от конструкции свариваемого изделия (полостей, заполняемых расплавленным полимером). После заполнения полости часть расплава выдавливается в виде грата. Появление равномерного грата по длине сварного шва свидетельствует о хорошем качестве соединения.

При соединении деталей больших размеров рекомендуют делать несколько V-образных выступов. При сварке плат и электронных схем с внутренними каналами (которые могут иметь различную форму и протяженность) параллельно линиям каналов с двух сторон выполняют симметрично по два треугольных рельефа с каждой стороны. Наружный рельеф должен быть острее и выше внутреннего. При сдавливании поверхностей и подаче ультразвуковых колебаний плавление материала и образование соединения происходят в первую очередь в месте контакта выступов и между ними. Для получения качественного соединения необходима строгая параллельность деталей с рабочей поверхностью машины.

Малогабаритные детали несложной симметричной формы — цилиндры, конические изделия и изделия прямоугольной формы — сваривают за один контакт волновода с изделием, причем волновод устанавливают перпендикулярно к свариваемым поверхностям по оси симметрии соединения, а точка приложения волновода должна совпадать с центром симметрии изделия.

Сварку точечным волноводом с контактом в центре изделия применяют обычно для крупных изделий с V-образной разделкой кромок диаметром до 50 мм. С увеличением диаметра изделия до 120–150 мм применяют контурные волноводы, копирующие всю поверхность изделия. Это необходимо для получения герметичного шва. Однако даже для изделий сложной формы следует отдавать предпочтение точечным, а не контурным волноводам. Для различных случаев следует иметь набор волноводов. В зависимости от формы литого изделия можно использовать волноводы с плоской или фигурной рабочей поверхностью.

При сварке изделий сложной формы с неровной контактной поверхностью (в виде гофр, сеток, решеток или какого-либо рисунка) установка рабочего торца волновода в центре изделия невозможна, поэтому следует использовать волноводы с наконечниками специальной формы. Для сварки изделий сложной формы, когда одноконтakтная сварка невозможна, следует использовать способ многоконтakтной сварки (рис. 19). Если деталь сложная и длина свар-

ного шва значительна, то количество точек и место ультразвуковых колебаний определяют экспериментально. Для косметических сосудов и сосудов, состоящих из корпуса и плотно входящей в него крышки, размещение волновода на поверхности изделия зависит от размера поперечного сечения и толщины стенки корпуса и крышки. В этом случае свариваемые поверхности должны быть увеличены, чтобы исключить смятие и растрескивание изделия при сварке.

Довольно часто возникает необходимость жесткой посадки одной детали в другую. Эту операцию можно качественно выполнить ультразвуковой сваркой. Для этого на ввариваемой поверхности детали делают выступы (буртики), которые выполняют роль концентраторов напряжений и присадочного материала. Оптимальные размеры буртика приведены на рис. 20, а. Хорошие результаты получают при расположении буртика посередине ввариваемой детали. Если ввариваемая деталь имеет большую высоту, то необходимо предусмотреть несколько буртиков.

При сварке пластмассовых деталей квадратного сечения с тонкостенной камерой эффективного использования энергии ультразвуковых колебаний достигают за счет формы детали. На двух сторонах квадратной детали делают треугольные выступы. Внешний размер ввариваемой детали должен быть подобран так, чтобы после сварки он был равен размеру камеры. Деталь жестко вставляют в камеру, стенки которой незначительно (на 0,3–0,5 мм) выгибаются наружу (рис. 20, б). Волновод устанавливают с одной стороны камеры над V-образным выступом. После включения ультразвука одновременно осуществляют компактную и передаточную сварку выступов детали со стенками камеры. V-образные выступы расплавляются, и камера принимает свои исходные размеры.

При одновременной сварке нескольких слоев термопластичных материалов деформируется поверхностный слой, слои неравномерно соединяются между собой. Качество сварки можно существенно улучшить соответствующей подготовкой соединяемых поверхностей (рис. 20, в): размеры площади контакта между отдельными слоями должны быть рассчитаны исходя из условий равномерного распределения энергии в зонах контакта. Изменить размеры площади контакта можно, варьируя угол при вершине V-образного выступа или придавая выступам форму трапеций с различной площадью основания. Концентрировать энергию ультразвуковых колебаний в зоне сварки можно также с применением порошка или стружки того же состава, что и соединяемые детали, либо совместимых с ним в расплавленном состоянии. Порошок или стружка служат как концентраторами энергии, так и присадочным материалом. Размер частиц присадочных порошков должен быть в пределах 0,05–0,1 мм.

Основная трудность сварки ряда жестких пластмасс, например, таких как полиметилметакрилат (ПММА), состоит в том, что в процессе ввода ультразвуковых колебаний температура расплава в зоне соединения может превышать 580 К, что выше температуры разложения материала.

Вследствие этого в сварном соединении при использовании интенсивных режимов всегда наблюдаются дефекты в виде пустот или продуктов термодеструкции полимера. Поэтому при сварке жестких полимеров необходимо решать задачу не только концентрации, но и дозирования энергии посредством варьирования параметров режима сварки.

При исследовании параметров режима ультразвуковой сварки на прочность сварных соединений из полиметилметакрилата

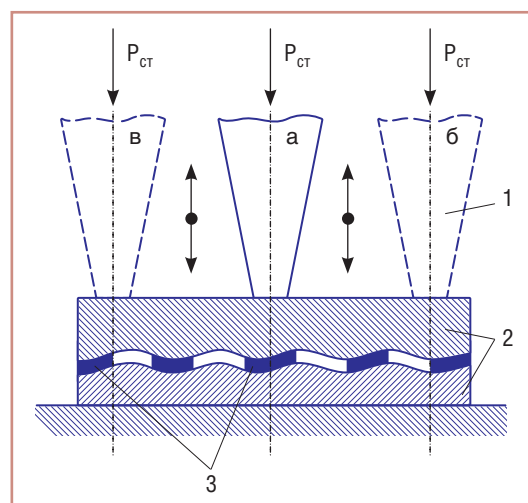


Рис. 19. Схема сварки крупногабаритных изделий: а–в – последовательность приложения волновода-инструмента к изделию; 1 – волновод; 2 – свариваемые детали; 3 – очаги схватывания

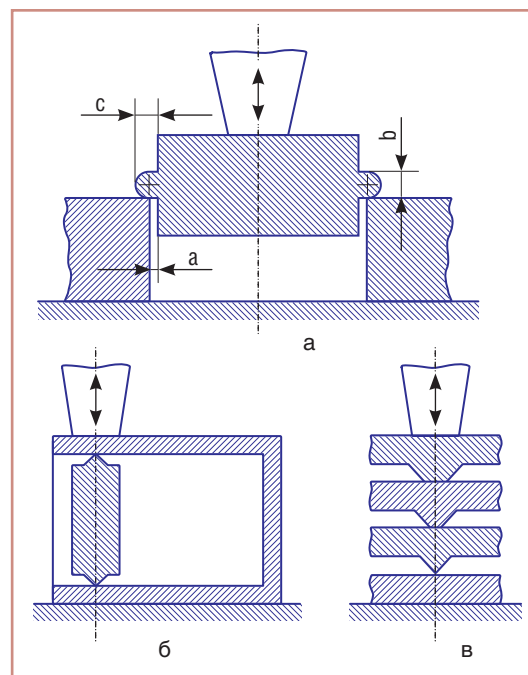


Рис. 20. Технологическая подготовка кромок при ультразвуковом прессовании (а), сварке в двух плоскостях (б) и многослойной сварке (в) ($a = 0,1...0,25$ мм, $b = 0,25...1,25$ мм, $c = 0,25...1,25$ мм)

та для определения зависимости величины осадки δ от времени сварки t процесс сварки условно «разделили» на участки (рис. 21).

На участке I происходит разогрев зоны контакта V-образного выступа с нижней деталью. Деформация зоны сварки на этом участке незначительна. С увеличением времени воздействия ультразвуковых колебаний зона контакта разогревается до температуры перехода полимера в вязкотекучее состояние. Разогретый полимер начинает интенсивно выдавливаться из этой зоны (участок II), что подтверждается визуальными наблюдениями срезов под микроскопом. В конце участка II практически весь V-образный выступ переходит в расплав. Скорость деформирования зоны сварки, которая перед этим была максимальной, уменьшается. При этом температура расплава близка к температуре термодеструкции полимера, а прочность сварного соединения Q максимальна.

Дальнейшее увеличение времени воздействия ультразвуковых колебаний приводит к оплавлению деталей под волно-

водом и утончению общей толщины свариваемых деталей (участок III). На участке IV в зоне шва образуются пустоты и зоны с продуктами термического распада полимера, прочность сварного соединения резко падает.

Стабилизацию температуры в зоне сварки можно осуществить за счет уменьшения амплитуды колебаний волновода на 40–50 % в момент времени, соответствующий началу участка III (точка К на рис. 21).

На рис. 22 показан разработанный цикл ультразвуковой сварки полиметилметакрилата, позволяющий в автоматическом режиме дозировать механическую энергию, вводимую в зону сварки. Суть дозирования вводимой энергии заключается в том, что уменьшение амплитуды колебаний осуществляют в момент окончания этапа максимальной скорости деформирования зоны сварки. Реализацию указанного способа осуществляют с помощью встроенных в установку датчиков линейных перемещений, высокочастотного ваттметра, соответствующих блоков обработки снимаемых сигналов и микропроцессора. Подобный термический цикл применен и при сварке полиэтиленовых емкостей осесимметричной формы.

Предложенный способ управления ультразвуковой сваркой жестких полимеров позволяет уменьшить разброс значений прочности соединений до 10 %, а также повысить качество шва за счет отсутствия в нем продуктов термодеструкции полимера.

Сварка разнородных пластмасс. При создании конструкций из полимерных материалов с заданным комплексом необходимых физико-механических свойств возникает необходимость соединения заготовок из разнородных пластмасс, сочетание характеристик которых удовлетворяет поставленным требованиям. Из-за различия в химическом строении, молекулярной массе, температурных, фазовых переходах и т.п. использование существующих способов сварки далеко не всегда позволяет получать качественное соединение. Согласно данным исследований, только 2 % применяемых полимерных материалов могут образовывать термодинамически устойчивые пары.

Совершенствование существующих и разработка новых способов УЗС, позволяющих соединять термопласты с различными свойствами, является весьма актуальной задачей.

Для получения качественных сварных соединений разнородных пластмасс необходимо правильно подбирать свариваемые пары: определить температуру нагрева, при которой каждый из свариваемых материалов имеет оптимальную текучесть в зоне шва; ввести низкомолекулярные добавки (растворители) в зону сварки полимерных материалов. Важно использовать промежуточные прослойки (прокладки) из сополимеров, имеющих в своем составе мономерные звенья обоих свариваемых полимеров; прививать к одной из свариваемых поверхностей сополимер, частично совместимый с каждым из свариваемых материалов; обеспечивать реакции взаимодействия вводимого в зону шва полифункционального вещества с материалом соединяе-

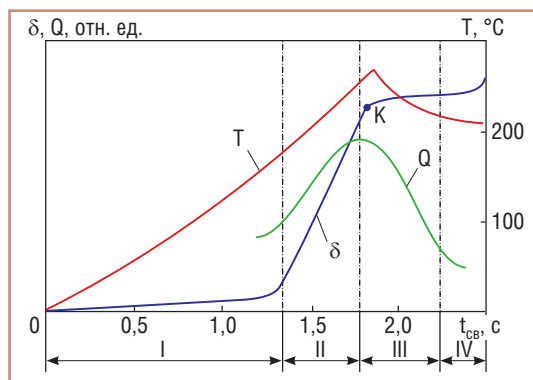


Рис. 21. Зависимость температуры T , осадки δ и прочности соединения Q от времени сварки $t_{св}$

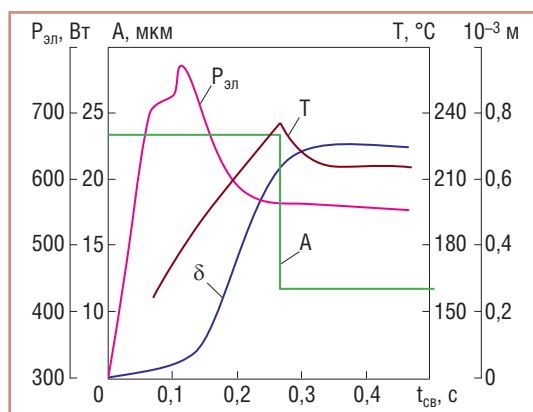


Рис. 22. Зависимость электрической мощности $P_{эл}$, амплитуды колебаний волновода A , температуры T в зоне шва и его осадки d от времени сварки $t_{св}$

мых поверхностей (химическая сварка); применять контролируемую атмосферу (вакуум).

Вакуум позволяет исключить взаимодействие полимеров с окружающей средой, приводящее к термоокислительной деструкции и изменению физико-механических свойств свариваемых термопластов. В вакууме могут свариваться поликарбонат (ПК) с АБС-пластиком, сополимер стирола с полиметилметакрилатом и сополимер тетрафторэтилена (ТФЭ) с винилиденфторидом (ВФ), имеющие разные температуры плавления, различную молекулярную массу, аморфную и частично кристаллическую структуру.

