

X 350 VRD RU

новое поколение источников питания для сварки



MiCOR
INSIDE

**с апреля 2012 г.
в реестре ОАО «Газпром»**



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 70-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», книги и брошюр по сварке и родственным технологиям.

5 (39) 2012

сентябрь–октябрь

Журнал выходит 6 раз в год.

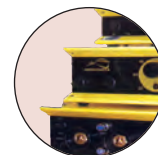
Издается с мая 2006 г.

Подписной индекс **20994**
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **К0103** в каталоге российской
прессы «Почта России» — персональная подписка

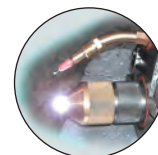
СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 6



Технологии и оборудование

Применение электрических параметров режима высокочастотной сварки спиральношовных труб для организации процессов управления и контроля.
Е.А. Пантелеймонов, М.В. Самофалов 8



Механизированная линия PLAZER 30PL-W для плазменно-дугового проволочного напыления покрытий на крупногабаритные детали типа «вал».
В.Н. Коржик, М.Ф. Короб 13

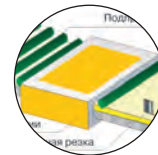
Гибридная сварка: сочетание лазерной и MAG сварки.
F.Kolenic, E.Lechovic 16



Сварочный инвертор «Форсаж-302» — новые технологии, новые возможности 20

Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя.
Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич, А.В. Хилько, А.А. Кузубов, А.А. Кузубов 24

Технологические форматы систем роботизированной дуговой сварки.
В.В. Иштуткин 26



Новые защитные газовые смеси для сварки компании Linde Gas.
А.А. Васильев 32

Наши консультации 34

Практикум сварщика

Качество реза при плазменно-дуговой резке. *Г.И. Лашенко* 36



Методы контроля качества сварных швов и соединений. *С.Т. Римский* 42

Зарубежные коллеги 47



Подготовка кадров

IX Международный конкурс сварщиков в Украине.
А.А. Кайдалов, А.Н. Воробьев 48

Страницы истории

Создание и покорение суперстали. Часть 2. Спецстали и проблемы сварки.
А.Н. Корниенко 50



News of technique and technologies	6
Technologies and equipment	
Application of electrical parameters of a mode of high-frequency welding spiral-seam of pipes for organization of processes of management and control. <i>E.A.Panteleymonov, M.V.Samofalov</i>	8
The mechanized line PLAZER 30PL-W for plasma-arc wire dispersing of coverings on large-sized details such as «shaft». <i>V.N.Korzhih, M.F.Korob</i>	13
Hybrid welding: a combination laser and MAG welding. <i>F.Kolenic, E.Lechovic</i>	16
Welding inverter «Forsage-302» — new technologies, new capabilities.	20
Cladding of shafts of centrifuges of lines of production mineral heater <i>L.N.Orlov, A.A.Golyakevich, A.V.Hil'ko, A.A.Kuzubov, A.A.Kuzubov</i>	24
Technological formats of systems robotized arc welding. <i>V.V.Ishutkin</i>	26
New protective gas mixes for welding of Linde Gas company. <i>A.A. Vasil'ev</i>	32
Our consultations	34
Practical work of the welder	
Quality of cut at plasma-arc cutting. <i>G.I.Lashchenko</i>	36
Methods of quality control of welded seams and joints. <i>S.T.Rimskiy</i>	42
The foreign colleagues	47
Training of personnel	
IX International competition of the welders in Ukraine. <i>A.A.Kaydalov, A.N.Vorob'ev</i>	48
Pages of a history	
Creation and conquest of supersteel. Part 2. Special steels and problem of welding. <i>A.N.Kornienko</i>	50



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 Б. В. Юрлов

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили, Е. К. Доброхотова

Маркетинг и реклама А. Н. Храмчихина, Т. И. Коваленко

Верстка и дизайн Т. Д. Пашигорова

Адрес редакции 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19

Телефон +7 499 922 69 86

Факс +7 499 922 69 86

E-mail ctt94@mail.ru

URL http://www.welder.msk.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», 2012

Подписано в печать 09.10.2012. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Тираж 3000 экз.

Заказ № 10677 от 09.10.2012.

Издание выходит при содействии информационно-технического журнала «Сварщик»

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

Издатель ООО «Экотехнология»

Главный редактор Б. В. Юрлов

Редакционная коллегия В. В. Андреев, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 66

Телефон +380 44 200 5361

Тел./факс +380 44 287 6502, 287 6602

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

URL http://www.welder.kiev.ua/

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Подписной индекс **20994**
в каталоге «Пресса России»

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

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

Применение электрических параметров режима высокочастотной сварки спиральношовных труб для организации процессов управления и контроля

Е.А. Пантелеймонов, М.В. Самофалов

Рассмотрены возможность и целесообразность применения электрических параметров режима сварки для организации процессов управления и контроля в условиях действующих возмущений при производстве тонкостенных спиральношовных труб способом высокочастотной сварки.

Механизированная линия PLAZER 30PL-W для плазменно-дугового проволочного напыления покрытий на крупногабаритные детали типа «вал»

В.Н. Коржик, М.Ф. Короб

Описана механизированная линия PLAZER 30PL-W для плазменно-дугового проволочного напыления покрытий, комплект входящего в нее оборудования. Приведены ее техническая характеристика, преимущества технологии нанесения покрытий с помощью данного оборудования.

Гибридная сварка: сочетание лазерной и MAG сварки

Ф. Kolenic, E. Lechovic

Рассмотрена концепция гибридной сварки, представляющей собой комбинацию двух принципиально различных способов сварки — лазерной и дуговой (MIG/MAG, TIG и плазменная). Даны результаты экспериментальных исследований, описаны преимущества и особенности применения данного способа сварки.

Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя

Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич, А.В. Хилько, А.А. Кузубов, А.А. Кузубов

Описаны разработанная сварочная порошковая проволока ППС-ТМВ11С и технология наплавки под флюсом АН26 взамен процесса наплавки импортной сплошной проволокой. Приведены преимущества применения проволоки этой марки — гарантированное бездефектное качество наплавленного металла, невысокая стоимость.

Технологические форматы систем роботизированной дуговой сварки

В.В. Ишуткин

Рассмотрены технологические форматы и методы организации работы систем роботизированной дуговой сварки. Проведен сравнительный анализ производительности технологических схем форматов и представлены критерии их продуктивности.

В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ...

Линия плазменного напыления покрытий на рабочие поверхности деталей мощных дизелей локомотивных и судовых двигателей PLAZER ISS-75-PL

В.Н. Коржик, М.Ф. Короб

Описано оборудование PLAZER ISS-75-PL для нанесения плазменных износостойких, коррозионностойких, кавитационностойких, жаростойких и теплозащитных покрытий на рабочие поверхности гильз и других деталей цилиндропоршневой группы локомотивных дизелей и судовых двигателей. Приведены схемы и технические характеристики линии PLAZER ISS-75-PL.

Крепление лопаток турбины бандажной лентой заклепками из стали 30X13 с применением локального нагрева

С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Б.А. Трембач, А.И. Коровченко, Л.Н. Наумова, Ю.И. Костюченко, И.А. Трембач, Т.Б. Золотопупова

Рассмотрен вопрос повышения надежности и качества заклепочных соединений при креплении лопаток бандажной лентой, а также роль локального нагрева в этом процессе. Рассмотрены применяемые материалы и режим нагрева.

Направления развития комбинированных технологий сварки плавлением

Г.И. Лащенко

Проведен анализ существующих и определение новых возможных направлений совершенствования технологии сварки плавлением на основе комбинирования энергии и защитной среды, подаваемых в рабочую зону. Рассмотрены характеристики источников сварочного нагрева, комбинирование источников термической энергии при сварке, виды защиты расплавленного металла от воздуха при различных способах сварки плавлением.

Ситуация на рынке основных конструкционных материалов и сварочной техники Японии

О.К. Маковецкая

Приведены статистические данные об объеме и структуре производства и потребления сварочных материалов в Японии за последние годы. Даны показатели производства сварочного оборудования, экспорта и импорта. Показаны объем производства, поставок на внутренний рынок и экспорт промышленных роботов и манипуляторов для сварки, а также объем производства промышленных лазеров для обработки металла за 2008-2011 гг.

... И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

Сварочный аппарат ВМЕ 160 (ВМ 50.00.000)

Однофазный сварочный аппарат ВМЕ 160 (ВМ 50.00.000) сочетает в себе такие необходимые качества высококлассного инвертора, как высокая продолжительность включения при максимальной силе тока (ПВ=70% при 160 А), минимальные габаритные размеры и масса, являющиеся преимуществом при работе на ответственных участках, на высоте и др.

Инвертор дает более мягкую и эластичную дугу. Аппарат стабильно работает даже



Техническая характеристика:

Диапазон регулировки силы сварочного тока, А	16–160
Напряжение, В:	
питающей сети	187–242
холостого хода	50–70
Частота питающей сети, Гц	49–60
Потребляемая мощность, кВт·А	3,7
Напряжение дуги, В	21–30
Диаметр электрода, мм	1,6–5
Габаритные размеры, мм	190×240×70
Масса, кг	2,5

от автономных генераторов мощностью 4 кВт, что весьма удобно при отсутствии электросети. Работу можно проводить на постоянном или переменном токе любыми электродами (вольфрамовыми, специализированными). Сварочный аппарат быстро охлаждается с помощью мощного вентилятора — уникальная система обдува позволяет использовать инвертор непрерывно в течение всего дня. В сочетании с дополнительным оборудованием сварочный инвертор ВМЕ 160 можно применять для сварки в среде инертных газов (TIG сварка). Инвертор универсален, он подходит как любителям, так и профессионалам.

● #619
Группа компаний «Минисварка»
(Москва)

«Северсталь» поставила опытную партию новой марки стали S500MC для компании «КАМАЗ»

ОАО «Северсталь» в сжатые сроки разработала и согласовала технические стандарты на новые марки стали и сразу организовала опытные поставки партий для ОАО «КАМАЗ».

Новая сталь S500MC является аналогом высококачественной шведской стали DOMEX-500, при этом стоимость новой марки стали, произведенной на Череповецком меткомбинате (входит в состав дивизиона «Северсталь Российская сталь»), значительно ниже стоимости шведского образца.

Кроме того, для ОАО «КАМАЗ» произвели принципиально новую двухфазную сталь марки DP600, которая обладает высокой прочностью, позволяет снизить металлоемкость автомобиля за счет снижения толщины деталей, а высокая пластичность обеспечивает хорошую штампуемость особо сложных деталей. Сталь технологична в металлургическом и машиностроительном производстве, сваривается всеми известными методами сварки, технологична при штамповке.

В настоящий момент ведется отработка технологии аналогичных марок для поставки на заводы «Евродиск», кото-

рые изготавливают диски колес для автомобилей Volkswagen и Renault. Освоение и внедрение новых перспективных марок металлопроката ведется в рамках совместной программы ОАО «Северсталь» — ОАО «КАМАЗ», рассчитанной на 2012–2013 гг.

Проведенный в ОАО «Северсталь» комплекс мероприятий, направленных на улучшение механических свойств и чистоту металла, позволил обеспечить штампуемость деталей рамы автомобилей марки «КАМАЗ» сложной формы.

Одновременно с разработкой и внедрением перспективных марок металлопроката на ЧерМК решили крайне важный для ОАО «КАМАЗ» вопрос резки полос для производства лонжеронов рам автомобиля «КАМАЗ» из стали 20ГЮТ.

Представители «КАМАЗа» высоко оценили организацию деятельности и профессионализм членов рабочей группы «Северстали».

● #620
www.metalbulletin.ru

Устройство ProTrainer для виртуального обучения сварке

Одной из наиболее обсуждаемых в настоящее время тем является виртуальная сварка. Она способствует значительной экономии времени и средств при проведении базового курса обучения сварщиков.

Устройство для обучения ProTrainer компании Kemppi создано на основе тренажера CS WAVE, который был разработан французской компанией Diginext и уже используется более чем в 150 учебных заведениях различных стран мира.

Тренажер позволяет сварщикам значительно улучшить свою технику даже без зажигания настоящей сварочной дуги. Его используют подобно игровым консолям, что позволяет оттачивать движения. Сварочная горелка играет роль джойстика и выглядит довольно реалистично. Для слежения и определения местонахождения горелки используют ультразвуковую технологию.

В процессе обучения основное внимание уделяют выработке правильной техники сварки и контролю траектории перемещения. Это устройство помогает ученику понять, как и под каким углом необходимо перемещать сварочную горелку в процессе сварки. Тренажер постоянно оценивает ученика и дает ему указания. Кроме того, первое время горение дуги, жидкая сварочная ванна, сильный шум и брызги расплавленного металла наверняка будут отвлекать внимание ученика-сварщика от положения руки.

После приобретения сварщиком достаточных навыков владения инструментом он



может начать практический курс обучения сварочным работам.

Устройство может быть использовано для обучения сварке MMA и MIG/MAG как по плоскости, так и в горизонтальном и вертикальном положениях. Упражнения подбирают индивидуально для каждого ученика. Задания могут быть сформулированы либо для отработки равномерности движения, скорости или разных углов газовой горелки, либо для контроля расстояния до сварочной поверхности. Как правило, наибольшую трудность для учеников представляет умение одновременно контролировать все эти элементы, оставаясь при этом в рамках допустимых отклонений.

Инструктор может использовать компьютер для назначения индивидуальных заданий. Все результаты сохраняются в памяти устройства, и впоследствии их можно проанализировать вместе с учеником. ● #621

Компания Kemppi

Харьковский ТЗ и МК «Азовсталь» получили патент на изобретение

В результате совместной работы технических специалистов ХТЗ, «Азовстали» и ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» получен патент № 98214 на изобретение «Способ производства стальных высокопрочных электросварных одношовных труб большого диаметра для магистральных трубопроводов». Изобретение относится к производству высокопрочных электросварных одношовных труб большого диаметра, которые изготавливают из горячекатаного листового проката и используют для сооружения магистральных газо- и нефтепроводов, а также к производству горячекатаных листов для таких труб.

В прошлом году мариупольскими и харьковскими металлургами был получен патент на совместное изобретение «Способ производства стальных высокопрочных электросварных двухшовных труб большого диаметра для магистральных трубопроводов».

«Во всем мире стальные трубопроводы применяются для транспортировки на большие расстояния природного газа и нефти, и альтернативы им пока нет, — комментирует один из авторов изобретения, генеральный директор ХТЗ Ю. Зинченко. — Повышение прочности основного металла и сварных соединений труб позволяет уменьшить толщину стенки, что обеспечивает дополнительную экономию затрат при строительстве трубопровода».

Технический результат изобретения состоит в обеспечении комплекса прочностных и пластических свойств труб за счет формирования механических свойств листового проката с учетом дальнейшего влияния трубного передела. ● #622

www.prometal.com.ua

Применение электрических параметров режима высокочастотной сварки спиральношовных труб для организации процессов управления и контроля

Е. А. Пантелеймонов, канд. техн. наук, М. В. Самофалов, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

Сварные тонкостенные спиральношовные (СШ) трубы применяют в системах вентиляции, водоснабжения, при изготовлении трубчатых конструкций и различных технологических устройств. В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны технология и оборудование для производства СШ труб диаметром 50–3200 мм с толщиной стенки 1–3 мм из низкоуглеродистых и низколегированных сталей способом высокочастотной сварки (ВЧС). В качестве источника нагрева используют ламповый генератор мощностью 160 кВт, частотой 440 кГц. Скорость сварки 0,5–1 м/с, в зависимости от диаметра и толщины стенки труб. Металл сварных швов по своим прочностным характеристикам не уступает основному металлу. В то же время, расширение областей применения тонкостенных СШ труб вызывает необходимость изготовления труб ответственного назначения с высоким и стабильным качеством сварных соединений.

Одним из условий получения соединений гарантированного качества является поддержание оптимальных режимов сварки. Исследования в области ВЧС прямошовных и спиральношовных труб со стыковым соединением кромок, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона, свидетельствуют, что при выборе режимов сварки следует ориентироваться на характеристики пульсации электрических параметров, которые отражают реакцию источника нагрева на изменение нагрузки вследствие контактного оплавления свариваемых кромок. Такой подход к организации процессов управления и контроля целесообразно использовать при производстве СШ труб с учетом особенностей формирования термомеханического цикла сварки.

По технологии, разработанной в ИЭС, формовку тонкостенных СШ труб выполняют с перекрытием свариваемых кромок. Это позволяет исключить угловую деформацию в области шва. Ток высокой частоты подводят к кромкам контактным способом. Действие тока проявляется в преимущест-

венном нагреве и оплавлении обращенных друг к другу поверхностей кромок. При последующей прокатке оплавленных кромок в валках формовочно-сварочной клетки происходит вытеснение расплавленного металла из зоны соединения и закатка грата. В результате образуется косостыковое сварное соединение с углом наклона линии соединения к поверхности трубы 40–60°. Особенностью сварки СШ труб является взаимосвязь и взаимовлияние процессов нагрева, оплавления и осадки свариваемых кромок с динамикой их схождения. Любые отклонения указанных процессов приводят к изменению термомеханического цикла сварки, что влечет за собой изменение качества сварных соединений или возникновение дефектов в сварном шве. В зависимости от уровня возмущений соответствующую реакцию источника нагрева на изменение комплексного сопротивления свариваемых кромок можно проследить по реализациям электрических параметров режима сварки СШ труб диаметром 106×1 мм из низкоуглеродистой стали, приведенных на *рис. 1*. Регистрация и обработка сигналов выполнена с применением программы Power Graph, версия 3.3. Шаг дискретизации 0,1 мс. Однополярные сигналы U_k и I_k представляют собой результат выпрямления и сглаживания РС-фильтрами низкой частоты с частотой среза на уровне 3 кГц выходных сигналов датчиков напряжения (емкостной делитель) и тока контактов (пассивный индукционный преобразователь тока). Сигнал Z_k косвенно характеризует сопротивление кромок. Для вычисления Z_k использовали делитель аналоговых сигналов U_k и I_k , схема которого построена по принципу логарифмирования и антилогарифмирования сигналов. В сигналах U_k и I_k явно выражена модулирующая функция частотой 300 Гц (*рис. 1, б*). Нали-

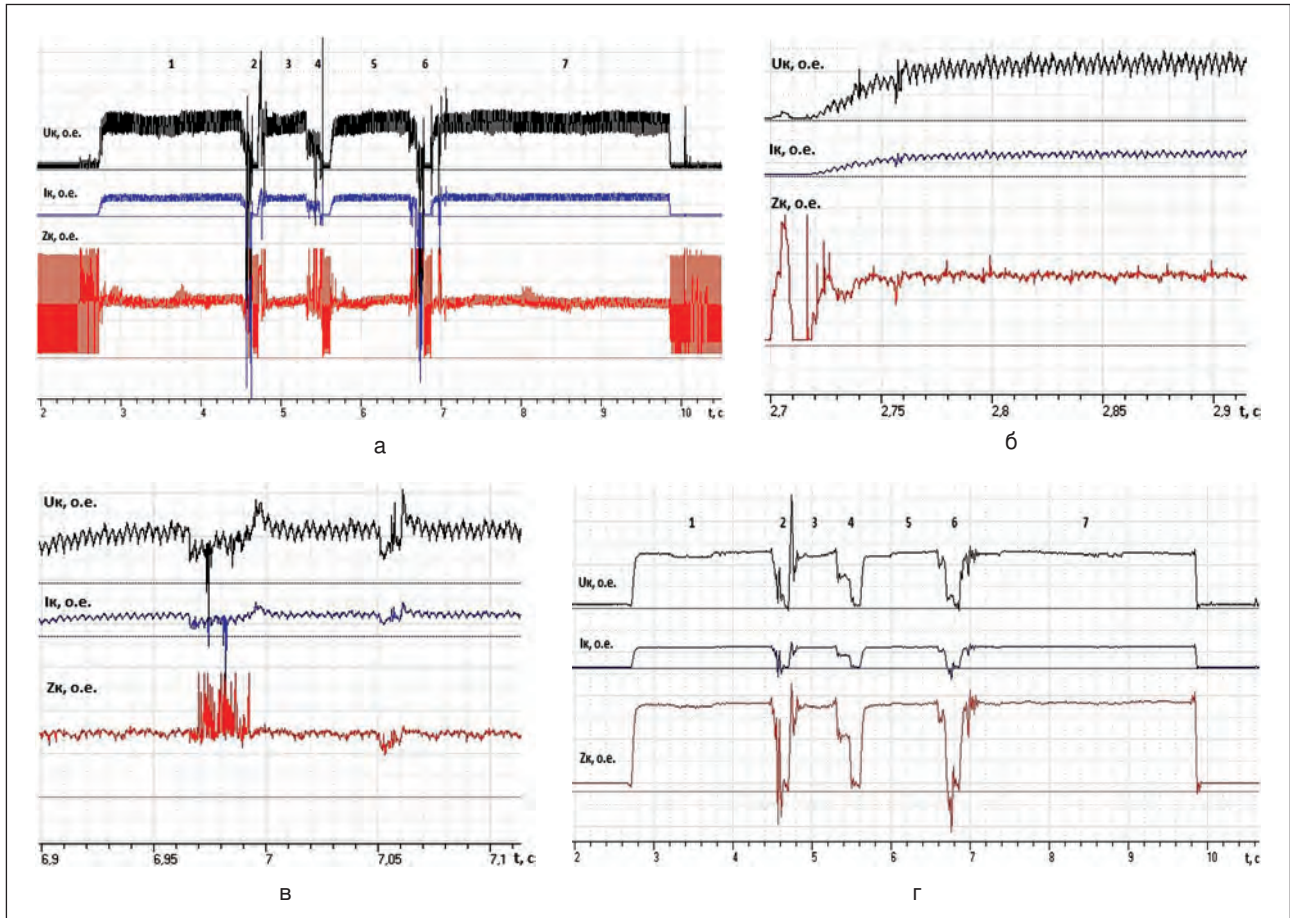


Рис. 1. Реализации сигналов U_k , I_k , Z_k (в относительных единицах): низкая (а, б) и высокая (в, г) скорости регистрации; г — после дополнительного сглаживания фильтрами низкой частоты с применением программы Power Graph

чие модулирующей функции обусловлено построением схемы источника нагрева. Анодное напряжение лампы формируется трехфазным тиристорным регулятором напряжения питающей сети и неуправляемым трехфазным выпрямителем. Глубина модуляции зависит от условий согласования источника нагрева с нагрузкой. Кратковременное (0,5–0,6 с) изменение максимальной амплитуды сигнала U_k (участок 1, рис. 1, а) или сигналов U_k , I_k , Z_k (рис. 1, в) возникает при кратковременном отклонении скорости сварки. Периодический дрейф максимальной амплитуды сигналов U_k и I_k , с частотой 1–3 Гц является следствием биения валков формовочно-сварочной клетки. Серповидность исходной ленты вызывает периодический низкочастотный (0,2–0,5 Гц) дрейф максимальной амплитуды сигналов U_k , I_k , Z_k . В этом случае происходит периодическое изменение перекрытия свариваемых кромок. Уменьшение перекрытия снижает временное сопротивление σ_b и ударную вязкость α_n сварных соединений. Кратковременное (0,01–0,015 с)

изменение сигнала Z_k (рис. 1, в) свидетельствует о прохождении через формовочно-сварочную клетку исходной ленты с дефектами кромок и появлении коротких дефектов в сварном шве. Нарушение контакта в точке подвода тока к кромок и срыв генерации, что приводит к появлению непроваров в сварном соединении, отображается кратковременным (0,2–0,4 с) снижением амплитуды сигналов до нуля (участки 2, 4 и 6, рис. 1, а, г). Уменьшение максимальной амплитуды сигналов U_k и I_k , при выборе режима сварки с низким значением подведенной к свариваемым кромок мощности повышает вероятность образования подрезов при закатке грата.

Анализ амплитудного спектра (рис. 2) сигналов U_k , I_k и Z_k при отсутствии возмущений в очаге сварки показывает, что в модулирующей функции сигналов присутствует периодическая составляющая частотой 300 Гц и отсутствуют составляющие других частот. Это показатель того, что при сварке СШ труб по описанной технологии оплавление кромок происходит преимущественно

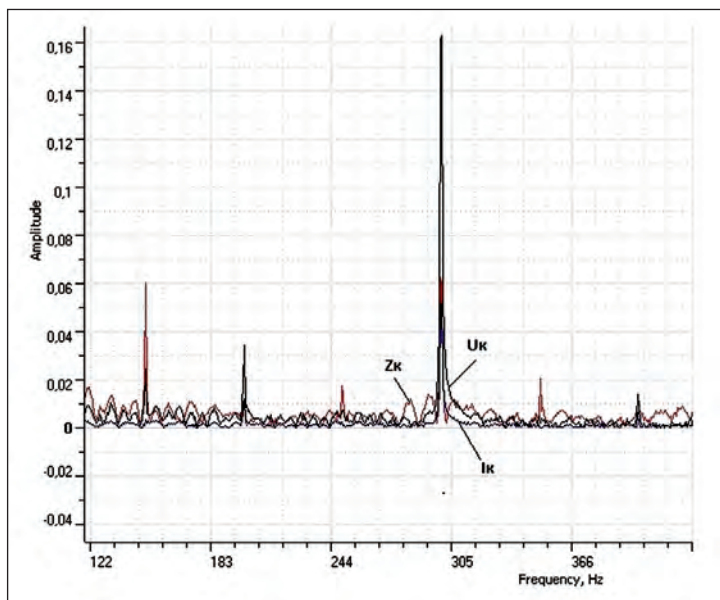


Рис. 2. Амплитудный спектр сигналов U_k , I_k и Z_k

но в точке схождения (точка первичного электрического контакта между кромками), а не на протяженном по длине участке оплавления. С учетом особенностей реакции источника на возмущения в очаге сварки можно считать, что показателем установившихся режимов сварки с фиксированным положением точки схождения кромок является постоянство максимальной амплитуды модулированных сигналов U_k и I_k (см. рис. 1, а) или амплитуды сигналов U_k , I_k , Z_k (см. рис. 1, з). Это определяет целесообразность использования данных параметров для организации процессов управления и контроля в условиях действующих возмущений при производстве СШ труб способом ВЧС. По соответствующей реакции источника нагрева на изменение комплексного сопротивления кромок можно судить об источнике возмущений. ● #623



ТМК осваивает новые рынки сбыта спиральношовных ТБД

Трубная Металлургическая Компания (ТМК), один из крупнейших мировых производителей трубной продукции для нефтегазового комплекса, отгрузила партию спиральношовных труб большого диаметра производства Волжского трубного завода (ВТЗ) Московскому нефтеперерабатывающему заводу.