Ультразвуковая сварка в вакууме по сравнению со сваркой в атмосфере обеспечивает следующие преимущества:

- отсутствие продуктов термоокислительной деструкции, несмотря на перегрев деталей, имеющих меньшую температуру вязкотекучего состояния T_v или температуру плавления кристаллической фазы $T_{пл}$;
- значительное снижение вязкости расплава за счет уменьшения гидростатического давления. Это в свою очередь способствует рекомбинации и образованию блок- и привитых полимеров в переходной зоне от одного полимера к другому. Кроме того, снижение вязкости расплава

приведет к лучшему перемешиванию полимерных материалов в зоне соединения за счет увеличения беспорядочности течения;

- значительное увеличение коэффициента молекулярной диффузии, сопровождающееся образованием блок-сополимеров и, как следствие, увеличение прочности сварного соединения и отсутствие изменений физико-механических свойств свариваемых термопластов.

Установлено, что прочность упомянутых выше разнородных соединений термопластов зависит от степени разрежения в сварочной камере: при ее увеличении относительная прочность сварного соединения увеличивается. При достижении 0,133 Па она составляет 80–90 % прочности основного материала за счет снижения влияния окисления и термодеструкции. Дальнейшее увеличение степени разрежения позволяет увеличить прочность сварных соединений еще на 2–4 %, однако производительность при этом резко снижается. Исследования структурных превращений полимеров при ультразвуковой сварке показали, что свойства сварных соединений не только сохраняются, но и улучшаются. В частности, в процессе исследования молекулярно-массовых характеристик полимеров с применением гелепроникающей хроматографии установлено, что при ультразвуковой сварке в вакууме молекулярно-массовые характеристики поликарбоната (ПК) и АБС-пластика не претерпевают значительных изменений, т.е. сохраняется исходная структура материала, а молекулярная масса увеличивается — происходит рекомбинация, что способствует улучшению физико-механических свойств разнородных полимерных материалов.

Схема вакуумной ультразвуковой установки для сварки разнородных полимерных материалов показана на рис. 23.

Отличительной особенностью ультразвуковой сварки разнородных материалов в вакуумной установке является сжатие свариваемых деталей с противоположной стороны ввода ультразвуковых колебаний с помощью механизма сжатия. Данный механизм может быть пневматическим, пружинным или с электроприводом.

● #849

Продолжение в следующем номере

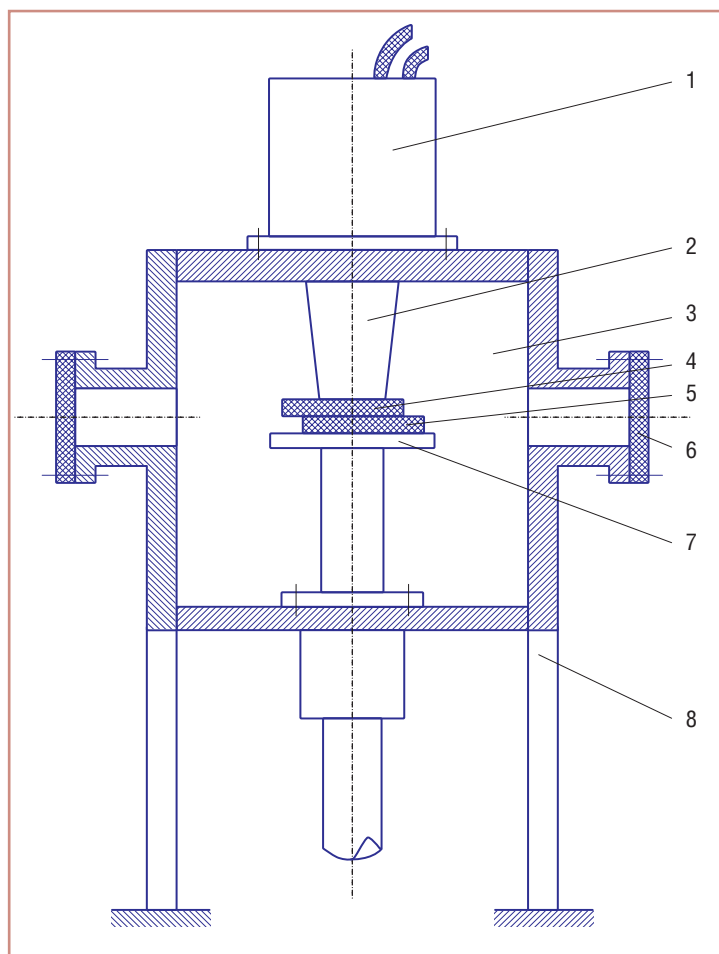


Рис. 23. Принципиальная схема вакуумной ультразвуковой установки для сварки разнородных полимерных материалов: 1 — магнитострикционный преобразователь; 2 — волновод; 3 — вакуумная камера; 4, 5 — свариваемые изделия; 6 — смотровое окно; 7 — стол-опора; 8 — станина-рама

Комплексно-автоматизированная линия по изготовлению боковин рам электровозов

А. Н. Моторин, В. А. Дорошенко, Ю. А. Эртман, ООО «НПФ «Техвагонмаш» (Кременчуг)

С. И. Огрызко, ООО «ПК «Новочеркасский электровозостроительный завод» (Новочеркасск, РФ)

Специалисты ООО «НПФ «Техвагонмаш» в содружестве с фирмой Fronius разработали и внедрили в ООО «ПК «Новочеркасский электровозостроительный завод» высокопроизводительный комплекс с применением сварочного процесса CMT Twin.

Новочеркасский электровозостроительный завод — крупнейшее в России предприятие по выпуску магистральных грузовых и пассажирских электровозов. Всего за годы существования на нем было создано более 50 типов и изготовлено около 25 тыс. электровозов различного назначения.

При сварке боковин рам магистральных электровозов под воздействием послесварочных деформаций в изделии образуются дефекты в форме «саблевидности» размером до 30 мм.

По существовавшей технологии для устранения «саблевидности» боковины подвергали термической правке, что приводило к нежелательным, но неизбежным дополнительным затратам.

Принципиально новый подход к решению проблемы заключался в минимизации тепловложений в сварочную ванну за счет процесса CMT TWIN при условии обеспечения заданной глубины проплавления и необходимых геометрических размеров шва. Было принято решение о использовании комплекса CMT TWIN (рис. 1) на базе сварочного портала, спроектированного и изготовленного специалистами ООО «НПФ «Техвагонмаш».

Данный комплекс позволяет выполнять высокопроизводительную сварку двумя проволоками в одну сварочную

ванну при помощи горелки TWIN Compact PRO (рис. 2) с жидкостным охлаждением.

Первая по направлению сварки сварочная дуга работает в режиме PULSE и обеспечивает необходимый провар и первоначальное заполнение шва. Вторая дуга работает в режиме CMT и выполняет функцию окончательного заполнения и обеспечения необходимого катета и формы сварного шва. Объединение процессов PULSE и CMT в одной сварочной ванне позволило обеспечить высокую скорость сварки, минимальные тепловложения и, как следствие, уменьшение сварочных напряжений в изделии. Сварку выполняют от источников питания Fronius TPS 5000 CMT R (постоянный ток, обратная направленность). Управление сварочными источниками осуществляется при помощи пультов управления Fronius RCU 5000i.

Для визуального контроля за процессом сварки на каждой горелке в конструкции портала предусмотрены две видеокамеры наблюдения. Мониторы видеокамер смонтированы на пульте управления порталом. Данные системы позволяют оператору контролировать процесс сварки и, в случае необходимости, принимать меры по устра-



Рис. 1. Комплекс CMT TWIN

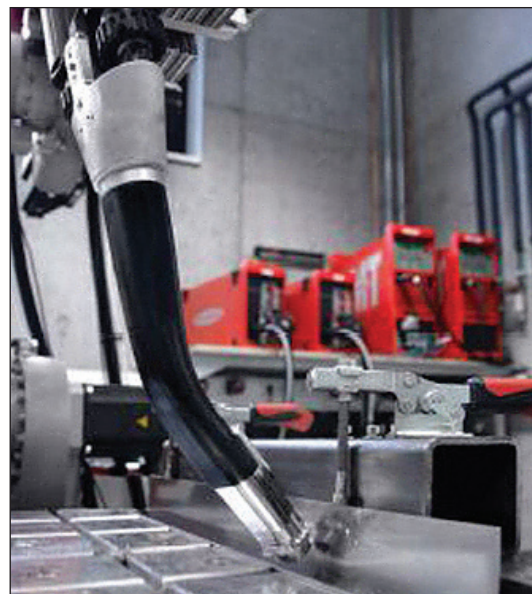


Рис. 2. Сварочная горелка TWIN Compact PRO

нению дефектов сварного шва. Характеристика процесса CMT TWIN и режимы сварки приведены ниже:

Параметры сварочной установки CMT TWIN	
Процесс	CMT TWIN
Скорость сварки, см/мин	90
Диаметр проволоки, мм	1,2
Защитный газ	82 %Ar + 18 %CO ₂
Расход защитного газа, л/мин	30
Синергетическая характеристика	Master – PULSE Slave – CMT
Характеристики дуги	PULSE – ведущая CMT – ведомая
Положение сварки	PB
Вид сварного шва	Угловой
Катет шва, мм	8

Режимы сварки CMT TWIN		
	Master Pulse (ведущая дуга)	Slave CMT (ведомая дуга)
Скорость подачи проволоки, м/мин	15,4	7,6
Сила сварочного тока, А	405	191
Напряжение на дуге, В	27,9	18,5
Коррекция длины дуги	–9	–13
Коррекция динамики/импульса	–1	0
Вылет электрода, мм	20	20

Уровень автоматизации сварки боковин, определенный техническим заданием, обеспечивает комплексная автоматизированная линия, спроектированная и изготовленная в ООО «НПФ «Техвагонмаш».

Линия (рис. 3) представляет собой комплекс автоматизированного сборочного и сварочного оборудования, предназначенного для выполнения работ в автоматическом и полуавтоматическом цикле. В конструкции применена автоматика на базе программируемого логического контроллера Siemens S7–1214. В состав линии входят следующие элементы:

- стенд сборки и автоматической сварки полос, установки и автоматической прихватки швеллеров (рис. 3 поз. 1);
- стенд установки швеллеров, автоматической прихватки и сварки боковин (рис. 3 поз. 2);
- портал для сварки поперечных швов полос (рис. 3 поз. 3);
- портал для автоматической прихватки швеллеров (рис. 3 поз. 4);
- портал автоматической сварки продольных швов (рис. 3 поз. 5).

Две полосы толщиной 8 мм цеховым мостовым краном последовательно укладывают на стенд (рис. 3 поз. 1). Затем при помощи подъемного конвейера, встроенного в линию, листы досылают до упоров, которые фиксируют кромки полос по центру медной подушки. На стенде предусмотре-

ны две медные подушки для сварки различных типов боковин электровоза. Установку полос на той или иной медной подушке осуществляют с пульта управления стендом. В зависимости от выбора портал автоматически будет выполнять сварку на выбранной одной из двух медных подушек.

Управление стендом выполняется с сенсорного пульта управления Siemens KTP 600 Basic. Включается движение портала для сварки поперечных швов полос (рис. 4), он подъезжает в зону сварки поперечного шва в автоматическом режиме, поджимает свариваемые кромки при помощи пневмоцилиндров с системой рычагов к медной подушке и выполняет сварку. Сварку выполняют с применением выводных планок. Свариваемое соединение представляет собой стык с односторонним скосом С8 по ГОСТ 14771-78. При этом расположение скоса (слева или справа) не лимитировано, так как портал несет сварочную головку с возможностью поворота горелки на угол $\pm 180^\circ$. Перед включением сварки оператор самостоятельно определяет положе-

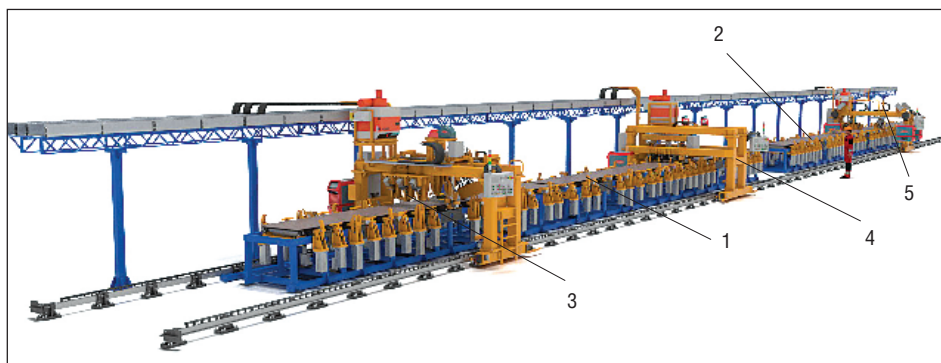


Рис. 3. Комплексная автоматизированная линия для сборки и сварки боковин

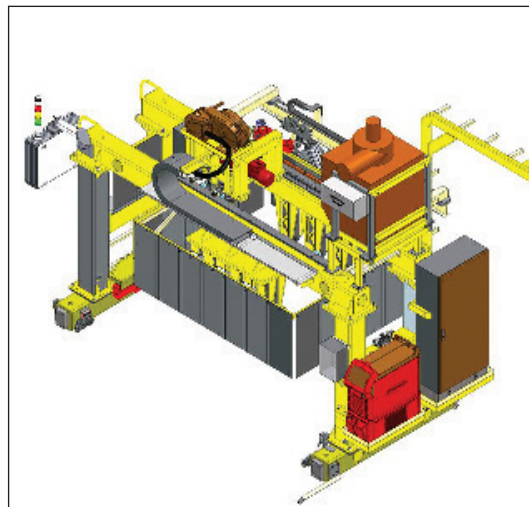


Рис. 4. Портал для сварки поперечных швов

ние скоса и поворачивает головку в необходимое положение.