Волжский трубный завод — единственное предприятие в России, обладающее мощностями по производству сварных спиральношовных труб большого диаметра. Начиная со второго полугодия 2011 г., компания активно предлагает спиральношовную продукцию на нефтеперерабатывающий рынок. Среди крупнейших заказчиков — «Киришинефтеоргсинтез», Рязанская НПК, Туапсинский НПЗ, Омский НПЗ и др.

Сварные спиральношовные трубы диаметром 630 мм с толщиной стенки 8 мм изготовлены на уникальном оборудовании в трубозлектросварочном цехе ВТЗ. Непрерывный процесс производства поз-



воляет изготавливать спиральношовные трубы с высокоточными геометрическими параметрами и гарантированным качеством сварного шва без операций, ухудшающих механические свойства труб — экспандирования и калибровки концов, обязательных при производстве прямошовных труб. Кроме того, ВТЗ является единственным предприятием в мире, обладающим мощностями по термической обработке труб большого диаметра. Объемная термообработка выравнивает структуру основного металла, сварного шва и зоны термического влияния, в результате чего трубы по своим свойствам приближаются к бесшовным. Высокие качественные характеристики спиральношовной продукции и более низкая стоимость металлургического сырья по сравнению с прямошовными трубами позволяют предлагать потребителям наиболее оптимальное соотношение «цена — качество».

www.rusmet.ru



ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.

ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

**Официальный дистрибьютор
Опытного завода сварочных материалов
Института электросварки им. Е.О. Патона**

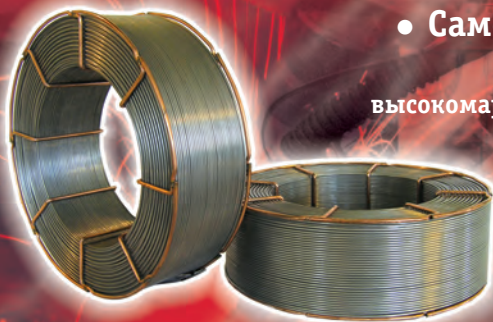
- **Покрытые электроды марки АНО-36, АНО-21, АНО-21У, АНО-6У, АНО-4, АНО-4И, МР-3**

для сварки переменным током низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 450 МПа.

- **Покрытые электроды марки УОНИ-13/45, УОНИ-13/55**

с улучшенными характеристиками для сварки постоянным и переменным током (от трансформаторов типа СТШ-СГД) низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа и стержней арматуры сборных железобетонных конструкций из стали классов А-II, А-III.

- **Покрытые электроды марки АНВМ-1** для сварки и наплавки постоянным током высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т; эффективная, экономически оправданная замена электродов марок ННИ-49Г, ОЗЛ-6 ЦНИИ-4, ЭА-981/15.



- **Самозащитная порошковая проволока ПП-АНВМ-1**

и ПП-АНВМ-2 для механизированной сварки и наплавки высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, ОХ14АГ12М и 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; «залечивание» дефектов литья, наплавка деталей и узлов из углеродистой стали; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т и 15Х10Г20Т.

Сварочные электроды ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона — это стабильное качество и высокая производительность сварки.

Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62 E-mail: sales@et.ua

т./ф. +380 44 287-2716, 200-8050, 289-2181,
200-8056 (многоканальный)

WWW.ET.UA



Агрегаты с блоками снижения напряжения холостого хода и переключением полярности дуги.



- приводной двигатель Д-144 либо Д-242;
- блок срабатывает при касании электродом детали и подает на дугу высокое напряжение генератора. Блок прекращает подачу высокого напряжения после окончания сварки, а также при выходе из строя собственных элементов;
- индикаторы и органы тестирования позволяют перед началом работы убедиться в исправности блока снижения напряжения, индикаторы информируют о наличии сварочного напряжения на электроде, а также предупреждают о переходе в режим блокировки;
- возможна установка предпускового подогревателя двигателя;
- блоки не изменяют характеристики агрегатов, степени взаимовлияния постов, диапазон климатического применения, радиус действия и не влияют на сварочные свойства.

Технические характеристики (соответствуют требованиям ГОСТ Р МЭК 60974-1):

Время снижения напряжения, с	0,8 (0,5; 0,6 по заказу)
безопасное пониженное напряжение, В	12
Время срабатывания, с	0,06
Чувствительность (сопротивление сварочной цепи, вызывающее срабатывание), Ом	200

Агрегат для сварки и плазменной резки АДПР-2х2501В.



- 2 поста по 250 А ручной дуговой сварки;
- плазменная резка металлов;
- трехфазный генератор электропитания (6 кВт, 400В);
- встроенный компрессор с системой подготовки сжатого воздуха: фильтры, ресивер, спиртовой предохранитель от замерзания;
- ручной плазматрон воздушного охлаждения, с контактным зажиганием дуги, длина кабель-шланга 20 или 30 м;
- термопенал для сушки электродов;
- возможность поставки на шасси.

Технические характеристики:

	Д-144	Д-242
Режим сварки:		
Количество постов сварки	2	
Номинальный сварочный ток, А (при ПН-60%)	250/400*	
Номинальное рабочее напряжение, В	30	
Пределы регулирования сварочного тока, А	30-250/50-400*	
Напряжение холостого хода, В	90	
Режим резки:		
Максимальная толщина разрезаемого листа стали, мм	25	
Ток резки при напряжении на дуге 100В, А	80	
Напряжение холостого хода, В (несниженное/сниженное)	250/50	
Общие данные:		
Тип охлаждения двигателя	воздушный	жидкостный
Габаритные размеры агрегата на раме, мм	2420x1000x1300	2650x1000x1580
Масса агрегата, кг	1150	1400

* характеристики при параллельной работе на одну дугу

Завод сварочного оборудования ЗАО "УРАЛТЕРМОСВАР"

620017, Россия, Екатеринбург, ул. Московская, д.49, оф.67
тел/факс: +7 (343) 376-46-80, 203-14-57, 203-14-58, 203-14-59
www.uraltermosvar.ru uraltermosvar@mail.ru

Выставочные салоны-магазины "МИР СВАРКИ"

Екатеринбург, ул. Куйбышева, 4 (343) 203-17-56
Новосибирск, ул. Жуковского, 123 (383) 227-21-33 (сервис)
Тюмень, ул. Магнитогорская, 4/3 (3452) 307-947 (сервис)

Механизированная линия Plazer 30PL-W для плазменно-дугового проволочного напыления покрытий на крупногабаритные детали типа «вал»

В.Н. Коржик, д-р техн. наук, **М.Ф. Короб**, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

Механизированная линия PLAZER 30PL-W предназначена для нанесения износостойких покрытий при изготовлении новых узлов или восстановления изношенных поверхностей крупногабаритных деталей типа «вал», в том числе осей колесных пар в механизированном режиме плазменно-дуговым напылением с использованием специальной порошковой и высоколегированной проволоки.

Абсолютное большинство деталей тягово-подвижного состава железнодорожного транспорта и других подобных изделий утилизируют не по причине выработки усталостной прочности, а из-за геометрического изнашивания в сопряжениях пар трения.

Оси колесных пар чаще всего отбраковывают по причине фреттинг-износа посадочных мест подшипников и бандажей колес, при этом ресурс работоспособности оси остается еще не менее 90%.

Технология плазменно-дугового напыления позволяет на таких деталях создавать покрытия из высоколегированных сплавов, восстанавливать геометрические размеры и обеспечивать увеличение их ресурса за счет применения покрытий из более износостойких материалов в зоне изнашивания, что фактически является модернизацией деталей и узлов.

Механизированная линия PLAZER 30PL-W (рис. 1) включает:

- плазменно-дуговую установку для проволочного напыления;
- вращатель валов (колесных пар);
- камеру для напыления покрытий;
- камеру для струйно-абразивной обработки поверхности деталей перед напылением;
- манипулятор плазмотрона;
- абразивоструйный аппарат нагнетательного типа;
- респираторную систему для очистки от пыли (абразива и остатков напыляемого материала);

- вентиляционную систему с вентиляторами;
- блок подготовки сжатого воздуха для абразивоструйного аппарата и системы охлаждения изделия;
- систему управления линией, совмещенную с пультом управления плазменно-дуговой установкой и абразивоструйным аппаратом.

В плазменной установке реализуется процесс плазменно-дугового проволочного напыления в аргоновой дуге с интенсивным воздушным обдувом. Дуга горит между вольфрамовым катодом, обдуваемым небольшим количеством аргона, и плавящейся токоведущей проволокой, подаваемой за срезом двойного сопла плазмотрона.

Плазменная установка имеет шкаф управления со специализированным инверторным источником питания, плазмотрон с регулировочным механизмом (рис. 2), механизм подачи проволоки, кабель (шланговый пакет), блок поджига дуги. В комплект могут входить расходные материалы: специальная порошковая проволока для нанесе-

Рис. 1. Внешний вид полуавтоматической линии PLAZER 30PL-W



Техническая характеристика механизированной линии PLAZER 30PL-W:

Размеры деталей для плазменно-дугового напыления (осей колесных пар), мм, не менее:

длина оси	2220
диаметр оси	200
длина шейки оси	130–200
диаметр шейки оси	190–220
Максимальная масса напыляемой оси, кг, не более ..	400–500
Частота вращения оси при напылении, об/мин.	6–180
Частота вращения оси при абразивоструйной обработке, об/мин	6–30
Скорость перемещения плазмотрона вдоль оси, мм/с ..	0–30
Скорость перемещения абразивоструйного сопла вдоль оси, мм/с	0–10
Ток электрооборудования с программированным контроллером	Переменный трехфазный
Частота тока, Гц	50
Напряжение сети, В	380
Напряжение цепей управления, В	24
Давление сжатого воздуха в пневмосистеме (оборотного воздухоснабжения), кПа	Не менее 600; не более 800
Толщина шумозащитного слоя, мм:	
полимерного	0,5
пенопласта	20
базальта	58
стекловолокна	1,5
Окно со светофильтром для визуального наблюдения за процессом, шт.	1
Объем воздуха, отсасываемого аспирационной установкой, м ³ /ч	5–7
Фильтр очистки от пыли и аэрозолей в аспирационной установке	+
Потребляемая мощность комплекса (без плазменной установки), кВт, не более	12
Габаритные размеры (Д×Ш×В)камеры-полуавтомата с учетом зоны обслуживания (без сверхзвуковой плазменной установки), мм, не более	5350×3400×2320
Масса технологического полуавтоматического комплекса (без плазменной установки), кг, не более	2200

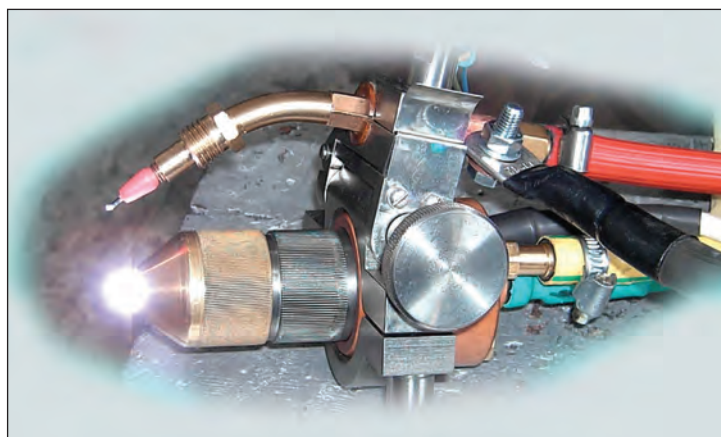


Рис. 2. Плазмотрон плазменной установки полуавтоматической линии PLAZER 30PL-W

ния износостойких покрытий и восстановления изношенных поверхностей деталей.

Шкаф управления включает измерительную, пускорегулирующую и сигнальную аппаратуру. На лицевой панели шкафа управления размещены: передняя панель источника электропитания, приборы для измерения, контроля и регулирования давления и расхода рабочих газов, для управления механизмом подачи проволоки и двигателем подачи проволоки, режимами работы установки, схемы запуска плазмотрона, газоподготовки воздуха и аргона.

Особенности процесса нанесения износостойких покрытий (рис. 3), который реализуется на предлагаемом оборудовании и основан на распылении плазменной дугой токоведущей проволоки-анода, следующие:

- плавление материала проволоки происходит в защитной атмосфере аргона;
- дробление расплавленного материала и ускорение дисперсных частиц осуществляется аргоновой плазмой;
- с помощью сверхзвукового потока воздуха, истекающего из кольцевого зазора между соплами плазмотрона, обеспечивается сжатие и ускорение плазменной струи, а также защита напыляемого материала от окисления.