Сварка выполняется на медной подушке с принудительным охлаждением и поддувом защитного газа. Для выполнения сварки на данном портале установлен сварочный источник Fronius TransSteel 5000 с жидкостным охлаждением сварочной горелки. Сварка выполняется в защитном газе 82% Ar + 18% CO₂ проволокой диаметром 1,2 мм. Для охлаждения медной подушки используется блок охлаждения Fronius Chilly 15. Охлаждение включает оператор за 30 с до начала сварки, поддув защитного газа включается автоматически одновременно со сваркой. Включение охлаждения медной подушки контролируется программно, если охлаждение не включено или работало менее 30 с, сварка будет заблокирована.

После стыковки полос на них устанавливаются два швеллера. Затем подъезжает

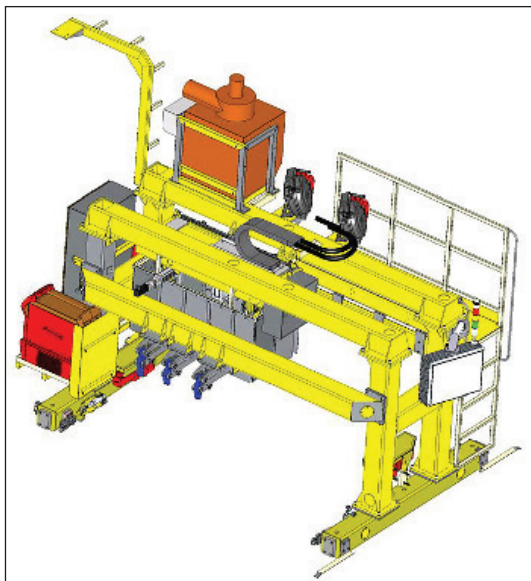


Рис. 5. Портал для прихватки швеллеров

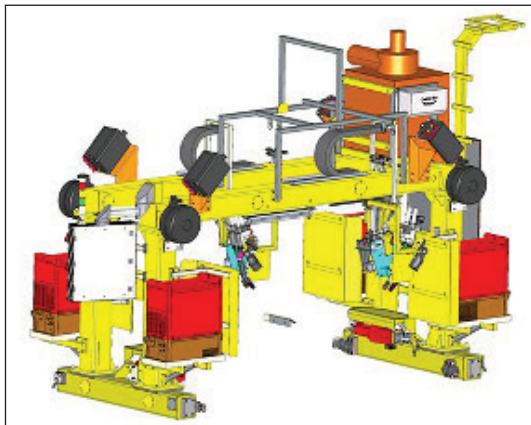


Рис. 6. Портал автоматической сварки

портал для автоматической прихватки швеллеров (рис. 5). В его конструкции предусмотрены досылатели швеллеров, которые толкают их в продольном направлении до соприкосновения противоположных торцов с упором стенда. Для поперечной установки первого швеллера в конструкции стенда предусмотрены откидные регулируемые опоры.

При продольном движении портала вдоль изделия выполняется поджим его к этим опорам при помощи пневмоприжимов портала, прижим швеллера к полосам в вертикальном направлении с одновременной его прихваткой с двух сторон. После прихватки первого швеллера при движении портала в обратную сторону выполняется установка второго швеллера относительно первого при помощи автоматической системы рычагов, которые смонтированы на портале с одновременным прижимом в вертикальном положении и прихваткой.

По окончании прихватки собранное изделие при помощи конвейера подается на стенд сварки (рис. 3 поз. 2). На данном стенде также есть возможность сборки и прихватки изделия, аналогичная стенду (рис. 3 поз. 1). После фиксации собранного изделия оператор включает движение портала автоматической сварки (рис. 6).

Портал начинает движение, автоматически останавливается в зоне начала сварки и опускает горелки. На портале предусмотрены две сварочные горелки с системами слежения и позиционирования. Включение сварки выполняется с пульта управления портала оператором по готовности. После включения сварки портал подает сигнал на сварочные источники через роботизированный интерфейс и начинает сварку.

Одновременно ведется сварка двух параллельных угловых швов (Т 1 катет 8 мм) со скоростью 0,9 м/мин. Для обеспечения прижима изделия во время сварки выполняется автоматический подъем-опускание прижимов в районе движения сварочной горелки. Управление этим процессом осуществляется при помощи контроллера стенда. По окончании сварки первых двух швов портал возвращается в исходное положение, автоматически переустанавливаются сварочные горелки для другой пары и швов, и цикл повторяется.

Основой успешности данного проекта является тесное сотрудничество разработчика (ООО «НПФ «Техвагонмаш»), технической поддержки (ООО «Fronius Украина») и заказчика (ООО «ПК «НЭВЗ») в совокупности с нестандартным применением типовых решений, что может найти применение и в других отраслях машиностроения. ● #850

Публикуется на правах рекламы



Украина, 39627, г. Кременчуг,
Полтавская обл., пр. Полтавкий, 2-Д
Тел.: +38 (0 5366) 70-17-23, факс: (0 536) 77-34-87, 77-69-98
E-mail: market@tvagonm.com.ua
www.tvagonm.com.ua

Особенности применения сварочных роботов

А. Ю. Мельников, инженер, ООО «ШТОРМ»

В последние десятилетия для создания сварных соединений в различных отраслях промышленности все более широкое применение находят роботизированные комплексы. Первоначально роботы начали применять для автоматизации процесса контактной сварки в массовом производстве, особенно при изготовлении автомобилей. Из-за большой сложности поддержания стабильных параметров сварки и положения горелки относительно стыка активное внедрение роботов для дуговой сварки началось несколько позднее.

На фоне расширения области применения роботов для дуговой сварки компания «ШТОРМ», являясь официальным интегратором роботов, механического оборудования и сварочного оборудования собственного производства, начала активное их внедрение на российских предприятиях. Разработанные комплексы предназначены для сварки любых типов соединений: угловых, стыковых, соединений с узкощелевой разделкой, они снабжены различными типами систем слежения за положением горелки относительно стыка.

Роботизированный комплекс для сварки представляет собой единую сложную систему с большим количеством различных компонентов, начиная с самого робота и его контроллера и заканчивая системами адаптивного управления и обслуживания робота.

В настоящее время разработано несколько различных типов роботов. Наибольшее распространение для выполнения сварки получили шарнирно-сочлененные антропоморфные роботы с пятью или шестью степенями свободы. Неотъемлемой частью роботизированного комплекса также является оборудование для позиционирования и перемещения изделия (одно- или двухосевые вращатели, кантователи или другие роботы), а также оборудование для очистки горелки, вентиляционная система и защитные барьеры.

В процессе сварки образующиеся брызги и газы, прилипая к горелке, загрязняют ее, что приводит к нарушению процесса сварки, а образующаяся в конце процесса капля на конце проволоки препятствует последующему зажиганию дуги. В связи с этим необходима периодическая очистка горелки. Для выполнения данной задачи роботизированные

установки комплектуют станциями очистки горелки. На них очищают сопло от брызг, обрабатывают его с помощью специальной фрезы, а также обрезают конец проволоки и наносят специальное антипригарное покрытие, снижающее прилипание брызг.

Для поддержания точного положения горелки относительно стыка роботизированные установки комплектуют различными системами слежения. Наиболее распространенной является система слежения, в которой в качестве датчика используется сварочная дуга. В данной системе слежение осуществляется при обработке сигналов о силе тока и напряжении дуги и формируется сигнал ошибки положения горелки. На основании сигнала ошибки формируется управляющий сигнал и корректируется положение горелки. Тем самым обеспечивается требуемое постоянное качество швов.

Наиболее простым примером внедрения роботов является разработка роботизированного комплекса для сварки элементов рамы грузового автомобиля (рис. 1). В данном проекте использовали два одноосевых позиционера. При его осуществлении было изучено взаимодействие различных систем комплекса, в частности робота и сварочного оборудования, а также было отработано подключение всех систем и написание программы работы комплекса.

Показательным проектом стала разработка сварочного комплекса для изготовления муфт (рис. 2). Основная сложность проекта заключается в высоких требованиях к точности размеров изделия (отклонение размеров после сварки не более 1,0 мм) и качеству швов (швы подвергаются рентгенографическому контролю). В составе данного ком-



Рис. 1. Общий вид роботизированного комплекса



Рис. 2. Общий вид комплекса для сварки муфт



Рис. 3. Внешний вид швов, выполненных с использованием робота



Рис. 4. Внешний вид роботизированной установки для сварки внутреннего контура котла

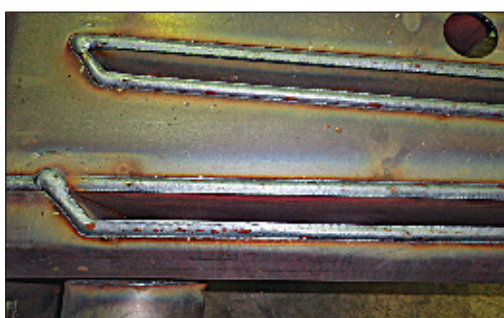


Рис. 5. Внешний вид швов, выполненных с использованием робота

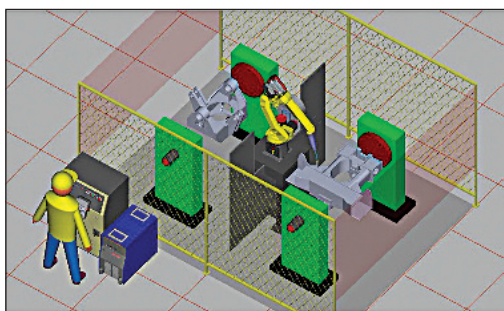


Рис. 6. Трехмерная модель роботизированного комплекса



Рис. 7. Комплекс для сварки изделия «Стойка»

плекса были использованы два двухосевых позиционера грузоподъемностью 500 кг каждый. Применение двухосевых позиционеров за счет введения наклона планшайбы позволило выставить изделие в удобное для сварки положение и обеспечить благоприятные условия для формирования шва (рис. 3).

Чтобы обеспечить высокую точность при изготовлении муфты, необходимо выполнять ее сборку и сварку в специальном приспособлении (кондукторе). Такой кондуктор для сборки и сварки муфт был разработан совместно с представителями предприятия-заказчика.

В результате внедрения этого комплекса, по данным предприятия-заказчика, удалось: повысить производительность труда в 2,1 раза по сравнению с производительностью при механизированной сварке, снизить количество внутренних дефектов на 15%, наружных — на 10%, а трудоемкость операции зачистки — на 10%.

Примером производственной интеграции явилось применение робота для сварки внутреннего контура котла (рис. 4 и 5). В данном случае на предприятие были поставлены только робот и станция очистки горелки. Два позиционера для установки изделия в необходимое положение при сварке были предоставлены предприятием-заказчиком. Поэтому важной задачей при выполнении проекта была интеграция робота и позиционеров в единый комплекс, что и было успешно сделано.

Один из наиболее технически сложных проектов — разработка роботизированной ячейки для сварки таких изделий, как роликотопора и стойка (рис. 6). Особенность состояла в том, что роботизированный комплекс представляет собой полностью укомплектованную ячейку для сварки с защитными экранами и барьерами и системой вентиляции (рис. 7). Всего было изготовлено две таких роботизированных ячейки по одной для сварки каждого вида изделия. Изготовление определенного вида деталей в отдельной ячейке позволяет значительно повысить количество выпускаемых изделий и практически исключить операции переналадки установки. В каждой ячейке было оборудовано два рабочих места.

Оригинальностью конструкции отличается также вентиляционная система комплекса. Она передвижная и перемещается в то место, где в данный момент выполняют сварку. Данное обстоятельство делает ее максимально мобильной и эффективной. При этом появляется возможность установки изделия на место сварки и снятия его после сварки с помощью крана. Помимо этого, расположение вентиляции непосредственно на месте сварки создает дополнительную защиту от излучения для крановщика, загружающего в это время новое изделие.

Более подробную информацию о применении роботов при сварке, а также квалифицированную помощь в их подборе вы можете получить у специалистов компании «ШТОРМ».