Перечисленные особенности обеспечивают минимальные потери на испарение

Техническая характеристика плазменной установки:

Потребляемая мощность, кВт, не более ..	30
Напряжение питающей сети трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, В	380 ⁺¹⁹ ₋₃₈
Напряжение холостого хода, В	160
Диапазон регулирования силы рабочего тока, А	100–250
Диапазон регулирования рабочего напряжения, В	30–80
Наибольшая продолжительность включения ПВ, %	100
Расход воздуха при давлении 0,6 МПа, м ³ /ч	50
Расход аргона при давлении 0,1 МПа, м ³ /ч	2
Скорость подачи проволоки, м/мин. ...	5–15
Охлаждение плазмотрона	Воздушное
Ресурс сопла и катода плазмотрона, часов машинного времени	Не менее 100
Габаритные размеры, мм:	
источника электропитания	501×478×503
шкафа управления	605×605×1600



Рис. 3. Плазменно-дуговое напыление износостойких покрытий на шейку оси колесной пары на линии PLAZER 30PL-W

материала проволоки, минимальное его насыщение кислородом и азотом, получение оптимального гранулометрического состава расплавленных частиц распыляемой проволоки, достижение частицами напыляемого материала максимально высокой скорости при соударении с основой, получение наиболее высокой объемной концентрации напыляемых частиц, минимальный угол раскрытия потока напыляемого материала (несколько градусов).

Это способствует повышению плотности покрытия (пористость 0,5–2,5%) при максимальных характеристиках его прочности сцепления с основой (не менее 50 МПа при нормальном отрыве), когезионной прочности, а также предотвращает выгорание легирующих элементов в процессе напыления покрытия.

Металлографический анализ подтверждает возможность получения с помощью установки покрытий из высоколегированной проволоки с пористостью, близкой к «нулевой». Так, например, на микрошлифах покрытий из порошковой проволоки системы Fe–Cr₃C₂–Al, содержащей в качестве порошкового наполнителя карбид хрома, пор практически нет, заметны только прослойки и включения карбидов (рис. 4).

Подобная картина наблюдается для покрытий из высоколегированной проволоки Fe–Cr–Ni–Mn–Mo–W–C и для других типов износостойких покрытий из композиционной и высоколегированной проволоки.

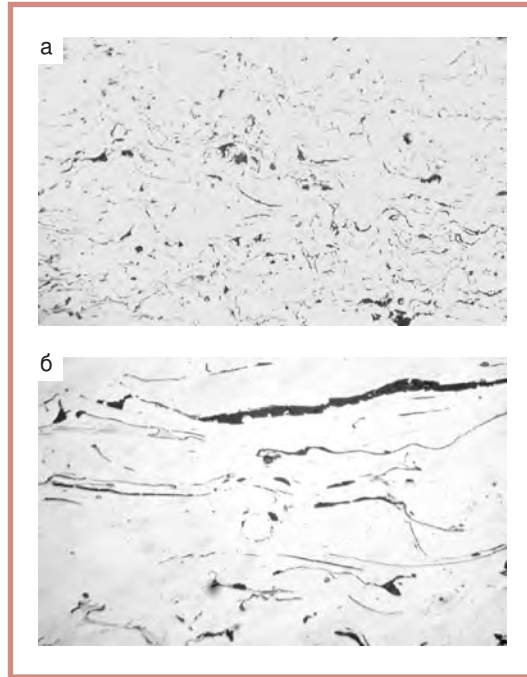


Рис. 4. Микроструктура плазменных покрытий из порошковой проволоки Fe–Cr₃C₂–Al, нанесенных с помощью оборудования PLAZER SA-AW 30PL-W

К преимуществам технологии нанесения покрытий с помощью оборудования PLAZER 30PL-W относятся:

- напыление не снижает усталостной прочности и других прочностных характеристик восстанавливаемой детали, в отличие от наплавки (нагрев изделия не более 150°C);
- отсутствует деформация восстановленной детали;
- высока стабильность процесса напыления и свойств покрытий (ресурс формирующей плазменной дуги сопла и катода не менее 100 ч машинного времени);
- есть возможность наносить покрытия из различных типов высоколегированной, композиционной (порошковой) проволоки, в том числе содержащей упрочняющие композиции (карбиды, бориды, оксиды и т. п.) и таким образом регулировать твердость, износостойкость, коррозионную стойкость и другие эксплуатационные характеристики поверхности деталей;
- отличается простотой в эксплуатации, не требует высококвалифицированного персонала.

Механизированная линия PLAZER 30PL-W позволяет восстанавливать крупногабаритные валы, в т. ч. оси колесных пар, получая на выходе отремонтированные детали с ресурсом, превышающим ресурс новой детали при себестоимости процесса на 30% ниже цены нового изделия. ● #624

Гибридная сварка: сочетание лазерной и MAG сварки*

F. Kolenic, E. Lechovic, PRVA ZVARACSKA, a.s. (Братислава)

Концепция гибридной сварки состоит в объединении лазерной и дуговой сварки (MIG/MAG, TIG и плазменная). Развиваясь достаточно быстро, данный способ получает широкое применение. Поиск новых технологических решений часто ведет к синтезу уже развитых технологий. Как следствие такого подхода, возникают качественно новые результаты, которые, в конечном счете, благодаря синергетическому эффекту приводят к объединению особенностей различных процессов, причем гибридная сварка в этом отношении является наглядным примером.

При комбинации двух принципиально различных способов сварки возникает новый способ, который характеризуется существенно большим количеством технологических параметров. Среди них можно выделить следующие:

- технологические параметры каждого применяемого сварочного процесса;
- компоновка методов сварки с учетом направления сварки;
- расстояние от лазерного луча до места сварки;
- углы наклона дуги и лазерного луча;
- расход и состав защитного газа.

По теоретическим моделям, в которых учитываются данные технологические параметры, весьма сложно точно определить состояние сварочной ванны и свойства металла шва, и полученные результаты достаточно приближительные.

При сварке данным способом предполагается, что глубина шва будет соответство-

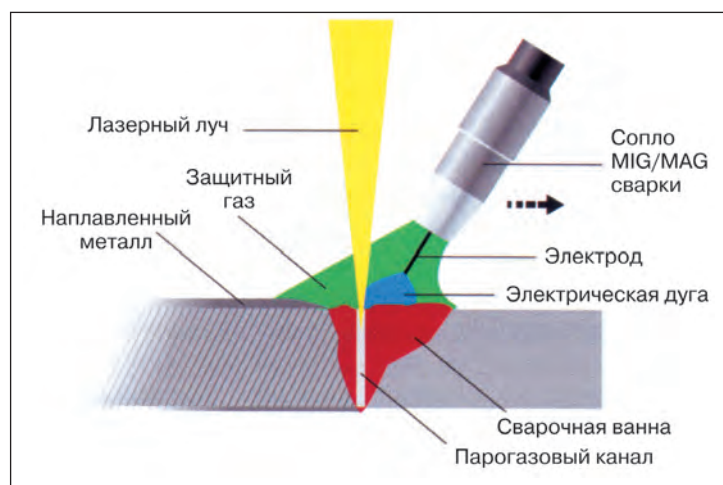
вать глубине при лазерной сварке, а ширина шва в корневой его части будет близка к ширине, получаемой при MIG/MAG либо TIG сварке, причем в поверхностной части шва можно достичь глубокого и сплошного проплавления. При этом требования к качеству подготовки свариваемых поверхностей по сравнению с лазерной сваркой невысоки.

Экспериментальные исследования гибридной лазерной-MAG сварки (рис. 1) были проведены при сварке определенного материала без промежуточной обработки с целью определения основных характеристик процесса без влияния промежуточной обработки на процесс. При этом установлено влияние сварочных параметров на форму и размеры наплавленной области как основного критерия оценки для практического применения гибридных процессов. Затем было выполнено стыковое сварное соединение с различными разделкой кромок, зазором и толщиной металла.

Эксперименты проводили с помощью гибридной сварки (лазер+MAG) на образцах из конструкционной углеродистой стали 11373 (S235JRG1 согласно EN10027-1) и аустенитной стали 17246 (X10CrNiTi 18-10). В некоторых случаях использовали сталь 16224 (S690QL) в комбинации со сталью 11373. Толщина опытных образцов колебалась в пределах 3, 5, 8, 10 мм. Применяли CO₂-лазер Ferranti Photonics AF8 с гауссовским распределением энергии в дуге (мод. TEM 00), длина волны 10,6 мкм, мощность до 8 кВт. Для дуговой сварки методом MIG/MAG применяли источник питания Aristo MIG 450 (ESAB).

Перед отдельными экспериментами оптимизировали взаимное расположение лазерной головки и сварочной дуги (рис. 2) и определяли оптимальные сварочные параметры так, чтобы сварка обоими методами в одну сварочную ванну проходила стабильно с хорошим формированием металла шва. Координаты комбинированной головки устанавливали на управляемом рабочем столе

Рис. 1. Принцип гибридной лазерной-MAG сварки



* Статья опубликована в журнале «Зварак» №4–2011.

(с рабочим пространством 3000×2000×150 мм) с передвижением по осям x и y , а также суппорт в направлении оси z .

При сварке всех опытных образцов лазер работал в непрерывном режиме, использовали два типа фокусирующей оптики (5" и 7"). Источник сварочного тока при методе MIG/MAG также работал непрерывно, в режиме ручной установки сварочных параметров либо в режиме синергетического управления.

Экспериментальную наплавку оценивали путем измерения характерных размеров наплавленной области (рис. 3) на поперечных разрезах после травления и по макроструктуре наплавленного металла (рис. 4) с учетом удельной энергии. Удельная энергия гибридной сварки представляет собой сумму удельных энергий обоих методов сварки, выполняемых в общую сварочную ванну.

Поверхность наплавки и поперечное сечение на стали 11373 показаны на рис. 4. По характерной форме и размерам наплавленного металла можно определить глубину проплавления и общую площадь поперечного сечения наплавленной области (см. рис. 3).

При гибридной сварке, кроме визуального контроля наплавленного валика и корня шва, был выполнен металлографический анализ структуры металла шва, исследование микротвердости и прочности.

На рис. 5 показана влияние удельной энергии сварки на глубину проплавления и общую площадь поперечного сечения наплавленной области. Эта зависимость наглядно характеризует каждый процесс сварки отдельно и в комбинации, т. е. гибридную сварку.

Исследование экспериментальной лазерной сварки на стали 11373, а также лазерной сварки в комбинации с методом MAG показало, что гибридный процесс позволяет достичь большей толщины наплавки и более чем 100% увеличения объема наплавленного металла по сравнению с дуговой сваркой (см. рис. 5).

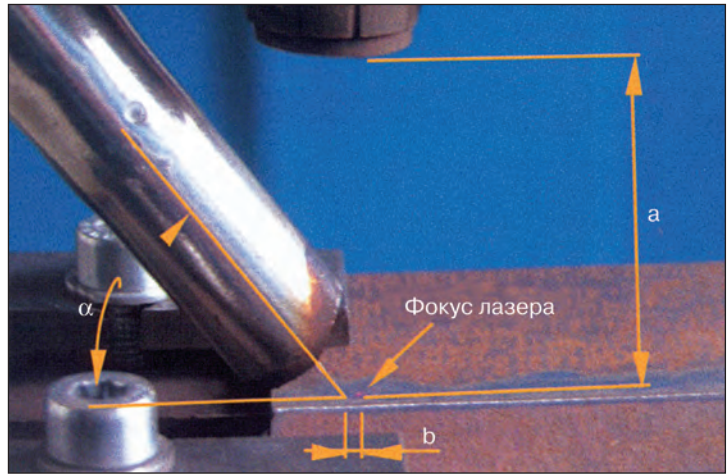


Рис. 2. Взаимное расположение лазерной головки и сварочной дуги при гибридной сварке: a — рабочее расстояние лазерной головки (50 мм); b — смещение лазерного луча (2 мм); α — угол наклона MAG сопла ($\alpha=55^\circ$)

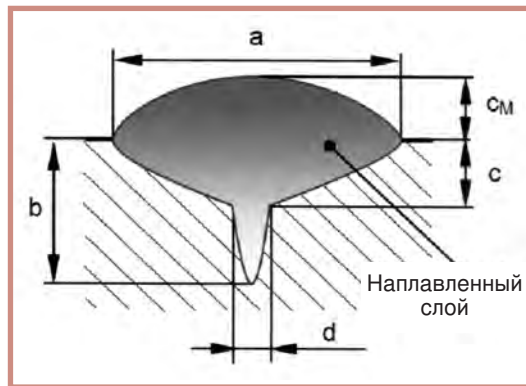


Рис. 3. Измерение характерных размеров лазерной-MAG наплавки

Интересно также то, что при гибридной сварке не была достигнута такая большая толщина наплавки, как при лазерной сварке. Это, видимо, связано с тем, что при MAG сварке применяют сварочный материал, который для расплавления требует части энергии лазерного луча, при этом происходит усиление сварного шва за счет толщины наплавки.

Примечательно также, что удельная энергия при гибридной сварке была ниже, чем при лазерной сварке, при которой предполагается достичь большей толщины наплавки.