Публикуется на правах рекламы

● #851

Свердловская обл., г. Верхняя Пышма, ул. Бажова, 28
тел./факс: +7 (343) 283-00-50, 379-29-75
ekb@shtorm-its.ru, www.shtorm-its.ru

ШТОРМ

Нанесение керамических покрытий с помощью многокамерного газодинамического ускорителя

Ю. Н. Тюрин, О. В. Колисниченко, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
Н. Я. Василик, Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН (Москва),
М. Г. Ковалева, М. С. Прозорова, М. Ю. Арсеенко, Белгородский государственный университет

Покрyтия из порошка Al_2O_3 широко используют для защиты поверхности изделий, работающих в агрессивных средах и при высоких температурах. Это объясняется высокими эксплуатационными характеристиками материала и его низкой стоимостью. Наряду с эксплуатационными характеристиками покрытий важными параметрами, характеризующими данную технологию, являются коэффициент использования материала, затраты энергии и газов на нанесение единицы массы покрытия и производительность.

Особенность технологии на основе использования горелок HVOF заключается в том, что в них сгорает большой объем (50–150 м³/ч) компонентов горючей смеси под давлением 0,3–0,6 МПа. Для обеспечения необходимой скорости газа нужно иметь небольшой диаметр сопла, так как с его увеличением расход компонентов горючей смеси увеличивается в квадратичной зависимости. Уменьшение диаметра сопла (менее 11 мм) практически невозможно из-за высокой плотности тепловой энергии в сопле и проблем с охлаждением. Обычно диаметр сопла горелки составляет 11 мм, но его длина в разных конструкциях может колебаться от 100 до 300 мм. Для эффективного охлаждения сопла и камер сгорания HVOF их изготавливают из чистой меди, используют воду с низкой температурой и энергоемкие (30–50 кВт) холодильники. Кроме того, маленький диаметр сопла горелки HVOF способствует неравномерному распределению температуры и скорости в двухфазной струе. Как результат, из-за высокой тепловой мощности

продуктов сгорания необходимо иметь достаточно большую дистанцию от горелки до поверхности изделия (250–400 мм). Это усложняет формирование равномерного слоя покрытия и снижает коэффициент полезного использования материала.

Авторы разработали многокамерную газодинамическую горелку для напыления покрытий (рис. 1), которая состоит из следующих элементов: 1 — многокамерного газодинамического ускорителя (МГДУ); 2 — стандартного порошкового питателя с производительностью до 3 кг/ч; 3 — автоматизированной системы управления технологическим процессом (рис. 2); 4 — стандартного газового пульта низкого давления (до 0,3 МПа) для подачи кислорода, пропана-бутана и воздуха; 5 — автоматизированных манипуляторов для перемещения МКДУ (рис. 3); 6 — изделия.

Особенностью МКДУ является то, что для разгона порошка используют продукты сгорания, которые образуются в камерах МГДУ и сходятся перед входом в сопло, где они взаимодействуют с двухфазной газопорошковой струей. Для подачи порошка в сопло использован стандартный порошковый питатель фирмы Metco. Непрерывная

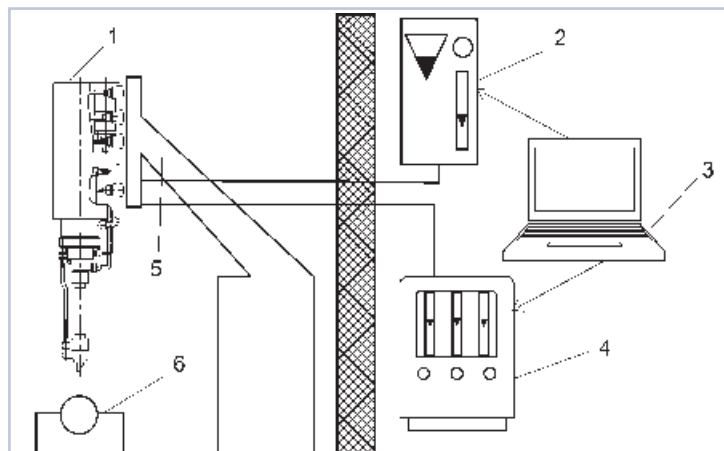


Рис. 1. Оборудование для нанесения покрытий с использованием МГДУ



Рис. 2. Автоматизированный пульт управления многокамерной детонационной установкой

газопорошковая струя разделяется на порции и подается в сопло с помощью азодинамического синхронизатора. Иницирование процесса детонационного сгорания горючей смеси (пропан, бутан, кислород, воздух) осуществляют в фор-камере от автомобильной свечи зажигания (20–50 Гц). Затем детонационный режим сгорания распространяется в другие камеры. Такая схема иницирования и подачи порошка обеспечивает синхронизацию процессов сгорания и ввода порошка в сопло. Для формирования слоя плотной керамики на подложке, лист из Ст 3 толщиной 5 мм, использовали порошок AMPERIT® 740.0 Al_2O_3 (рис. 4). Порошок состоит из дробленых частиц: основная фракция 5,6–22,5 мкм и 5–10% частиц с максимальным размером до 50 мкм.

Высокая скорость рабочих газов в сопле и, как следствие, порошка обусловлена детонационным режимом сгорания горючей смеси на основе: пропан (30%) + бутан (70%), кислород, воздух. Импульсная (частота 20–30 Гц) струя продуктов сгорания имеет высокие скорость (до 3000 м/с), давление (до 30 МПа) и малое время воздействия на стенки сопла и поверхность изделия (до 5%).

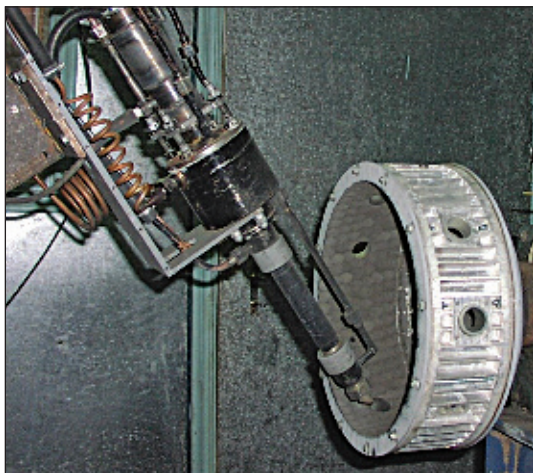


Рис. 3. МКДУ в процессе формирования керамического покрытия внутри корпуса двигателя

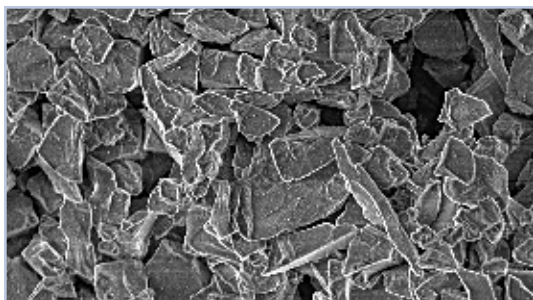


Рис. 4. Микроструктура порошка AMPERIT® 740.0 Al_2O_3

Скоростные параметры газопорошковой струи оценивали на отрезке 20–50 мм от среза сопла с использованием двухканальной оптической системы измерения, которая содержала два фотодиода ФД287, оптоволоконные кабели, усилители и приборы для записи формы сигнала в текущем времени. Оптическая система обеспечивала фильтрацию излучения от газопорошковой струи, отсекая коротковолновое излучение, характерное для нагретого газа. Это позволяло визуализировать границы нагретой порошковой струи двумя системами измерения, установленными на расстоянии 10 мм друг от друга. Точное время визуализации в двух плоскостях позволяет рассчитать скорость фронта нагретой порошковой струи и ее протяженность. Амплитудные значения светимости струи характеризуют ее температуру. По результатам экспериментов были усреднены 20 значений измерений в каждой точке и получены характеристики скорости переднего фронта порошковой струи. Установлено, что максимальное значение скорости 1400 ± 150 м/с при длине сопла 500 мм (режим 2, таблица).

Учитывая, что в процессе формирования керамического слоя решающее значения имеют температура и скорость порошкового материала, технологию создания покрытия осуществляли на характерных режимах (см. таблицу), влияющих на эти параметры.

Использовали горючую смесь без инертного разбавителя, сопло имело длину 400 и 500 мм, диаметр 16 мм. Частота иницирования детонации 20 Гц. В качестве транспортирующего порошка газа ($0,96 \text{ м}^3/\text{ч}$) использовался воздух. Дистанция от обреза сопла до подложки — 60 мм. Керамическое покрытие (200 мкм) наносили за 6 проходов на трех режимах, характеризующихся, в основном, изменением длины сопла (см. таблицу).

Слой керамики Al_2O_3 исследовали с помощью растровых электронно-ионных микроскопов Quanta 200 3D и Quanta 600, оснащенных детектором рентгеновского излучения системы PEGASUS 2000. Пористость определяли металлографическим методом с элементами качественного и количественного анализа геометрии пор с применением оптического инвертированного микроскопа Olympus GX51. Испытания твердости проводили с помощью автоматической системы анализа микротвердости DM-8 по методу Виккерса при нагрузке на индентор 25 и 300 г.

Исследования структуры показали, что слой покрытия, полученного на первом режиме (см. таблицу), плотный

Таблица. Режимы формирования керамического слоя из порошка Al_2O_3

Номер режима	Расход компонентов горючей смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$			Длина сопла, мм	Скорость подачи порошка, $\text{г}/\text{ч}$
	Кислород	Пропан (30%) – бутан (70%)	Воздух		
1	4,16/3,55*	0,8/0,54*	0,25/0*	400	720
2	4,16/3,55*	0,8/0,54*	0,25/0*	500	720

* В числителе — цилиндрическая камера сгорания, в знаменателе — дисковая.

(рис. 5, в, г), пористость 3%. Можно отметить, что структура и свойства этого покрытия подобны свойствам, полученным на установках HVOF. Второй режим нанесения покрытий осуществляли при максимальной скорости порошковой струи. Увеличение длины сопла до 500 мм обеспечило формирование плотного слоя керамики, твердость 1320 ± 25 HV_{0,3}, пористость ниже 1% (рис. 5 в, г). Эти характеристики сопоставимы со свойствами покрытия, которые были получены с помощью установок HVOF, работающих на водороде, из агломерированных порошков нанокерамики. Эти же установки на пропане обеспечивают твердость 1000 HV_{0,3}, что ниже значений твердости, полученных МГДУ на первом режиме. Следует отметить, что установки HVOF работают с использованием в качестве горючего газа водорода высокого давления, а в МГДУ используется пропан (30%) – бутан (70%) низкого давления и стандартные порошки с размером частиц десятки микрон. Это существенно снижает стоимость покрытия и требования к безопасности выполнения работ.

Обращает на себя внимание отсутствие значительного разброса в значениях микротвердости от точки к точке (рис. 6). Измеренные значения микротвердости по слою стабильны (колебания не более 5%), что говорит об однородности слоя плотно прилегающих деформированных частиц и свидетельствует о фазовой и структурной однородности материала покрытия. Можно отметить, что длина сопла влияет и на значение коэффициента полезного использования материала, что обусловлено увеличением времени нагрева порошка и, соответственно, прогревом более крупных фракций порошка. Значение коэффициента использования материала при изменении длины ствола от 300 до 500 мм увеличилось от 55 до 65%. Можно предполагать, что при более однородной дисперсности порошка качественные характеристики слоя керамики и показатели коэффициента использования материала будут еще выше.

Особое внимание было уделено исследованию границы прилегания керамического слоя к подложке. В результате исследований установлено, что видимая граница прилегания слоя керамики Al₂O₃ к подложке из стали не имеет дефектов, т.е. участков с ослабленными связями (см. рис. 5, 7). Для исследования границы раздела «слой керамики/подложка» поверхность микрошлифа была протравлена спиртовым раствором азотной кислоты. Активные составляющие материала границы растворились, и на шлифе видно, что в зоне контакта керамики и стали наблюдается смешанная структура, состоящая из островков керамики в стали, весьма разнообразной формы и размеров (см. рис. 7). Основными элементами, составляющими керамический слой, являются алюминий и кислород, а их концентрация в разных точках покрытия изменяется незначительно. В основном покрытие — точка 1 (см. рис. 7) состоит из α -Al₂O₃, присутствуют незначительные включения SiO₂, γ -Al₂O₃ и аморфной фазы. На границе раздела «слой/подложка» толщиной 5–15 мкм имеется четыре визуально отличающиеся зоны. Элементный же состав переходного слоя грани-

цы в точках 2, 3 неоднородный. На границе между переходной зоной и керамическим слоем — точка 2, концентрация атомов алюминия достигает порядка 50%, а кислорода около 24%. Наличие 20% железа в переходной области можно объяснить его массопереносом из подложки. Можно предположить, что присутствие железа в слое между керамикой и подложкой повышает его пластичность и благоприятствует релаксации напряжений, возникающих при формировании керамического слоя.

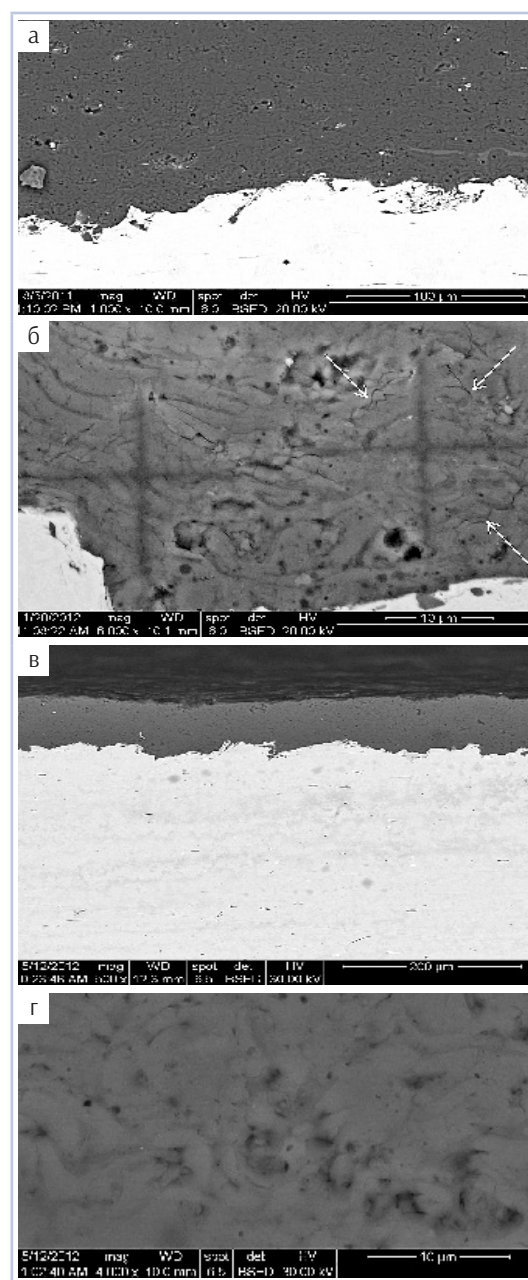


Рис. 5. Микроструктура образца с покрытием Al₂O₃ с точками измерения элементного состава и с отпечатками замера микротвердости HV_{0,3}: а, б — первый режим; в, г — второй режим



Рис. 6. Изменение микротвердости от границы раздела керамика-основа к поверхности керамического слоя: 1 – первый режим; 2 – второй режим

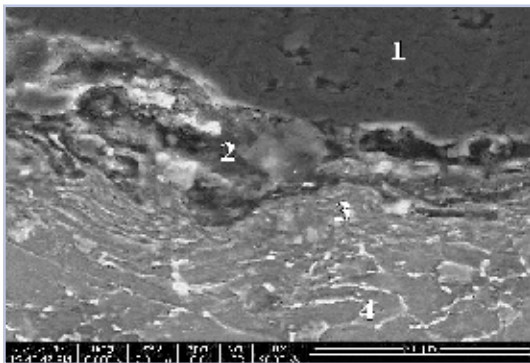


Рис. 7. Структура образца с покрытием Al_2O_3 . Граничная зона после травления в 3 % растворе азотной кислоты: 1 – покрытие; 2 – переходный слой от покрытия; 3 – переходной слой от подложки; 4 – основной металл

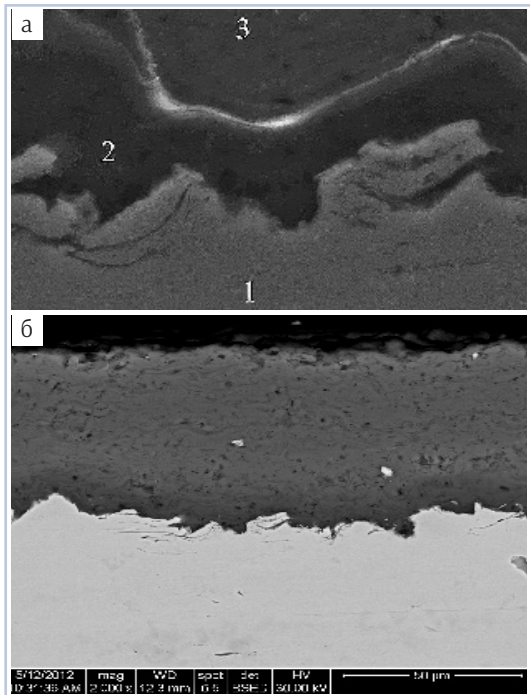


Рис. 8. Фазовый состав приграничного слоя керамики и подложки: а – съемка в режиме фазового контраста вторичных электронов; б – съемка в режиме обратно рассеянных электронов

Алюминий стабильно присутствует во всем слое керамического покрытия, что и следовало ожидать исходя из химического состава наносимого порошка. То же можно сказать и о кислороде. Из-за присутствия в исходном порошке частиц размером до 50 мкм в полученном слое керамики наблюдаются недеформированные раздробленные частички порошка (см. рис. 3, в, г). Увеличение длины сопла обеспечило увеличение времени нагрева и, соответственно, температуры порошка, что позволило прогреть крупные частицы и получить более плотный слой керамики без видимых границ и дефектов (см. рис. 5, б, г).

Проведен анализ фазового состава приграничного слоя керамики и подложки для режима 2 (рис. 8). На рис. 8 показаны нетравленные шлифы.

Поскольку фазовый состав приграничного слоя близок к фазовому составу керамики (состоит в основном из оксида алюминия), то визуализируется плохо, но тем не менее, это полоса есть и видна как более темная. В режиме вторичных электронов этот приграничный слой виден более четко (см. рис. 8, б). Приграничный слой содержит железо и другие металлические элементы, составляющие подложку-сталь, и поэтому он не накапливает заряд и имеет более темный вид во вторичных электронах. В приграничном слое состав материала следующий, мас. %: железо 43,58; алюминий 41,48; кислород 12,85, остальное кремний, марганец, вольфрам, углерод и другое.

В точке 3 оксид алюминия обладает характерным для оксида элементарным составом. Анализ результатов исследований показывает, что увеличение длины сопла до 500 мм ведет к более высокой температуре формирования керамики на подложке, частичной деструкции оксида алюминия и перемешивания продуктов деструкции с материалом подложки. Высокая скорость дисперсных материалов обеспечивает их деформирование, механохимическую реакцию и образование достаточно толстого (5–15 мкм) переходного слоя, который обеспечивает сопряжение керамического слоя с подложкой из стали.

Несущая способность поверхности изделия в условиях жесткой контактной нагрузки определяется сочетанием свойств керамического слоя на поверхности и подложки. Измерения показали, что микротвердость подложки из Ст 3 под покрытием изменяется по глубине до 200 мкм от 400 $\text{HV}_{0,025}$ до средней твердости материала образца 346 $\text{HV}_{0,025}$.

Увеличение микротвердости подложки объясняется наклепом материала подложки в результате ударного воздействия в процессе абразивной струйной обработки и формирования керамического слоя. При эксплуатации изделий с защитным керамическим слоем в условиях трения на границе покрытия и основного материала протекают деформационные процессы, приводящие к отслоению слоя керамики и его разрушению. Увеличение твердости прилегающей к слою керамики подложки снижает область распространения пластической деформации и препятствует процессам разрушения изделий.

● #852

Ремонт судов и гидротехнических сооружений с применением подводной механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой

В. Я. Кононенко, канд.техн.наук, ООО «Экотехнология» (Киев)

Ремонт судов и причальных сооружений в случае, если невозможно разместить их в сухом доке, является сложной инженерной задачей. Проведение таких работ под водой усложняется экстремальными условиями: воздействием волн, течения, низкой температуры, а также других факторов. Кроме того, для ремонтной сварки под водой необходимы высококвалифицированный персонал, специальные технологии, позволяющие быстро и эффективно с прогнозируемым уровнем качества выполнять работы.

Для получения неразъемных соединений металла под водой в 1969 г. была разработана технология мокрой механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой. При ее использовании производительность труда водолаза-сварщика повышается в 3–6 раз по сравнению со сваркой покрытым электродом. На глубине до 20 м в условиях удовлетворительной видимости при сварке низкоуглеродистых и ряда низколегированных корпусных сталей во всех пространственных положениях обеспечивается получение неразъемных соединений с достаточно высоким прогнозируемым уровнем механических свойств. Все вышеперечисленные особенности позволяют эффективно использовать этот технологический процесс при выполнении отдельных ремонтных работ на корпусах судов, а также при строительстве и восстановлении других гидротехнических сооружений.

Целью настоящей работы является описание ряда технологических решений, разработанных и реализованных в России при выполнении работ, связанных со строительством и восстановлением целостности корпусов судов и гидротехнических сооружений без постановки их в сухой док.

Все работы, описанные ниже, характеризовались выполнением сварки в вертикальном и потолочном положениях шва, для чего необходима высокая профессиональная подготовка водолазов-сварщиков и стабильная работа оборудования. При их выполнении водолазу приходилось уходить от места спуска на расстояние до 70 м, транспортируя беседку, полуавтомат и зачистную машинку. Дополнительные активное и индуктивное сопротивление в сварочном контуре, формирующиеся за счет длинного прямого и обратного сварочного кабеля (около 200 м), снижало стабильность дуговой сварки и способность источника питания отрабатывать возмущения, связанные с неравномерностью подачи в зону сварки порошковой проволоки при волнении. Работы вы-

полняли с использованием полуавтоматов для подводной сварки А1660 и А1450, конструкции которых были доработаны для обеспечения погружному узлу нулевой плавуности, а также полуавтомата ПСП-3, разработанного и изготовленного в России. В качестве источника питания дуги применяли выпрямители типа ВДУ с универсальными внешними вольт-амперными характеристиками. Для сварки использовали порошковую проволоку ППС-АН1, ППС-АН5, а также порошковую проволоку ППС-ЭК1 (ТУ-14288312, 003–97) диаметром 1,6 мм. Перед монтажом все поверхности прилегания и места, где будет осуществляться сварка, были обработаны абразивным инструментом. Параметры режима сварки: в вертикальном положении сила тока 120–190 А, напряжение горения дуги 26–30 В; в потолочном положении эти показатели снижались на 5–15%. Потери напряжения в сварочном контуре за счет его активного сопротивления составляли 5–9 В.

Ремонт корпуса судна. В октябре 1990 г. впервые с применением ряда новых технологических решений был проведен бездоковый ремонт торгового судна «В. Арсеньев», получившего повреждение корпуса при выбросе на камни. Сначала были удалены рваные края и вогнутые части корпуса с использованием электрокислородной резки. В заводских условиях по шаблону были изготовлены 8 заплат размером от 880×780 мм до 1800×760 мм из стали ВСтЗсп толщиной 12 мм с силовым набором. После установки и прихватки зазоры между заплатой и корпусом устраняли специальными струбцинами. Для соединения заплат с корпусом применяли многопроходные швы, которые накладывали с противоположных сторон заплат участками длиной 150–200 мм. Общая протяженность швов составила 42 м. После сварки образ-

цов-свидетелей и осмотра швов судно получило разрешение Российского Морского Регистра Судоходства на плавание и вышло груженое во Владивосток.

С использованием отработанной ранее технологии в 1991 г. была проведена уникальная по своему объему и сложности работа по восстановлению целостности корпуса транспорта-рефрижератора «Василий Суриков» водоизмещением 5 тыс. т. Судно наскочило на каменную гряду и получило три пробоины внешнего корпуса. Первая размером 22×0,7 м, вторая 12×0,68 и третья 8×0,58 м. Был поврежден набор и две герметичные переборки. В заводских условиях по шаблонам подготовили отдельные элементы заплат из стали ВСтЗсп толщиной 8 мм с силовым набором. Их соединение с корпусом выполняли многопроходными угловыми швами, а элементы заплат между собой — многопроходными стыковыми швами. Корневые швы формировались на остающейся подкладке. Общая протяженность подводных швов составила 118,4 м. Сравнимые по сложности работы с использованием вышеописанной технологии были выполнены и на других судах (таблица).

Удачное технологическое решение апробировано при ремонте корпусов судов и других гидротехнических сооружений при наличии доступа к ремонтируемому участку с внутренней стороны. В этом случае герметизацию корпуса проводят с наружной стороны путем приварки ниточными угловыми швами металлических пластин толщиной 3–4 мм. Затем, после осушения затопленного отсека, с внутренней стороны выполняют разделку дефектных участков корпуса и его сварку покрытыми электродами стыковыми и угловыми швами по принятой Российским Морским Регистром Судоходства технологии. Наружные металлические пластины, приваренные ранее, являются в этом случае остающейся подкладкой. После выполнения сварочных работ внутри корпуса приваренные накладные элементы снаружи обрабатывали абразивным инструментом до удаления выступающих поверхностей. С помощью этой технологии выполнен большой объем ремонтных работ на корпусах судов и причальных сооружений.