Указанные преимущества гибридной сварки вытекают из наплавочных характе-

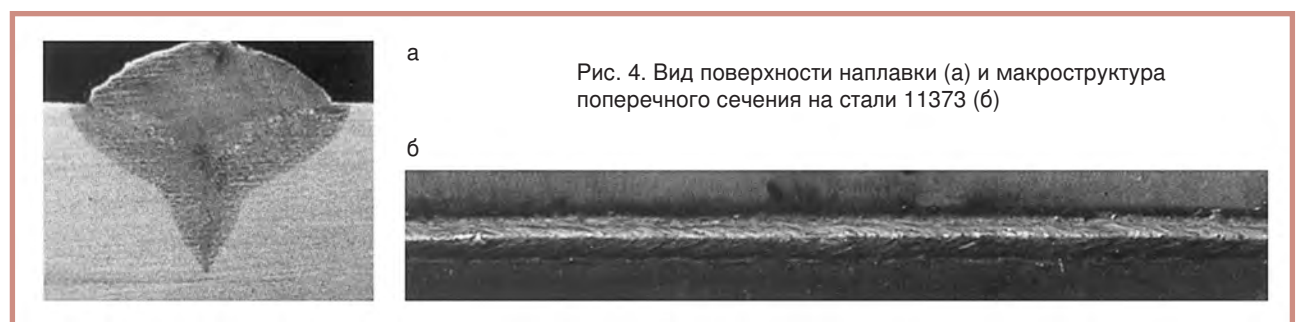
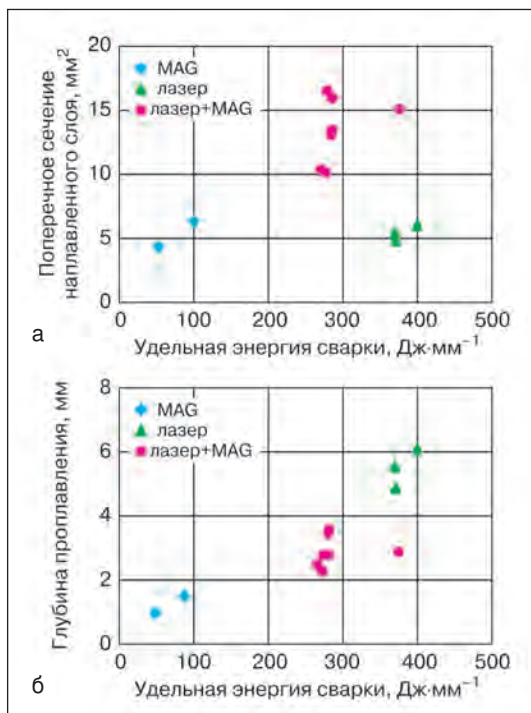


Рис. 4. Вид поверхности наплавки (а) и макроструктура поперечного сечения на стали 11373 (б)

Рис. 5. Зависимость общей площади поперечного сечения и глубины проплавления наплавленной области (б) от удельной энергии сварки



ристик, которые проявились при сварке деталей, собранных под сварку с различным зазором. Макроструктура поперечного сечения стыкового сварного соединения из аустенитной стали 17246 толщиной 5 мм, выполненного с зазором 0,8 и 1,2 мм, показана на рис. 6. Очевидно, что и с большим сварочным зазором, который допустим при лазерной сварке, гибридной сваркой можно выполнить шов с достаточно качественной поверхностью и полным проплавлением без проседания корня шва.

Кроме возможности сваривать при более широком сварочном зазоре, гибридная сварка показала более высокую производительность (рис. 7), так как позволила сваривать металл большей толщины за один проход при высокой скорости сварки с умеренным смещением кромок по сравнению с дуговой сваркой (рис. 8).

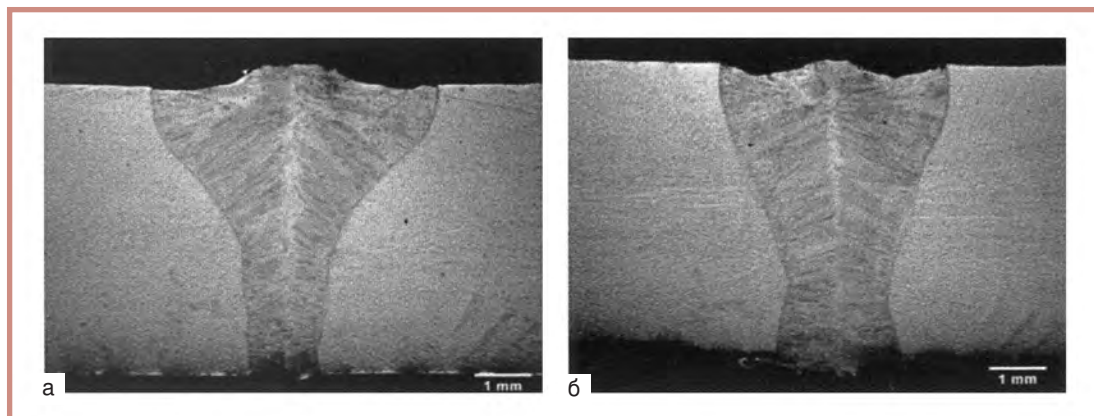
Цель статьи — обратить внимание на потенциальные возможности гибридной сварки (лазер+MAG) специалистов в области автомобиле- и судостроения. На основании исследований, полученных при изучении свойств наплавленного металла и сварных соединений можно сделать следующие выводы.

1. Сварку металла большой толщины дуговыми методами выполняют за несколько проходов, т. е. с большим количеством валиков в сварном шве. При гибридной же сварке достигают большей толщины наплавки за один проход. К тому же, большая глубина проплавления присуща лазерной сварке. Следует также отметить, что для достижения большей толщины наплавки не нужно применять мощный лазер, достаточно в дополнение использовать более дешевый источник питания электрической дуги — это более экономично.

2. Экспериментально установлено, что скорость гибридной сварки значительно превышает скорость MAG сварки. Надо заметить, что скорость при гибридной сварке лимитирована дуговым процессом, который при больших скоростях нестабилен. В комбинации с лазером область стабильности смещается в направлении к большим скоростям. В реальности при гибридной сварке достижима более высокая производительность, как и при MAG сварке. Относительно она тем выше, чем выше толщина свариваемого материала.

3. Несмотря на то, что увеличение производительности сварки постоянно является главным требованием, нельзя не требовать и высокой точности подготовки свариваемых поверхностей. При больших размерах свариваемых элементов, например, прессованных и тонких металлических листов, трудно ожидать высокой точности подготовки кромок. Например, при лазерной сварке подготовка свариваемых поверхнос-

Рис. 6. Макроструктура стыкового сварного соединения стали 17246 (t=5 мм), выполненного гибридной сваркой с зазором 0,8 мм (а) и 1,2 мм (б)



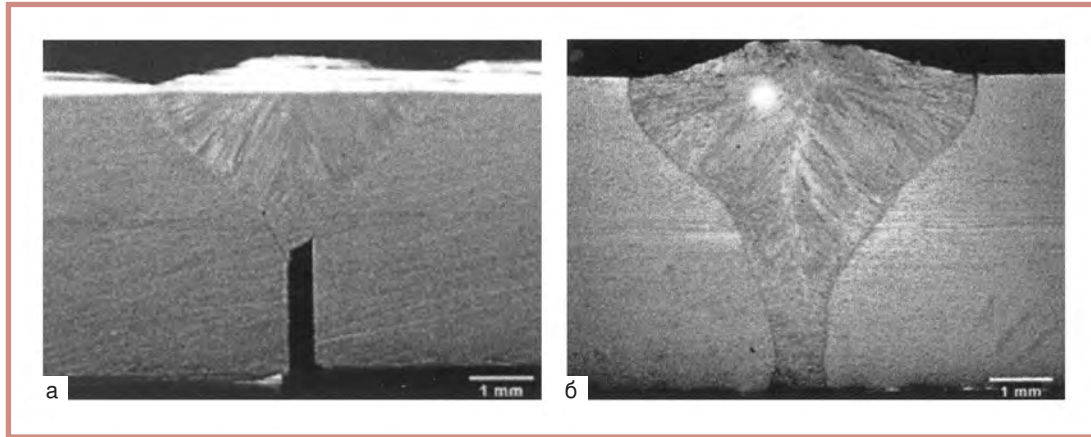


Рис. 7. Макроструктура стыкового сварного соединения стали 172246 ($t=5$ мм, Y-образная разделка кромок), выполненного гибридной сваркой лазер+ MAG (а) и MAG сваркой (б) с величиной зазора 0,5 мм

тей, например с зазором более 0,2–0,3 мм, казалось бы, качественная, но лазерный луч как будто «пролетает» через такой зазор и не образует приемлемого сварного соединения. В таком случае применение гибридной сварки благодаря эффекту дуговой сварки, которая создает перекрытие гребешков неровностей свариваемых кромок и зазоров различной ширины, технически и экономически выгодно. Понятно, что существуют ограничения, обусловленные, как правило, тем, что в случае слишком большого зазора при этом процессе невозможно обеспечить, чтобы лазерный луч хотя бы «с помощью» электрической дуги достаточно расплавил свариваемые поверхности и сформировал целостный сварной шов.

4. Сложность процесса усугубляется тем, что защитный газ, используемый для дуговой сварки, например CO_2 , нежелателен с точки зрения создания плазмы, индуцированной лазером, которая поглощает лазерное излучение, необходимое для со-

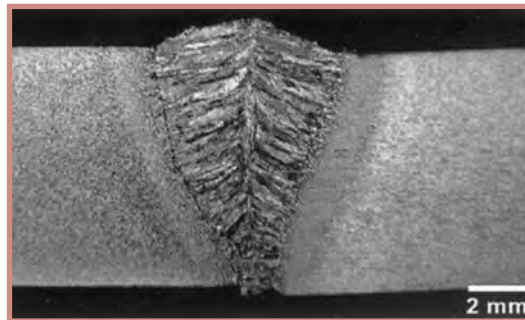


Рис. 8. Макроструктура стыкового сварного соединения стали 11373–16224 ($t=8$ мм, 1/2 Y-образная разделка кромок), выполненного гибридной сваркой с величиной зазора 0,5 мм

здания достаточной толщины шва. С другой стороны, газ, необходимый для лазерной сварки (Ar, He), отрицательно влияет на электрическую дугу. В отношении таких факторов нужно искать компромисс с целью создания удовлетворительного формирования шва в целом и достижения высокой прочности соединения.

● #625

Перевод Е. К. Доброхотовой

НМЗ им. Кузьмина запустил два новых трубосварочных стана



На Новосибирском металлургическом заводе им. Кузьмина в рамках программы модернизации производства запущено два новых трубоэлектросварочных стана.

Как сообщает пресс-служба правительства Новосибирской области, два трубоэлектросварочных стана «20-76» производства итальянской фирмы «Оффичина МТМ» установлены в цехе листового и трубного производства завода. Они представляют собой гибкие производственные линии с высокой степенью автоматизации. Скорость сварки труб может достигать 150 м/мин.

Реализована возможность производства труб из оцинкованного листа. В составе трубных станом автоматические линии упаковки труб в пакеты прямоугольной и шестиугольной формы. Каждый стан оснащен автоматической летучей пилой с высоким качеством реза. В составе каждого стана устройство неразрушающего контроля качества сварного шва.

Мощность каждого стана оценивается в 60 тыс. т труб в год на усредненном сортаменте.

Губернатор Василий Юрченко, ознакомившись с работой нового оборудования, отметил, что его запуск — очень серьезное событие для завода. Глава региона напомнил, что три года назад завод переживал трудное время. «Сейчас начинается новая история завода, уверен, она будет позитивная», — заявил Юрченко.

www.rusmet.ru

Сварочный инвертор «Форсаж-302» — новые технологии, новые возможности

Государственный Рязанский приборный завод (ГРПЗ) — крупнейший российский производитель сложной бортовой радиоэлектронной аппаратуры для авиации. Колоссальный опыт, накопленный за 90-летнюю историю предприятия, успешно применяется и при производстве гражданской продукции. Более 17 лет ГРПЗ производит и реализует сварочное оборудование инверторного типа, заслуженно завоевавшее доверие специалистов разных отраслей промышленности. За это время отработаны современные технологии производства аппаратов, налажено сервисное обслуживание в России и странах СНГ.

Сварочные аппараты «Форсаж» являются примером оптимального сочетания компактности, гарантированных энергетических показателей и современных сварочных технологий. Номенклатура производимой продукции весьма широка и благодаря усилиям всего коллектива и сотрудничеству с ведущими научными центрами страны постоянно обновляется и совершенствуется. За период 2009–2012 гг. в серийное производство запущены шесть новых моделей сварочных источников «Форсаж»: однофазные для ручной дуговой сварки покрытыми электродами — «Форсаж-161», «Форсаж-200», «Форсаж-200М»; трехфазные для ручной дуговой сварки покрытыми электродами — «Форсаж-301»; для механизированной сварки — «Форсаж-302», «Форсаж-502»; механизмы подачи проволоки «Форсаж-МП5», «Форсаж-МПм».

Аппарат нового модельного ряда «Форсаж-302» предназначен для механизированной сварки в среде защитных газов сплошной или порошковой электродной проволокой диаметром от 0,8 до 1,2 мм. Кроме того, аппарат можно использовать для ручной дуговой сварки плавящимися электродами диаметром от 1,6 до 6,0 мм (режим ММА) и сварки неплавящимся вольфрамовым элект-

родом в среде защитных газов (режим TIG) при наличии специальной горелки. Переход в режимы работы MIG/MAG и TIG может осуществляться автоматически (при нажатии кнопки на горелке) либо вручную кнопкой «MMA/TIG/MIG-MAG» на передней панели аппарата.