Значительное количество сварочных работ выполнено при ремонте корпусов рыболовецких траулеров типа СРТ и БМРТ

Таблица. Некоторые работы, выполненные при ремонте судов

Судно	Характер работ	Длина швов, м
Ремонт корпусов судов		
БПК «Исаков»	Заварены 4 трещины в корпусе толщиной 16 мм, образовавшиеся под воздействием вибрации, в течение 10 час	4,3
Плав. мастерская	Заварена пробоина диаметром 420 мм (заплата толщиной 10 мм из стали ВСтЗсп)	1,5
Танкер «Дубны»	Заварены 6 пробоин в результате работы у берега (заплаты толщиной 10 мм)	27
Танкер «Вязьма»	Заварены 8 пробоин в результате работы у берега (заплаты толщиной 10 мм)	38
Эсминец «Окрыленный»	Устранено коррозионное разрушение корпуса. Наложен дублирующий лист толщиной 10 мм	2
Танкер «Терек»	Заварено 6 пробоин. Восстановлена герметичность трех танков дублирующими листами толщиной 6 мм размер заплата 640х680 мм	6,4
Два больших десантных корабля	Заварены трещины, возникшие под воздействием вибрации и коррозии	13
Сторожевой корабль	Восстановлены три листа корпуса, поврежденные коррозией толщиной 8 мм	3,2
Плавучий док	Заварены пробоины, полученные в результате волнового воздействия. Толщина листов 10 мм с набором	85
Четыре рейдовых буксира	Заварены трещины, пробоины, коррозионное разрушение корпуса	26
ГГС «Семен Дежнев»	Заварена трещина в корпусе 2,5 м, накладная заплата с длиной шва по периметру 3,5 м	6
СКР «Доблестный»	Заварена трещина в корпусе 1,5 м, дублирующий лист на месте коррозионного разрушения	5,5
СКР «Смышленный»	Заварена трещина в корпусе длиной 1 м, дублирующий лист	2,5
Конвертовка кораблей		
Крейсер «Александр Невский»	Герметизация 206 отверстий, размер заплата до 3600х1800 мм	329
БПК «Юмашев»	Герметизация 164 забортных отверстий	217
БПК «Макаров»	Герметизация 164 забортных отверстий	217
СС «Лира»	Герметизация забортных отверстий заплатами толщиной 10 мм в три прохода	220
Ремонт водозаборной арматуры		
Эсминец «Современный»	Заварено 12 водозаборных отверстий, размер заплата до 5,2х8,6 мм	34
Авианесущий крейсер «Киев»	Заварено 6 водозаборных отверстий, размер заплата до 4,8х8,8 мм	18

в зоне расположения топливных цистерн. Как правило, они получают повреждения с внутренней стороны в местах касания мерных линеек, вводимых в топливные цистерны для определения уровня топлива. Перед началом ремонта топливо из цистерны откачивают, ее пропаривают и заполняют водой. Затем с помощью подводной резки удаляют дефектный участок до образования овального отверстия в корпусе. По шаблону в заводских условиях изготавливают зачатку с приваренным подкладным элементом и скосом кромки. Затем зачатку вводят в отверстие и прижимают к внутренней поверхности корпуса подкладным элементом с использованием специальной трубки. На подкладном элементе формируют корневой шов, а образующуюся разделку заполняют многопроходным стыковым швом.

Герметизация корпуса судна (конвертовка) перед его транспортировкой к месту разделки. Первая работа по кон-

вертовке без постановки корабля в док была проведена на крейсере «Александр Невский» в 1990 г. Герметизировано 206 забортных отверстий путем установки заплат из стали ВСтЗсп толщиной 4–6 мм. Когда размеры заплаты превышали 600×600 мм, на нее приваривали силовой набор. Работы проводили под надзором Российского Морского Регистра Судоходства. Водолазы-сварщики, проводившие эту работу, заварили образцы-свидетели. Это была первая работа, при проведении которой были отработаны элементы технологии установки заплат и их крепление в разгруженном состоянии.

Технология проведения работ была следующая. По проектной документации в заводских условиях изготавливали заплату. Один водолаз-сварщик транспортировал заплату в разгруженном состоянии к месту проведения работ, заплату устанавливали, прихватывали и соединяли с корпусом угловыми многослойными швами катетом 5–8 мм. Места неплотного прилегания заплаты к корпусу поджимали специальными струбцинами. Максимальный размер забортного отверстия, герметизированного на этом корабле, составил 3600×1800 мм, а общая протяженность швов 329 м. Работы по конвертовке этого корабля были проведены за 3 мес. Герметичность швов проверяли путем создания противодавления 0,5 МПа внутри ряда герметизируемых отсеков на срок до 7 сут. После проверки швов крейсер был отбуксирован в Индию и продан на металлолом. С помощью этой технологии была проведена конвертовка еще целого ряда кораблей (см. *таблицу*).

Ремонт и замена запорной арматуры в кингстонных шахтах. Отработана технология ремонта кингстонных шахт и запорной арматуры, которая заключается в установке заглушки из стали толщиной 4–6 мм на место кингстонной решетки. Заглушку вырезают на поверхности по шаблону и затем в разгруженном состоянии транспортируют на место проведения работ. Соединение с корпусом выполняют стыковыми и угловыми швами с использованием технологии мокрой механизированной сварки. В герметизированной и осушенной кингстонной шахте проводят ремонт и замену водозаборной арматуры. После окончания ремонтных работ внутри шахты заглушку удаляют с помощью абразивного инструмента или кислородной строжки. Работы выполняют без надзора Регистра Судоходства, так как целостность корпуса при использовании этой технологии не нарушают, а сварку проводят на не несущих частях корпуса. Некоторые работы, выполненные с использованием этой технологии, приведены в *таблице*.

Установка противотроссового кожуха винта. Отработана технология замены противотроссового кожуха без постановки судов в док. Старый кожух удаляют, после чего в заводских условиях по чертежам изготавливают новый. Каждую из половинок противотроссового кожуха массой до 500 кг в разгруженном состоянии монтируют на место и прихватывают. После соединения болтами его приваривают к корпусу судна, согласно проектной документации, с использованием самозащитной порошковой проволоки. Работу выполняет один человек. Так, с использованием этой технологии в 1994 г. был

заменен противотроссовый кожух на ледоколе «Капитан Драницин».

Замена протекторной защиты. Мокрую механизированную сварку применяют и при замене протекторной защиты на корпусах кораблей и судов. Технология ремонта заключается в удалении старого протектора с помощью абразивного инструмента или других способов подводной резки. Места, подлежащие сварке, зачищают, после чего новый протектор в разгруженном состоянии транспортируют к месту монтажа, прихватывают, и места крепления соединяют с корпусом угловыми швами в соответствии с проектной документацией. По этой технологии без постановки судов в док было заменено большое количество протекторов.

Ремонт плавучих причальных сооружений. Механизированная сварка под водой позволяет быстро и эффективно ремонтировать плавучие причальные сооружения, получившие повреждения в результате коррозионного разрушения металла обшивки или в случае неудачной швартовки судов. Наиболее актуально применение этой технологии при ремонте причалов, длина которых достигает 500 м. Они собраны из секций длиной 54 м и шириной 12 м каждая. Толщина вертикальной стенки 10 мм, а днища 8 мм. В этих сооружениях размещены жилые помещения и объекты, обеспечивающие функционирование подводных лодок на стоянке. Расстыковка отдельных секций таких причалов для вывода их из эксплуатации и последующего ремонта в сухих доках требует значительного объема подготовительно-заключительных работ. Как правило, основные дефекты, вызванные коррозией, возникают на вертикальных поверхностях в районе линии переменного смачивания, а при механических воздействиях, связанных с причаливанием, разрушаются вертикальные стенки и стыковочные узлы причалов. При таких повреждениях приходится восстанавливать не только наружную обшивку, но и набор, а иногда и проушины.

Технология ремонта включает удаление дефектных участков корпуса с помощью электрокислородной резки, зачистку поверхностей и монтаж сегментами новых листов наружной обшивки. Прихватку и герметизацию сегментов с наружной стороны ниже линии смачивания выполняют механизированной сваркой ниточными швами.

После осушения затопленного отсека сварку основных швов проводят с внутренней стороны причальных сооружений с использованием покрытых электродов. С помощью такой технологии отремонтировано значительное количество причалов, а также гидротехнических сооружений, собранных из причальных секций типа ПМ 61М, расположенных в районе Мурманска.

Ремонт причальных сооружений, собранных из шпунта Ларсона. Ремонт причальных сооружений, собранных из шпунта, достаточно актуален, так как их протяженность в РФ и других странах СНГ составляет сотни километров. При причаливании судов возникают значительные динамические нагрузки, под воздействием которых шпунт расходится и в образовавшиеся щели высыпается и вымывается грунт, засыпанный со стороны берега. Это вызывает проседание путей, по которым перемещаются грузоподъемные механизмы, снижается также возможность причаливания глубоководных судов.

Ремонт выполняют путем установки дублирующих листов и сварки их со шпунтовой стенкой угловыми швами. Прихватку листов под водой выполняют как с помощью покрытых электродов, так и самозащитной порошковой проволокой, а сварку листов со шпунтовой стенкой, как правило, выполняют механизированным процессом угловыми швами катетом 6–10 мм. Конфигурацию листов выбирают так, чтобы не выполнять швы в потолочном положении.

Подъем судов. Применение мокрой механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой позволило существенно упростить известную технологию подъема судов, заключающуюся в герметизации люков, иллюминаторов и других элементов корпуса путем установки различного вида заглушек и крышек. Она может быть реализована и при использовании покрытых электродов, однако в этом случае продолжительность процесса герметизации увеличивается в 4–6 раз. Соединение герметизирующих элементов с корпусом судна выполняют угловыми швами. Затем внутрь корпуса закачивают воздух. При наличии внутри корпуса нефтепродуктов их удаляют по трубопроводу на борт нефтесборщика. После продувки корпуса, балластных и топливных цистерн судно поднимают

на поверхность. Использование этой технологии позволяет поднимать суда с минимальным загрязнением окружающей среды. Этот аспект очень важен в местах большого скопления затонувших судов. К такому региону, в первую очередь, относится Мурманск.

Ремонт пера руля. Мокрая механизированная сварка позволяет выполнить ремонт пера руля без постановки судна в док. Ремонт состоит в замене поврежденных сегментов обшивки рулей и последующем их соединении стыковыми многослойными швами с окружающими наружными листами. Технология ремонта включает удаление дефектного сегмента с помощью абразивного инструмента или электрокислородной резки, обработку полученных поверхностей для получения разделки со скосом кромок около 30°, подготовку по шаблону на поверхности нового листа, его монтаж на ремонтируемом участке пера руля, прихватку и соединение с обшивкой стыковыми швами, которые выполняют участками длиной 150–200 мм с противоположных сторон. С использованием этой технологии был проведен ремонт пера руля судна «Пабло Неруда» водоизмещением 15 тыс. т. Заменен сегмент обшивки толщиной 16 мм из стали 09Г2 размером 600×540 мм.

Применение мокрой механизированной сварки при строительстве МЛСП «Приразломная». Морскую ледостойкую стационарную платформу (МЛСП) «Приразломная» строило северодвинское ФГУП «ПО Севмашпредприятие». С целью удешевления и ускорения строительства опорного основания платформы (около 30% стоимости проекта) на «ПО Севмашпредприятие» изготовили сварную конструкцию размером 126×126×24,3 м и массой около 70 тыс. т, обеспечивающую хранение (700 тыс. баррелей) и отгрузку нефти на танкеры. На эту конструкцию установили верхнюю часть платформы. Собрать такую конструкцию на стапелях завода «ПО Севмашпредприятие» не представлялось возможным. В связи с этим нижнюю опорную часть основания собрали из отдельных суперблоков.

В 2004 г. фирма ООО СВП «ИнтерАква» (РФ) приступила к сборке суперблоков кессона МЛСП «Приразломная». Подготовка к выполнению этой работы продолжалась более полутора лет. Была разработана и согласована соответствующая техническая и технологическая документация, выпущены и испытаны образцы порошковой проволоки, подготовлены водолазы-сварщики.

Для соединения суперблоков применили известную технологию их поэтапной сборки с применением сухого кессона (устройства герметизации стыка — УГС). На территории России эту технологию до настоящего времени не использовали. Она заключается в том, что при изготовлении каждого из суперблоков размером 126×31,5×24,3 м на стапеле в его нижней части монтируют половину удаляемого впоследствии УГС. Соединение двух половинок УГС осуществлялось под водой на глубине 8 м с использованием технологии мокрой механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой трехслойными угловыми швами ка-

тетом 10–16 мм в потолочном (126 м на суперблок) и вертикальном (16 м на суперблок) положениях. Для сварки использовали самозащитную порошковую проволоку ППС-ЭК1, разработанную фирмой «Экотехнология» (Киев). Механические свойства металла шва: $\sigma_b = 467,5$ МПа; $\sigma_T = 373,9$ МПа; $KCV(20^\circ C) = 74,5$ Дж/см². Массовая доля элементов в шестом слое многослойной наплавки не превышала: 0,015%С; 0,04%Si; 0,12%Mn; 1,14%Ni; 0,026%S; 0,016%Р.

Технология сборки и сварки двух половинок УГС включала:

- зачистку наружной поверхности свариваемых элементов;
- установку струбцин и обжатие свариваемых деталей УГС на всю длину конструкции;
- прихватку деталей УГС швом длиной до 100 мм через каждые 200–300 мм;
- зачистку прихваток и их контроль (внешний осмотр) на наличие дефектов;
- демонтаж струбцин и 100 % контроль качества сборки;
- сварку корневого слоя шва с зачисткой от шлака и 100 % контролем (внешний осмотр) с помощью подводного видеотелекомплекса и записью результатов на видеоносителях;
- сварку второго и третьего слоя шва с зачисткой и 100 % контролем качества всего соединения в целом с помощью подводного видеотелекомплекса с записью результатов на видеоносителях.