Механизмы подачи проволоки «Форсаж-МПм», «Форсаж-МП5», предназначенные для работы в комплекте со сварочными источниками «Форсаж-302», а также «Форсаж-502», выполнены на основе 4-роликowego привода подачи Cooptim (Венгрия). Отличаются высокой стабильностью подачи проволоки различных видов (сплошная, порошковая, самозащитная и др.). Настройка механизмов под конкретные диаметры проволоки осуществляется оперативно за счет сменных роликов. Управление процессом подачи проволоки может производиться в двухтактном или четырехтактном режиме. Конструктивно механизмы подачи проволоки выполнены в малогабаритных ударопрочных корпусах.

Сварочный инвертор «Форсаж-302» позволяет выполнять высококачественную сварку в любых пространственных положениях. Малые габариты и масса в сочетании с возможностью питания от автономных генераторов обеспечивают мобильность при проведении сварочных работ в полевых условиях.

В режиме MIG/MAG возможно увеличение длины кабеля управления и силового кабеля, соединяющего источник тока и механизм подачи проволоки, до 20 м каждого, в режиме ММА возможно увеличение суммарной длины сварочных кабелей до 105 м. Тем самым достигается большая мобильность и повышенная безопасность сварочных работ на объектах при сохранении стабильных параметров сварки.

В аппарате «Форсаж-302» применен современный подход к реализации схемотехнического построения инверторного источника. Микропроцессорное управление и понятный для пользователя интерфейс позволяют выбирать и регулировать режимы работы, рабочие и сервисные функции, максимально адаптированные под конкретные требования сварочных работ. Панель управления имеет удобный в применении регуля-

Трехфазный сварочный аппарат для полуавтоматической сварки «Форсаж-302»



тор, устойчивые к пыли и влаге кнопки и цифровые дисплеи.

Для обеспечения надежной безаварийной работы аппарат оснащен всеми необходимыми защитными функциями: защита при отклонениях напряжения питающей сети более допустимых значений (монитор питания), защита от перегрева термонапряженных элементов, защита от короткого замыкания в нагрузке. При возникновении аварийного события источник блокируется, выходное напряжение снижается до нуля, а при превышении сетевым напряжением уровня 460 В источник отключается от сети. Аппарат автоматически и полностью восстанавливает свою работоспособность при снятии аварийной ситуации. Кроме того, реализована защита от перегрузки по току силовых транзисторов. При возникновении аварийного события на дисплей выводится расширенная информация об ошибке с указанием, например, температуры и номера сработавшего термодатчика.

Ниже более подробно рассмотрены основные функции и режимы сварочного аппарата «Форсаж-302».

1. Цифровая индикация заданной силы сварочного тока (напряжения). При отсут-



Механизм подачи проволоки для катушки диаметром 300 мм «Форсаж МПМ»

ствии тока в сварочной цепи индикатор тока в режимах

ММА и TIG или индикатор напряжения в режиме MIG/MAG показывает заданное значение тока (А) или напряжения (В) дуги.

2. Точная регулировка выходного тока (напряжения). Для установки заданной силы тока (напряжения) используется поворотный энкодер. Дискретность установки тока составляет 1 А, установки напряжения — 0,1 В. При ускоренном вращении энкодера шаг увеличивается пропорционально скорости вращения.

3. Измерение и цифровая индикация текущей силы тока и напряжения сварочной цепи. При наличии тока в сварочной цепи индикаторы тока и напряжения показывают текущее среднее значение измеряемой величины. Время усреднения составляет 1,0 с. Точность измерения силы тока не хуже ± 3 А, напряжения — $\pm 0,5$ В.

4. Набор вольт-амперных характеристик (ВАХ). Вольт-амперные характеристики аппарата оптимизированы для режимов работы в режиме:

- ММА — крутопадающая с наклоном 1,85 В/А;
- TIG — штыковая (источник тока);
- MIG/MAG — пологопадающая.

5. Функция запоминания текущих параметров сварки. При выключении питания все текущие значения выходных параметров сохраняются в памяти текущего режима работы (ММА, TIG или MIG/MAG). При включении аппарата загружаются параметры последнего режима сварки.

6. Выключение аппарата при длительном КЗ сварочной цепи. Если в процессе горения дуги происходит короткое замыкание длительностью более 3 с, силовой преобразователь выключается. Повторное включение возможно только после устранения короткого замыкания.

Основные технические характеристики «Форсаж-302»:

Электропитание — трехфазная сеть переменного тока (стационарная или автономная) с линейным напряжением, В 380+15–57

Процент нагрузки, %:

при силе сварочного тока 250 А 100

при максимальной силе сварочного тока 315 А 60

Диапазон выходного напряжения в режиме MIG/MAG, В 15–30

Постоянное напряжение питания механизма подачи проволоки, В 24 ± 2

Напряжение холостого хода в режиме ММА, В:

*в безопасном режиме * <12*

в активном режиме 70–100

*Время переключения аппарата на безопасное напряжение холостого хода, с, не более * 0,6*

Диапазон силы сварочного тока, А:

в режиме ММА 20–315

в режиме TIG 10–315

Габаритные размеры, мм, не более 425×185×355

Масса, кг, не более 14,3

** Для аппарата, аттестованного по РД 03-614-03.*

Механизм подачи проволоки для катушки диаметром 200 мм «Форсаж МП5»



7. Защита аппарата от включения при КЗ сварочной цепи.

Если при включении питания сварочного аппарата выходные клеммы оказываются замкнутыми, силовой преобразователь не включится. Включение возможно только после устранения короткого замыкания.

8. Защита от перегрева.

Контролируется температура радиаторов транзисторов преобразователя и силового трансформатора. Преобразователь выключается, если температура одного из радиаторов превысит 85°C или температура трансформатора превысит 125°C. Включение преобразователя возможно при снижении температуры радиаторов до 55°C, а трансформатора до 90°C.

9. Индикация текущей температуры горячего элемента после срабатывания защиты от перегрева. На индикатор выводится текущее значение температуры горячего элемента, нагрев которого вызвал срабатывание защиты от перегрева.

10. Автоматическое отключение преобразователя при высоком/низком напряжении питающей сети. Если напряжение питающей сети превышает 265 В (фазное), силовой преобразователь отключается и его питание размыкается. Если входное напряжение ниже 170 В, силовой преобразователь также отключается.

11. Аналоговое дистанционное управление (ДУ). Позволяет управлять выходным током (режимы MMA, TIG) или напряжением (MIG/MAG) при помощи переменного резистора сопротивлением 1–50 кОм или непосредственно уровнем постоянного напряжения 0–5,0 В. Максимальная длина линии связи – 40 м.

12. Функция ограничения напряжения холостого хода на безопасном уровне. Применяется в режиме MMA. Если выходное напряжение аппарата превышает 50 В в течение не более 0,6 с после окончания сварки, то силовой преобразователь отключается и на выходе аппарата остается напряжение от 4 до 5 В. Потребляемая мощность в этом режиме не превышает 15 Вт. Включение выключенного преобразователя произойдет, если сопротивление цепи, подключенной к выходным зажимам, будет менее 100 Ом.

13. Функция защиты от прокаливания электрода (AntiStick). Применяется только в режиме MMA. Если с момента начала короткого замыкания для инициирования электрической дуги его длитель-

ность превышает 1 с, то силовой преобразователь выключается. Повторное включение возможно только после устранения короткого замыкания.

14. Контактный поджиг дуги в режиме TIG с использованием кнопки на горелке. Эта функция обеспечивает щадящий поджиг дуги на токе «дежурной дуги» до момента отпущения кнопки. При нажатии на кнопку горелки перед началом сварки на выходе аппарата остается безопасное напряжение 4–5 В.

15. Контактный поджиг дуги в режиме TIG без использования кнопки на горелке. Если аппарат переведен в режим TIG кнопкой на передней панели, включить силовой преобразователь можно не только кнопкой на горелке, но и сделав короткое замыкание на выходе. В этом случае сила выходного тока в начальный момент будет равна силе тока дежурной дуги и сразу начнет нарастать за время нарастания силы тока дуги до номинального значения.

16. Коррекция заводских настроек параметров. Диапазон регулирования параметров:

- наклон ВАХ в режиме MIG/MAG 10–40 мОм;
- наклон ВАХ в режиме MMA 0,4–1,85 В/А;
- ток «горячего старта» 0–200%, время 0–2,0 с;
- «форсаж дуги» 0–100 условных единиц, соответствующих изменению наклона ВАХ в режиме, близком к короткому замыканию (ниже 15 В), от 1,85 до 0,35 В/А;
- ток «дежурной дуги» в режиме TIG 10–35 А;
- время плавного нарастания силы тока дуги в режиме TIG 0,3–10 с;
- время «заварки кратера» в режиме TIG 0,3–15 с;
- «базовый ток» в режиме MIG/MAG 5–30 А;
- скорость нарастания силы тока короткого замыкания (MIG/MAG) 60–160 кА/с.

17. Отключаемая функция «горячий старт». Применяется только в режиме MMA. После зажигания дуги сила тока составит 160% от установленного значения (но не более максимальной силы тока) и далее будет линейно спадать в течение 0,6 с до нормы с возможностью включения-отключения этого режима кнопкой на передней панели аппарата.

18. Неотключаемая функция «форсаж дуги». Применяется только в режиме MMA. Увеличение силы выходного тока при уменьшении напряжения дуги ниже 15 В за счет уменьшения наклона ВАХ ниже этой точки от 1,85 В/А до 0,35 В/А. Фактически можно трактовать как увеличение тока КЗ.

19. Управляемая функция «дежурная дуга». Применяется в режиме TIG. Если используется горелка с кнопкой, то постоянная сила тока будет удерживаться до тех пор, пока сварщик будет удерж-

живать кнопку после зажигания дуги или после заварки кратера. Сила дежурного тока равна минимальной силе тока дуги в режиме TIG (10 А).

20. Функция плавного нарастания тока дуги. Применяется только в режиме TIG. Время линейного увеличения выходного тока от момента отпускания кнопки на горелке (после дежурного тока) до момента достижения им установленного номинального значения составляет 1 с.

21. Функция плавного спада тока дуги («заварка кратера»). Применяется только в режиме TIG. Время линейного уменьшения силы выходного тока от момента нажатия на кнопку на горелке (после проведения сварки номинальным током) до момента достижения им силы тока дежурной дуги составляет 3 с. После окончания выдержки на выходе аппарата будет стабилизироваться ток дежурной дуги до тех пор, пока удерживается кнопка.

22. Функция «базовый ток». Применяется в режиме MIG/MAG. Сила тока такая, ниже которой выходная «жесткая» характеристика аппарата имеет излом и напряжение начинает возрастать вплоть до величины U_{xx} .

23. Функция плавного нарастания силы тока КЗ. Динамическая характеристика, которая применяется только в режиме MIG/MAG. Скорость увеличения силы тока на выходе аппарата с момента касания сварочной ванны расплавленной каплей сварочной проволоки составляет 100 кА/с. Скорость уменьшения силы выходного тока не регулируется и составляет 180 кА/с.

24. Работа от автономных передвижных источников электропитания. Аппарат допускает возможность работы от автономных генераторов.

При производстве сварочного оборудования «Форсаж» на Государственном Рязанском приборном заводе строго придерживаются основных принципов: использование материалов и комплектующих от лучших производителей, строгое соблюдение технологических процессов и постоянный контроль на каждом этапе производства, обязательная опытная эксплуатация новых и модернизированных аппаратов в реальных условиях на производственных объектах разного профиля.

Государственный Рязанский приборный завод — это современное, динамично развивающееся предприятие, открытое для всех видов сотрудничества.

Публикуется на правах рекламы.

● #626

СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ
ФОРСАЖ
INVERTER

от лидера российского авиаприборостроения

Ручная дуговая сварка
ФОРСАЖ-315М, ФОРСАЖ-301, ФОРСАЖ-200М

Полуавтоматическая сварка
ФОРСАЖ-502, ФОРСАЖ-302

Аргондуговая сварка
ФОРСАЖ-315АД, ФОРСАЖ-315ПРО

СКОРО В ПРОДАЖЕ!

ОАО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЯЗАНСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД»
390000, Россия, Рязань, ул. Семинарская, 32. Факс: +7 (4912) 29-85-16
тел.: +7 (4912) 29-84-53 (многоканальный)
e-mail: info@grpz.ru

www.grpz.ru

Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя

Л.Н. Орлов, канд. техн. наук, А.А. Голякевич, А.В. Хилько, ООО «ТМ.Велтек» (Киев), А.А. Кузубов, ЗАО «Извол», А.А. Кузубов, ООО «ТехноИнком» (Белгород)

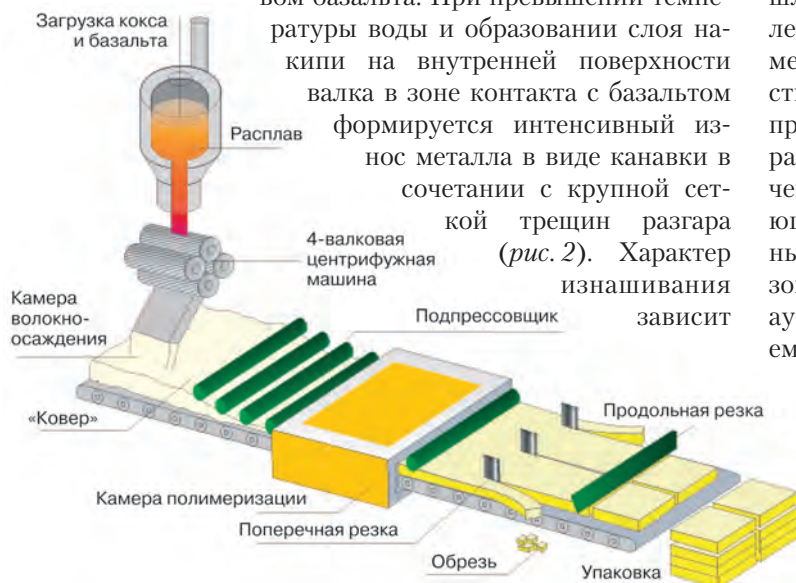
Изделия из минеральной ваты предназначены для тепловой и звуковой изоляции, без которых невозможно гражданское и промышленное строительство любого объекта. Основным сырьем являются горные породы — базальт, диабаз, доломит, известняк и в случае необходимости доменный шлак, который используется в качестве примеси. Минеральная вата производится путем вытяжки тонких волокон из расплава смеси горных пород.

Оборудование для производства минеральной ваты и базальтового утеплителя включает стандартный набор, в состав которого входит центрифуга (рис. 1). В массивной конструкции центрифуги установлены высокооборотные шпиндельные головки с валками, охлаждаемыми водой. В зависимости от производительности линии валки вращаются со скоростью 6000 или 9000 об/мин. Расплавленный базальт с температурой 1450–1500°C подается из печи на валки центрифуги, и под воздействием центробежных сил образуются тонкие волокна минерального утеплителя. В процессе работы наиболее интенсивно изнашивается третий валок. При оптимальной температуре и очистке воды охлаждения валка его поверхность подвергается равномерному изнашиванию с формированием грибообразного подъема металла в зоне контакта с расплавом базальта. При превышении температуры воды и образовании слоя накипи на внутренней поверхности валка в зоне контакта с базальтом формируется интенсивный износ металла в виде канавки в сочетании с крупной сеткой трещин разгара (рис. 2). Характер изнашивания зависит

от режима охлаждения валка, химического состава минерального расплава, химического состава охлаждающей воды и химического состава упрочняющего слоя, наплавленного на рабочую поверхность валка. Ресурс работы валков на различных предприятиях находится в пределах 40–100 ч. Для упрочнения валков при последующем ремонте в мировой практике рекомендуют применять аустенитный наплавочный материал с системой легирования типа Нп-06Х20Н10Г7. В Украине и России применяют преимущественно дорогостоящие импортные сплошные проволоки различных производителей.

В 2007 г. ООО «ТМ. Велтек» и ЗАО «Извол» (Белгород) провели комплекс совместных работ по разработке порошковой проволоки и технологии наплавки под флюсом АН26 взамен процесса наплавки импортной сплошной проволокой. В наплавленном металле не допускается присутствие дефектов в виде зашлаковок, пор и трещин. Кроме этого, наплавленный слой металла должен обладать высокой теплоустойчивостью, окалиностойкостью, механической прочностью при повышенных температурах. В процессе применения сплошной проволоки Нп-06Х20Н10Г7 в сочетании с флюсом АН26 ухудшается отделимость шлаковой корки, на поверхности наплавленного металла образуются шпинели и по мере увеличения температуры валка вследствие автоподогрева интенсивность этих процессов растет. Шпинели приводят к образованию межвалковых шлаковых включений, и возникает необходимость последующего ремонта дефектных мест, выявленных после механической обработки. Образование шпинелей при сварке и наплавке аустенитных материалов связано с развитием обменных реакций между минеральным расплавом и металлом валка. Высокое содержание SiO_2 в составе флюса АН26 приводит к развитию обменных реакций, т. е. окислению хрома и марганца и последующему образованию хроммарганцовистых шпинелей на поверхности наплавленного металла, а

Рис. 1. Линия производства минеральной ваты



также к восстановлению кремния. Содержание кремния в наплавленном металле находится в пределах 1,2–1,5%. Металлографическими исследованиями установлено присутствие в аустенитной структуре металла по границам зерен прослоек SiO₂, что становится причиной образования и развития горячих трещин в процессе работы валка. Все эти негативные проявления присутствовали при использовании импортных наплавочных материалов различных производителей.

Разработана порошковая проволока ППС-ТМВ11С и достигнуто существенное снижение окисления хрома и марганца, а также снижение восстановления кремния, содержание которого в наплавленном металле составило 0,6–0,8%. Типичный химический состав наплавленного металла: 0,07%С, 0,7%Si, 6,8%Mn, 19,0%Cr, 9,5%Ni, S ≤ 0,012%, P ≤ 0,003%.

Автоматическая наплавка выполняется по винтовой линии с 50% перекрытием проволокой ППС-ТМВ11С диаметром 3,0 мм на режиме: $I=280...300$ А, $U=30$ В, $V_n=24$ м/ч (рис. 3).

При изготовлении новых валков трубная заготовка протачивается на заданный размер под последующую наплавку 2–3 слоев. В дальнейшем валок ремонтируют до 10 раз для центрифуг (6000 об/мин) с предварительной механической обработкой под наплавку. Для центрифуг, вращающихся со скоростью 9000 об/мин, валки используют один раз. Межремонтный цикл валков на центрифугах, вращающихся со скоростью 6000 об/мин, составляет 200–240 ч, а на центрифугах, вращающихся со скоростью 9000 об/мин, ограничен 100 ч в связи с существенным изменением структуры металла тела валка в зоне контакта с расплавом базальта. В целом ограничение ресурса работы валков центрифуги связано с образованием грибообразного вздутия металла в месте контакта валка с расплавом, приводящим к ухудшению волокообразования заданного диаметра и длины, увеличению процентной доли «королька» в конечной продукции, а также с изменениям структуры в пограничном слое основного и наплавленного металла.

При этом следует особо отметить тот факт, что рабочий ресурс фактически может быть доведен до 200–220 ч на первом и втором валках и 96–110 ч – на третьем и четвертом валках центрифуги.

Применение порошковой проволоки ППС-ТМВ11С диаметром 3,0 мм на центрифуге со скоростью вращения 6000 об/мин позволило перерабатывать расплав с температурой 1450–1500°С: первый-второй валок – 910 т; третий-четвертый валок – 480 т. На центрифуге со скоростью вращения 9000 об/мин: первый-второй валок – 1344 т; третий-четвертый валок – 672 т.

В процессе наплавки наблюдается самопроизвольное отделение шлаковой корки, малая волнистость гладкой поверхности наплавленного металла, отсутствие дефектов в виде пор, зашлаковок и трещин (рис. 4). Начиная с 2007 г., после завершения отработки проволоки и по настоящее время со стороны потребителей претензий к качеству проволоки и наплавленных валков не было.

Разработанная порошковая проволока марки ППС-ТМВ11С по своим характеристикам превосходит зарубежные аналоги. Ее стоимость в 2,0–2,2 раза ниже зарубежных



Рис. 2. Характерный износ поверхности третьего валка



Рис. 3. Установка наплавки валков центрифуг

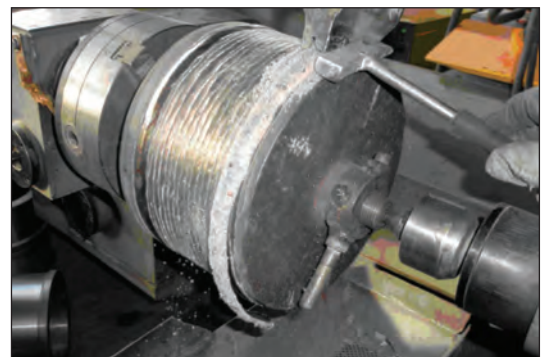


Рис. 4. Рабочий момент наплавки валка

аналогов. Применение проволоки этой марки обеспечивает гарантированное бездефектное качество наплавленного металла. Наплавленный металл обладает высокой стойкостью к разгару, жаростойкостью и окислительной стойкостью, что позволило увеличить рабочий ресурс работы центрифуги на 10–20% по сравнению с зарубежными аналогами. Сварочная проволока ППС-ТМВ11С внедрена и успешно применяется уже более 6 лет на ЗАО «ЗНОиМ» (Белгород). ● #627

Технологические форматы систем роботизированной дуговой сварки

В.В. Ишуткин, Инженерная фирма «ИНТО» (Запорожье)

Повышение конкурентоспособности продукции и техническое развитие сварочного производства отечественных машиностроительных предприятий сегодня невозможны без применения роботизированной дуговой сварки (RAW). Отсутствие региональных системных интеграторов зарубежных фирм и недостаточная осведомленность отечественных специалистов в этой области сварочных технологий препятствуют широкой роботизации. Представленная ниже информация может быть полезна как при определении общей стратегии развития сварочного производства предприятия, так и при разработке заказчиками технических заданий на проектирование конкретных систем RAW. Основными показателями технологических систем (TS) являются: производительность, качество и стоимость изготавливаемых изделий, эксплуатационная надежность, гибкость.

Наиболее ответственный момент при проектировании любой технологической системы, определяющий ее основные показатели, – выбор оптимального варианта организации технологического процесса в пространстве и во времени или ее технологического формата (табл. 1). Технологический формат характеризуется определенным пространственным расположением средств

технологического оснащения, исполнителей и изделий в системе, а также методом организации работы системы (табл. 2) и производительностью, или продуктивностью P . Под продуктивностью понимается реальное или условное время выпуска одного изделия в системе.

Для однопозиционных непоточных систем:

$$P = T = tw + ta,$$

где T – оперативное время изготовления изделия; tw – основное время (сварка); ta – вспомогательное время (сборка/съем).

При этом важной характеристикой изделия является коэффициент объема сварки:

$$Kw = tw/T.$$

Отсюда $tw = TKw$; $ta = T(1 - Kw)$.

Отличительной особенностью поточных форматов является трансфер (одновременная межпозиционная передача) компонентов TS. При этом:

$$P = t^*,$$

где t^* – такт выпуска системы.

Таблица 1. Технологические форматы TS сварки

Формат	Схема	Определение
Модуль M (MODUL)	[M]	TS с одной позицией сварки и трансфером приспособления (изделия)
Станция S (STATION)	[S]	TS с двумя позициями сварки и трансфером сварочного робота
Блок B (BLOCK)	[M][M] ... [M] [S][S] ... [S]	Группа одинаковых самостоятельно функционирующих модулей или станций
Участок S* (SECTION)		Группа самостоятельно функционирующих модулей или станций разных видов обработки
Линия L (LINE)	[M]→[M]→...→[M]	Группа модулей, связанных транспортными средствами и расположенных в последовательности изготовления изделия
Комплекс C (COMPLEX)	—	Совокупность отдельных линий, участков, блоков или любые сочетания различных форматов

Таблица 2. Методы организации работы TS

Метод	Обозначение	Способ изготовления изделия
Базовый	BM (BASIC METHOD)	В непоточном модуле одним или несколькими исполнителями
Параллельный	PM (PARALLELE METHOD)	Одновременно в нескольких самостоятельно функционирующих модулях или станциях
Последовательный	SM (SUCCESSIVE METHOD)	Последовательно в нескольких модулях с транспортированием и переустановкой изделия
Поточный	FM (FLOW METHOD)	Последовательно в нескольких модулях с трансфером компонентов системы

Таблица 3. Элементы технологических схем

Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование
	Изделие		Вращатель
	Приспособление, кондуктор, стенд		Манипулятор Перегрузчик
	Сварочный робот Робот-манипулятор		Траектория перемещения
	Сварочная установка		Замкнутый конвейер
	Сварщик Оператор		Шаговый конвейер
	Поворотный стол		Склиз, рольганг, транспортёр

Лимитирующая операция в поточных системах RAW – сварка, тогда

$$t^* = (tw/R') + tt + tp + tr + tf,$$

где R' – количество роботов на позиции.

Четыре последних слагаемых в предыдущей формуле являются дополнительными затратами времени, которые характеризуются коэффициентами потерь времени:

- на трансфер $e = tt/T$;
- на позиционирование $p = tp/T$;
- на переустановку $r = tr/T$;
- на фиксацию спутника на позиции $f = tf/T$.

Производительность формата зависит также от времени функционирования системы в течение смены

$$ts = Ts/k,$$

где Ts – общая продолжительность смены, мин; k – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и личное время.

Тогда производительность TS , шт./смену:

$$N = ts/P.$$

Графически вариант любого технологического формата можно представить в виде технологической схемы (табл. 3, 4).

Наиболее распространенные технологические схемы систем RAW для сварки машиностроительных конструкций и формулы для расчета их продуктивности представлены в табл. 4.