За 55 рабочих дней с учетом подготовительно-заключительного периода на глубине до 8 м было сварено около 1800 м однопроходного шва, включая прихваточный, со средней скоростью 6,0–6,5 м/ч. Параметры режима сварки: сила тока 110–180 А, напряжение горения дуги 24–29 В. При выполнении первого слоя шва для лучшего проплавления корня и полного расплавления прихваток силу тока увеличивали до 150–180 А. Сварку выполняли полуавтоматом ПСП-3 (РФ).

В ноябре-декабре 2004 г. была выполнена сборка и сварка УГС между вторым и третьим суперблоками, в июне–июле 2005 г. первого и второго суперблоков, а соединение третьего и четвертого суперблоков осуществлено в августе 2005 года. После осушения всех УГС поступление воды через швы, выполненные под водой, не обнаружено. Работу осуществляли под надзором Морского Российского Регистра Судоходства.

После сварки под водой швов по описанной выше технологии с внутренней стороны осушенного УГС были выполнены дополнительные упрочняющие швы электродами УОНИИ 13/45Р. Затем специалисты «ПО Севмашпредприятие» сварили секции суперблоков с использованием стандартных технологий, принятых на предприятии. Толщина соединяемого металла днища и бортов не более 36 мм. После сварочных работ и контроля качества полученных соединений УГС между суперблоками удалили с использованием технологии подводной резки экзотермическими электродами.

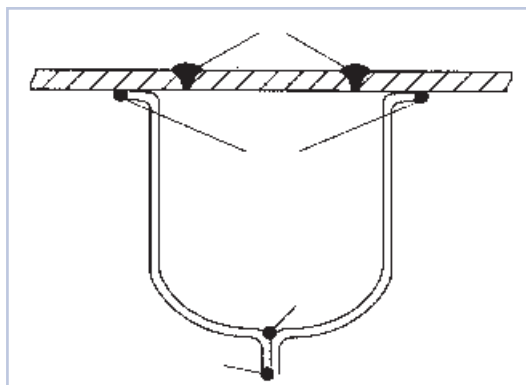
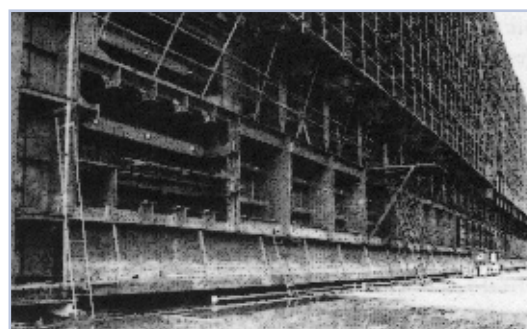


Схема сборки суперблока с использованием УГС: 1 – технологический угловой шов, выполненный под водой; 2 – шов, выполненный после осушения УГС; 3 – швы, соединяющие половинки УГС с днищем и бортом суперблоков; 4 – стыковые швы, соединяющие днище и борта



Суперблоки кессона платформы «Приразломная» в наливном бассейне ПО «Севмашпредприятие»

Приведенные материалы позволяют сделать заключение о высокой эффективности технологии мокрой механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой при бездоковом ремонте судов и других гидротехнических сооружений. Разработаны и испытаны на практике ряд технологических решений, позволивших в экстремальных условиях быстро и эффективно ремонтировать корпуса кораблей и судов с минимальными затратами труда.

Как водолаз-сварщик, длительное время проработавший под водой, хочу отметить, что выполнение таких работ при наличии волнового воздействия и течения (транспортировка заплаты массой 500–1000 кг и площадью до 6 м², монтаж, прихватка и сварка в вертикальном и потолочном положениях) является сложной инженерной задачей для одного водолаза. Качество работ в таком объеме можно обеспечить только благодаря высокой профессиональной подготовке водолазов-сварщиков, эффективной работе оборудования и прогнозируемым сварочно-технологическими свойствам порошковой проволоки.

● #853

Компетентностно-ориентированное обучение специалистов-сварщиков

Т. В. Храмкова, мастер производственного обучения,
филиал ГАОУ СПО «Нижнекамский сварочно-монтажный колледж» (п.г.т. Камские Поляны)

«Мы слишком часто даем детям ответы, которые надо выучить, а не ставим перед ними проблемы, которые надо решать»

Роджер Левин

Новые требования к подготовке специалистов изложены в терминах компетентностного подхода и зафиксированы во всех нормативных актах системы образования РФ. Основная цель профессионального образования — подготовка высококвалифицированного, конкурентоспособного, компетентного работника, способного к эффективной работе по полученной специальности, готового к непрерывному профессиональному росту.

От профессиональной подготовки обучающихся и последующего повышения их квалификации зависит будущее любого предприятия. Важнейшим фактором, определяющим качественный уровень производства, является уровень компетентности персонала, координирования действия всех структур и его соответствие требованиям производства. В связи с этим традиционное образование сегодня уже не удовлетворяет работодателей.

Компетентность как интегративный результат подготовки, предполагающий не только усвоение знаний, умений, но и применение их в практической деятельности, требует внесения существенных изменений в процесс профессионального образования, использования особых компетентностно-ориентированных технологий.

Сегодня востребованным становится образование не на всю жизнь, а через всю жизнь, т.е. востребован специалист, который не будет ждать инструкций, а вступит в профессиональную жизнь с уже сложившимся творческим, проектно-конструктивным и духовно-личностным опытом. Поэтому одним из важнейших показателей качества образования является компетентность, которая кроме суммы знаний, включает умение студентов мобилизовать полученные знания и опыт в конкретной ситуации.

Из этого вытекает основная задача образования: научить студентов находить способы решения задач, проблем в различных сферах жизнедеятельности. В профессиональном образовании сегодня компетентностный подход подразумевает формирование ключевых компетенций как новую парадигму результата образования, как результативно-целевую основу.

Специфика компетентностного обучения состоит в том, что усваивается не готовое знание, а формируются умения, необходимые для решения задачи. При таком подходе учебная деятельность приобретает исследовательский

или практико-преобразовательный характер и сама становится предметом усвоения.

При подготовке специалистов по профессии «Сварщик» мы опираемся на компетентностно-ориентированный подход и лежащие в его основе педагогические технологии: деятельностно-компетентностные; проектные; интерактивные; дистанционные; проблемно развивающие; технологии сравнительной оценки и достижений («портфолио» и т.п.).

Практико-ориентированный метод — один из самых эффективных способов формирования компетенций. Овладение же ими невозможно без приобретения опыта деятельности. Компетенции формируются в процессе деятельности и ради будущей профессиональной деятельности. В этих условиях процесс обучения приобретает новый смысл, он превращается в процесс учения/научения с целью достижения профессионально и социально значимых компетенций.

В докладе международной комиссии по образованию XXI века «Образование: скрытое сокровище» в качестве глобальных компетенций Жак Делор четырежды употребил глагол «научиться»: научиться познавать, научиться жить вместе, научиться делать, научиться быть. Следовательно, именно деятельностно-компетентностный подход может стать эффективной методологией построения ориентированного на практику образования в XXI веке.

В ходе профессиональной подготовки происходит постоянное обогащение содержания деятельности на основе модели деятельности специалиста, включающей описание системы его основных функций, проблем и задач, предметных и социальных компетенций. Первоначально студент овладевает опытом учебно-познавательной деятельности академического типа, где моделируются действия специалистов, обсуждают-

ся теоретические вопросы и проблемы. Далее осваивается опыт профессиональной деятельности путем моделирования условий, содержания и динамики реального производства, отношений занятых в нем людей с использованием таких активных форм, как деловая игра, мозговая атака и т.д.

В ходе учебно-профессиональной деятельности студенты овладевают реальным опытом выполнения прикладных исследований, научно-технических разработок. Одни авторы определяют такую деятельность как готовность специалиста применять на практике полученные знания, другие — как способность решать проблемы, т.е. компетенцию выражают с помощью активных глаголов, обозначающих действие. Но многие исследователи, как отмечает В. Хутмахер (Walo Hutmacher), соглашаются с тем, что компетенция ближе к понятию «знаю, как», чем к понятию «знаю, что». «Знаю, что» относится к атрибутам традиционной парадигмы знаний, а «знаю, как» больше связано со «знаниями в действии», и поэтому компетенции, компетентностный подход ближе к целям и задачам ориентированного на практику образования.

Наша главная задача — мотивировать обучающихся к приобретению знаний о технологиях сварки и новейших исследованиях в области сварочного производства. По мнению С. Соловейчика, есть три силы, заставляющие студентов учиться: послушание, увлечение и цель. Послушание подталкивает, цель манит, а увлечение движет. Если студенты равнодушны к предмету, то учение становится тяжелой повинностью. Оборудование, техника и технология электро-сварки — предмет, связанный с профессией. Для кого-то это один из самых трудных предметов. А между тем, такой предмет, как технология сварки в профессиональном образовании необходима для создания у обучающихся отчетливых представлений о ее роли в производстве. Поэтому на уроках мы даем задания, которые могут возникнуть в конкретных условиях. Например, при изучении темы «Сварочные материалы» обобщаем опыт и области применения сварочных электродов в различных странах и отраслях промышленности, рассказываем о современных способах сварки.

Практико-ориентированные задания способствуют интеграции знаний, побуждают обучающихся использовать дополнительную литературу (и не только по отдельной технологии), что повышает интерес к учебе в целом, положительно влияет на прочность знаний и качество образования. Занятия дают понимание сущности и социальной значимости будущей профессии, пробуждают к ней устойчивый интерес, учат принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность. Студенты принимают участие в конференциях различного уровня, олимпиадах по профессии и конкурсах профессионального мастерства. Они разрабатывают презентации по темам программы, создают видеofilмы, используя информационные и коммуникационные технологии в профессиональной деятельности. Часто практикуются задания, где обучающиеся выполняют работу в коллективе и команде.



Способность педагога заключается в том, чтобы раскрыть внутренние резервы студентов. Для этого мы используем в обучении активные методы, такие как проблемное обучение, деловые игры, метод проектов, творческие упражнения, метод эвристических вопросов, тестовые технологии, открытые уроки, интегрированные уроки и внеклассная работа. Немаловажным фактом является и личный пример мастера. Участие в конкурсах, грантах «Лучший по профессии», изучение международного опыта при подготовке квалифицированных специалистов, стимулирует студентов к повышению профессионального мастерства.

Практическое обучение и производственная практика — основные звенья формирования профессиональных компетенций у студентов. Именно они являются важной составляющей в достижении результата. Хочется отметить, что на учебной практике студенты с интересом занимаются, они заинтересованы в результатах своего труда, соревнуются и пытаются не отстать друг от друга. На учебной практике по сварке не только выполняют стыковые и угловые швы, но и изготавливают изделия практического назначения, которые находят применение в повседневной жизни. Это важно.

Развитие профессионального образования заключается в целевой установке: изменение отношения и повышение престижа, прежде всего, строится на изменении качества подготовки. Если выпускники будут востребованы, если их квалификация будет высокой, то мы поднимем престиж профессии.

● #854

К 70-летию Победы

Работы Института электросварки им. Е. О. Патона НАНУ в области танкостроения

В. А. Саржевский, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины начал исследования по сварке броневых сталей еще в предвоенные годы. Эти работы многократно расширились в начале Великой Отечественной войны. По инициативе Е. О. Патона коллектив Института осенью 1941 г. был эвакуирован в Нижний Тагил на Уралвагонзавод. Сюда же был перебазирован Харьковский завод им. Коминтерна, на котором в довоенное время под руководством М. И. Когинкина была разработана конструкция и изготовлены первые образцы нового среднего танка Т-34.

По прибытии в Нижний Тагил сотрудники Института электросварки совместно с работниками этих заводов (объединенные заводы получили новое название Уральский танковый завод № 183) сразу же приступили к разработке технологии и аппаратуры для автоматической сварки под флюсом бронеконструкций танка Т-34, изготавливаемых из кремнемарганцевой стали 8С толщиной до 45 мм.

В исключительно короткие сроки была разработана технология скоростной автоматической сварки танковой брони под флюсом, предусматривающая применение переменного тока, кремнемарганцевой (Св-18ГС) и низкоуглеродистой электродных проволок с закладкой в разделку кромок аналогичных присадочных проволок. Были разработаны два варианта флюса: высококремнистый плавный флюс АН-2 мокрой грануляции и шлаковый флюс АШ, основанный на использовании обогащенного марганцем шлака древесноугольных доменных печей Ашинского металлургического завода. Одновременно с разработкой технологии сварки были спроектированы и изготовлены сварочные установки, оснащенные новыми сварочными головками. В основу конструкции последних был положен принцип саморегулирования электрической дуги при постоянной скорости подачи электродной проволоки. Это позволило существенно упростить конструкцию сварочных автоматов и повысить надежность их эксплуатации.

Всего на Уралвагонзаводе было создано и введено в эксплуатацию 15 установок для автоматической сварки под флюсом различных узлов боевой машины Т-34.

Сварочные головки для автоматической сварки, изготовленные в мастерских института, внедрялись и на других заводах. В 1943 г. ИЭС установил на заводах Наркомата танковой промышленности около 50 аппаратов для автоматической сварки.

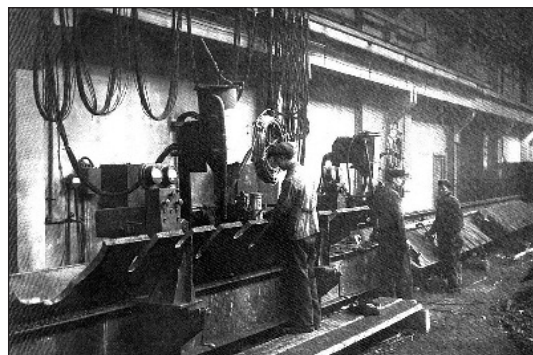
Созданная в тяжелейших условиях военного времени

и широко внедренная технология скоростной автоматической сварки под флюсом основных соединений корпусов и башен танка Т-34 позволила повысить производительность сварки более чем в 5 раз, значительно улучшить качество сварных швов и стала основой для организации его поточного производства.

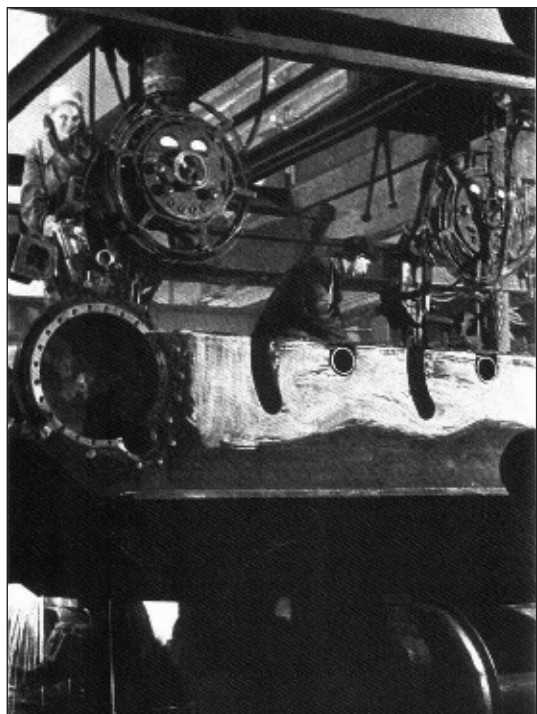
Более 30000 знаменитых «тридцатьчетверок» вышли в годы войны из цехов Уралвагонзавода.

Вплоть до середины 1950-х годов танк Т-34 оставался основным средним танком на вооружении Советской Армии.

В послевоенный период, когда появились более мощные средства поражений, совершенствование защиты танков пошло по пути создания и применения новых хромоникель-молибденовых броневых сталей значительно большей толщины (до 100 мм). Обладая повышенной бронестойкостью, эти стали, вследствие высокого содержания углерода и наличия в них хрома, никеля и молибдена, отличались ухудшенной свариваемостью, что проявлялось, прежде всего, в образовании при сварке холодных околошовных трещин. По этой причине, а также из-за недостаточной стойкости («живучести») сварных соединений при снаряжном обстре-



Сварка бортов корпуса танка Т-34 автоматической сварочной установкой на Уральском танковом заводе № 183 (Устьянцев С. В., Колмаков Д. Г. Боевые машины Уралвагонзавода. Танк Т-34. — Нижний Тагил: Уралвагонзавод / Медиа-Принт, 2005. — 231 с.)



Сварка корпуса танка Т-34 автоматической сварочной установкой на Уральском танковом заводе № 183 (Устьянцев С. В., Колмаков Д. Г. Боевые машины Уралвагонзавода. Танк Т-34.— Нижний Тагил: Уралвагонзавод / Медиа-Принт, 2005.— 231 с.)

ле технология автоматической сварки под флюсом, успешно примененная при массовом изготовлении танка Т-34, оказалась совершенно не пригодной для новых модификаций среднего танка. Последующий его тип-танк Т-54 изготавливался исключительно с применением ручной сварки электродами с сердечником из дорогостоящей высоколегированной аустенитной проволоки Св-08Х21Н10Г6. Швы такого состава применялись Германией при изготовлении танков в период второй мировой войны.

Высокая пластичность и вязкость аустенитных швов, а также благоприятное напряженное состояние сварных соединений обеспечили условия для значительного повышения их стойкости против образования холодных трещин и сопротивляемости хрупким разрушениям при снарядном обстреле. Однако производительность сварки при этом снизилась до уровня довоенного времени, что явилось большим препятствием при наращивании объемов выпуска новых танков.

По этой причине в 1951 г. специальным Постановлением Правительство СССР возложило задачу автоматической сварки бронекорпуса среднего танка Т-54 на ИЭС и Харьковский завод им. В. А. Малышева.

По сравнению с корпусом танка Т-34 корпус этого танка отличался значительно большим сечением сварных швов, что требовало увеличенного объема наплавленного металла. При разработке технологии автоматической сварки под флюсом за основу была принята упомянутая аустенитная проволока Св-08Х21Н10Г6. Было установлено, что швы, выполненные этой проволокой, отличались пониженной сопротивляемостью образованию горячих (кристаллизационных) трещин в металле шва, что вызывало необходимость резкого ограничения доли основного металла в образовании шва. Для высокопроизводительных режимов автоматической сварки легированных сталей это связано с определенными трудностями.

Выход был найден путем применения для автоматической сварки постоянного тока прямой полярности, при которой доля основного металла в сварном шве существенно уменьшается. Для получения качественных швов были разработаны новая марка аустенитной проволоки ЭИ-613 (Св-08Х20Н9Г7Т) и новый плавный низкокремнистый флюс сухой грануляции марки АН-14.

Применение постоянного тока и флюса сухой грануляции способствовало снижению содержания водорода в наплавленном металле, что благоприятно сказалось и на повышении стойкости зоны термического влияния против образования холодных трещин. При высоком качестве сварных соединений бронеконструкций производительность однодуговой автоматической сварки (по сравнению с ручной сваркой) возросла в 4–5 раз и составила около 20 кг наплавленного металла в час.

В 1956 г. технология автоматической сварки проволокой ЭИ-613 (Св-08Х20Н9Г7Т) под флюсом АН-14 на постоянном токе прямой полярности была внедрена на заводе им. В. А. Малышева при изготовлении бронекорпуса танка Т-54 и башни этого же танка на Мариупольском заводе им. Ильича. Впоследствии проволока ЭИ-613 под маркой Св-08Х20Н9Г7Т вошла в ГОСТ СССР на сварочные проволоки, а флюс АН-14 под маркой АН-22 получил широкое распространение и для сварки конструкционных сталей.

В начале 1960-х годов технология автоматической сварки проволокой Св-08Х20Н9Г7Т под флюсом АН-22 была распространена при изготовлении бронекорпусов и башен танка Т-55 на Омском машзаводе. Несколько позже на этом заводе впервые в отрасли была применена более произво-



Танк Т-34

дательная технология двухдуговой автоматической сварки под флюсом с использованием тех же сварочных материалов, что и для однодуговой сварки. Количество наплавленного металла возросло до 30–35 кг/ч.

К середине 1960-х годов технология автоматической сварки под флюсом проволокой Св-08Х20Н9Г7Т прочно утвердилась на упомянутых заводах при изготовлении бронеконструкций средних танков Т-55 и Т-64.

Наряду с отмеченной технологией на Уральских заводах Челябинска и Нижнего Тагила при изготовлении аналогичных бронеконструкций среднего танка, а также тяжелого танка Т-10М успешно применялась разработанная в середине 1950-х и 1960-х годов центральной броневой лабораторией (впоследствии ВНИИСтали) соответственно технология однодуговой автоматической сварки аустенитной проволокой Св-08Х21Н10Г6 на переменном токе под керамическим пылевидным флюсом марки 11/5 и технология автоматической сварки трехфазной дугой этой же проволокой под плавным флюсом АН-20, созданным в ИЭС. По просьбе Челябинского машзавода ИЭС разработал и внедрил на этом заводе и на Уралвагонзаводе при однодуговой сварке бронекорпусов танков Т-10М и Т-62 новый гранулированный керамический флюс марки КГФ-78 с улучшенными санитарно-гигиеническими характеристиками и повышенной сопротивляемостью металла шва против образования пор и горячих трещин.

Внедренная на Уралвагонзаводе технология автоматической сварки трехфазной дугой при выполнении основных швов бронекорпусов танков Т-55, Т-62, Т-72 отличалась повышенной производительностью (сопоставимой с двухдуговой автоматической сваркой), а также обеспечивала высокое качество сварных соединений бронеконструкций. Об этом, в частности, свидетельствуют результаты исследований Уралвагонзавода и ИЭС по оценке качества зоны сплавления таких соединений.

Период конца 1970-х — начала 1980-х годов характерен переходом танкостроения на новые более легированные и бронестойкие стали. В целях обеспечения высокой сопротивляемости металла хрупким разрушениям при возросшем снарядном нагружении новые броневые стали начали изготавливать с применением метода электрошлакового переплава (ЭШП), предложенного ИЭС. Сведения же о влия-

нии рафинирующего переплава легированных сталей на их свариваемость были ограничены, а иногда и противоречивы. Поэтому ИЭС совместно с ВНИИСталью провел специальные исследования, в результате которых было установлено, что при сварке новых броневых сталей ЭШП принятыми в отрасли аустенитными материалами ухудшения качества сварных соединений не наблюдалось. Результаты этих исследований послужили основанием тому, что технологические процессы сварки под флюсом АН-22 и в среде CO_2 аустенитной проволокой Св-08Х20Н9Г7Т с корректировкой режимов сварки корневых швов стали также основными процессами сварки и при изготовлении бронекорпусов средних танков последующих модификаций — Т-80, Т-84. Однако при использовании проволоки Св-08Х20Н9Г7Т, обеспечивающей прочность металла шва на уровне 600 МПа, стало более остро ощущаться несоответствие прочностных показателей металла шва и основного металла. Кроме того, технологическую прочность сварных швов необходимо было повысить, так как принятое понижение режимов сварки при выполнении корневых швов снижало производительность сварки.

В результате исследований, проведенных в ИЭС в середине 1980-х годов, были разработаны новые сварочные материалы: для автоматической сварки под флюсом АН-22 и АН-22М — аустенитная проволока ЭК-67 (Св-05Х20Н10М2Т); для механизированной сварки в среде CO_2 — аустенитная порошковая проволока марки ПП-АНВ9 (05Х20Н10М2Т). Новые сварочные материалы обеспечили более высокие, по сравнению с серийной проволокой, механические свойства и технологическую прочность металла шва.

Технология автоматической сварки проволокой Св-05Х20Н10М2Т под флюсом АН-22 (АН-22М) и технология механизированной сварки проволокой ДП-АНВ9 в среде CO_2 после всесторонних испытаний и опытно-промышленной проверки были рекомендованы к внедрению в производство бронекорпусов танка Т-80, изготавливаемого из броневых сталей ЭШП.

Многие из разработанных в эти годы сварочных материалов и технологий сварки находят применение при изготовлении бронемашин и в настоящее время.

● #855



Танк Т-64

15-я Юбилейная
международная выставка
сварочных материалов,
оборудования и технологий

weldex
россварка

**6–9 октября
2015 года**

Москва

КВЦ «Сокольники»

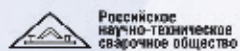


Забронируйте стенд
www.weldex.ru



Тел.: +7 (495) 939 81 00
E-mail: weldex@ite-expo.ru

Официальная поддержка:



Генеральный
информационный партнер:



Журнал
«Сварочное производство»

ХІV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2015

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ
ТІТЕХ**

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС



**ГИДРАВЛИКА
ПНЕВМАТИКА**



**УКРПРОМ
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ



**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



**БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА**

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



**УКРМАШ
ТІТЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР
ТІТЕХ**

КОМИССИОННАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ



ПОДШИПНИКИ



УКРСВАРКА

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



УКРЛИТЬЕ

Генеральный
информационный партнер:

**ОБОРУДОВАНИЕ
ИНСТРУМЕНТ**

Технический партнер:

RentMedia

ufi
Approved
Event



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

**Украинской Национальной Компании
"Укрстанкоинструмент"**

**24-27
НОЯБРЯ**



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф.19, «Сварщик в России».**

843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854
855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866
867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878
879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890
891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902
903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914
915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926
927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2015 г.

подпись

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2015 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
7		26000

На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Стоимость, руб.
3, 1 полоса	210×295	25000
4, 1 полоса,	210×295	23000
3 и 4, 1/2 полосы	180×125	12000
5 и 6, 1 полоса)	210×295	22000
5 и 6, 1/2 полосы	180×125	11000

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 7500 руб.

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Тарифы на рекламу универсальные для журналов «Сварщик в России» и «Сварщик» (Украина). При размещении рекламно-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется скидка **15%**.

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:

формат журнала после обрезки 205×285 мм;

до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**

Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5–11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9–12, текст в кривых.

Сопроводительные материалы: желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.

Носители: CD-ROM, или DVD, или флэш-диск.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 6 — до 15.11).

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**
тел./ф.: +380 44 **200-80-14**, +380 50 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com
www.welder.kiev.ua

Заполняется печатными буквами