Расшифровка обозначений схем в табл. 4:

a – непоточные модули (слева направо): базовый; с переносом и позиционированием приспособления роботом; с последовательной сборкой узла «на весу» роботами, оснащенными сменными захватами; со

сваркой и позиционированием «на весу» прихваченного узла;

b – поточные модули на базе поворотного стола, вращателя и челночных систем;

c – станции с линейным, угловым и параллельным расположением позиций и трансфером робота вокруг оси S (время трансфера относится к затратам времени на позиционирование робота);

d – станции с трансфером робота: в напольном положении по треку, в потолочном положении с помощью портала или сварочной колонны и трека, портала и рельсовых путей;

e – блоки с угловым и параллельным расположением позиций и трансфером робота вокруг оси S ;

f – блок с непоточными модулями;

g – блок с поточными модулями на базе поворотных столов;

h – непоточная линия на базе непоточных модулей с транспортированием и переустановкой изделий;

i – то же на базе поточных модулей;

j – поточная линия на базе многопозиционного поворотного стола;

k – спутниковая поточная линия на базе горизонтально/вертикально замкнутого конвейера или системы ROBOCAR;

l – поточная линия с трансфером изделий с помощью напольного или подвешенного шагового конвейера;

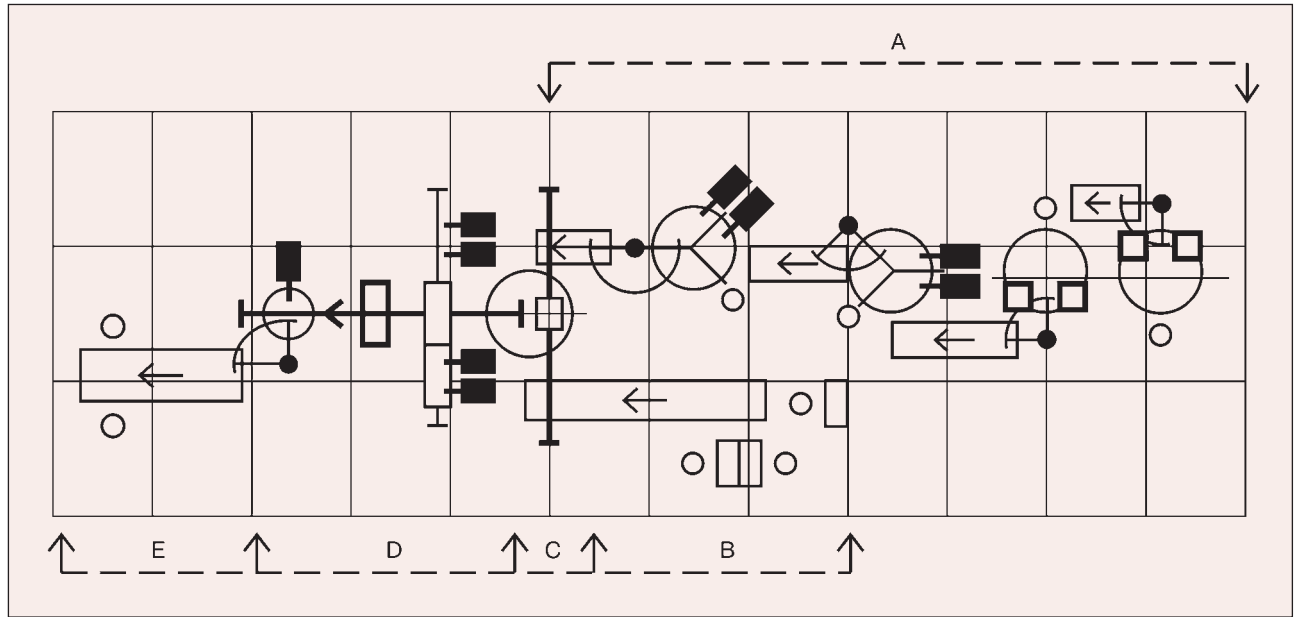
m – то же с позициями на базе поворотных столов и подвешенным шаговым конвейером.

Станции с расширителями рабочей зоны робота (табл. 4, схема **d**) используют для сварки крупногабаритных и тяжелых конструкций в условиях единичного и мелкосерийного производства. Остальные системы применяют в серийном и массовом произ-

Таблица 4. Технологические форматы систем RAW

Метод организации работы	Технологический формат	Технологическая схема	Обозначение схем	Продуктивность P, мин (p=0)
BM	M		a	T/R'
			b	$T [(Kw/R') + e]$
FM	S		c	$T Kw/R'$
			d	$T [(Kw/R') + e]$
PM	B		e	$T Kw/R' Q$
			f	T/Q
			g	$(T/Q) [(Kw/R') + e]$
SM	L		h	$(T/R) [1 + r(R - 1)]$
			i	$T [(Kw/R) + e]$
FM	L		j	$T [(Kw/R) + e]$
			k	$T [(Kw/R) + e + f]$
			l	$T [(1/R + 1) + e + r]$
			m	$T [(Kw/R) + e']$

Примечание: Q — количество модулей или станций в системе; R — количество роботов в системе; e' — коэффициент потерь времени на трансфер поворотного стола



водстве для изготовления легких и средних узлов.

Примером применения отдельных форматов в реальном производстве может служить комплекс для сварки балки задней подвески переднеприводного автомобиля (рис. 1). Балка – симметричная П-образная сварная конструкция, состоящая из левого/правого рычагов и соединяющего их профиля.

Комплекс состоит из пяти рабочих зон:

- А – линия дуговой сварки в CO_2 рычагов, состоящая из четырех поточных модулей, связанных пластинчатыми конвейерами. Модули выполнены на базе поворотных столов (загрузка ручная, сварка автоматическими головками или роботами, выгрузка автоматическая манипуляторами);
- В – участок сварки профиля, включающий три модуля сварки MIG-MAG и пластинчатый конвейер;
- С – автоматический модуль для сборки рычагов с профилем, состоящий из двухпозиционного поворотного стола и подвесного челночного манипулятора;
- D – трехпозиционная поточная линия для сварки рычагов с профилем на базе подвесного шагового конвейера, оснащенного манипуляторами: поз. №1 – челночный автоматический модуль, включающий четыре сварочных робота для дуговой сварки в CO_2 ; поз. №2 – модуль для автоматической рельефной контактной сварки; поз. №3 – автоматический модуль дуговой сварки в CO_2 на базе двухпозиционного поворотного сто-

ла (сварку выполняет робот, выгрузку – автоматический манипулятор);

- E – участок контроля и исправления дефектов.

Предварительный формат для сварки конкретного узла выбирают из соотношения оперативного времени изготовления узла и расчетного такта выпуска:

$$to^* = ts/No,$$

где No – программа выпуска узла, шт./смену.

При $to^* < T < 3to^*$ применяют модули и станции, при $T > 3to^*$ – многопозиционные системы (блоки и линии). Производительность системы может быть существенно увеличена за счет расположения (концентрации) на позициях сварки нескольких роботов.

Технологическую схему формата определяют исходя из особенностей технологии изготовления узла и требований конструкторской документации.

Важнейшим показателем современных систем сварки является их производительность. Сравнительную производительность модулей и станций (табл. 4, схемы а–d) можно оценить по коэффициенту производительности:

$$Kp = Po/P,$$

где Po – продуктивность базового непоточного модуля; P – продуктивность поточных модулей и станций.

Кривые функций $Kp = f(K\omega)$ для модулей и станций представлены на рис. 2. Применение поточных модулей и станций целесообразно при $Kp > 1$.

Рис. 1. Комплекс для сварки балки задней подвески (фирма COMAU, Италия)

Рис. 2. Графики функций $K_p = f(K_w)$ модулей и станций систем RAW (см. табл. 4) при $K_w = 0,5$; $e = 0,1$:
1 — технологическая схема а;
2 — схемы б, д;
3 — схема с

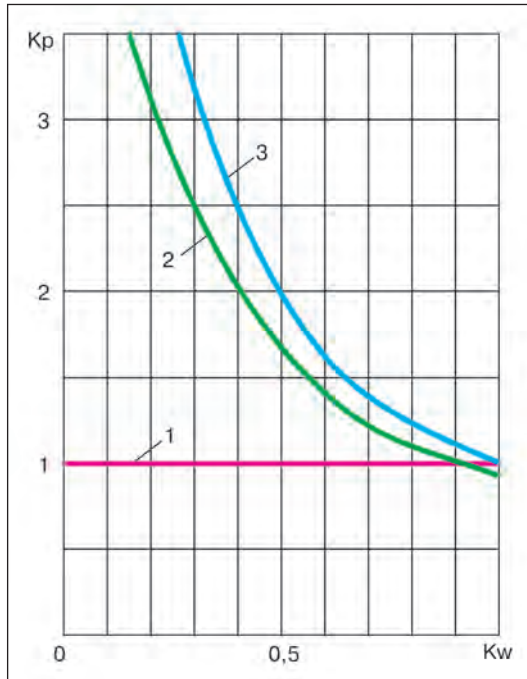
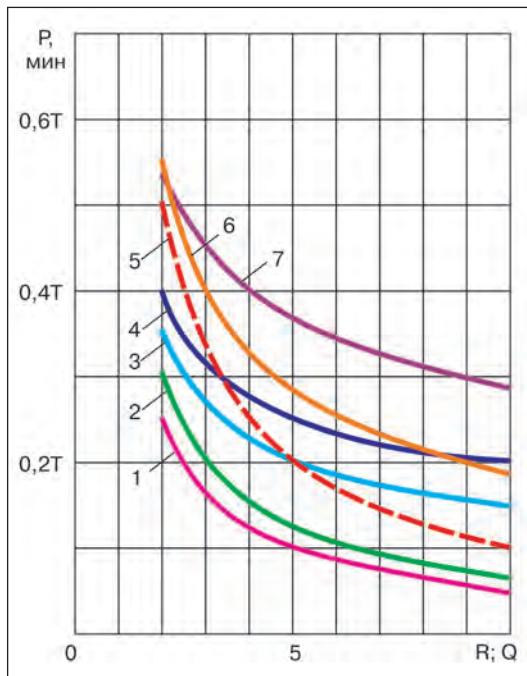


Рис. 3. Графики функций $P = f(R, Q)$ многопозиционных систем RAW (табл. 4) при $K_w = 0,5$; $e = r = 0,1$; $f = 0,15$:
1 — технологическая схема е;
2 — схема г;
3 — схемы и, j, m;
4 — схема к;
5 — схема ф;
6 — схема h;
7 — схема л



Анализируя производительность аналогичных (с одинаковым количеством исполнителей и их технологическим оснащением) блоков и линий (табл. 4, схемы е–м) по кривым их функций $P=f(R, Q)$, представленным на рис. 3, можно сделать следующие выводы:

- наиболее производительными многопозиционными системами RAW являются блоки на базе станций (схема е) и поточных модулей (схема г);
- параллельный метод организации работы (PM) более производительный, чем последовательный (SM);

- сравнительная производительность отдельных аналогичных систем изменяется с ростом числа исполнителей в системе (ростом программы выпуска изделия). Так, поточные линии (табл. 4, схемы j, k, m) более производительны, чем непоточные системы, при следующих условиях:

$$t^*(k) < t^*(f) \text{ при } R < (1 - Kw)/(e + f);$$

$$t^*(k) < t^*(h) \text{ при } R < (1 - Kw - r)/(e + f - r);$$

$$t^*(j, m) < t^*(f) \text{ при } R < (1 - Kw)/e.$$

Вышеприведенные формулы получены из условия равенства значений продуктивности упомянутых систем в точках пересечения кривых их функций $P=f(R, Q)$ на рис. 3.

Таким образом, производительность систем RAW зависит от следующих факторов:

- продолжительности функционирования системы в течение смены;
- количества исполнителей в системе;
- коэффициента объема сварки изделия K_w ;
- потерь времени на трансфер и другие вспомогательные действия на позиции сварки (коэффициенты e, p, r, f).

Стоимость изготовления изделия в различных технологических форматах определяют с помощью известного графоаналитического метода сравнения вариантов по технологической себестоимости. Окончательный выбор варианта технологического формата осуществляется по следующим показателям:

- производительность системы;
- стоимость изготовления изделия в системе;
- срок окупаемости инвестиций.

В завершение следует отметить, что все представленные в табл. 4 системы являются автоматизированными, функционирующими в соответствии с временным регламентом оператора. Ритмичность работы таких систем обеспечивается созданием буферных зон или заделов изделий. Наиболее продуктивны и ритмичны автоматические системы, способные длительное время работать без участия человека. Такие системы являются базовыми для создания гибких сварочных производств, внедрение которых сегодня на отечественных предприятиях позволило бы нивелировать отставание от технического уровня производства ведущих зарубежных фирм.

• #628

THE LINDE GROUP

Linde

Откройте мир газов и газовых технологий вместе с Linde Gas

Компания **Linde Gas** – признанный эксперт в мире промышленных, пищевых и медицинских газов. Мы не только обеспечиваем своих клиентов более чем в 100 странах мира широким ассортиментом газов, но и предлагаем большой спектр услуг, оборудования и технологий ноу-хау для того, чтобы помочь нашим партнерам сделать бизнес более прибыльным, эффективным и экологичным.

Мы предлагаем решения для повышения эффективности производства в следующих направлениях:

- **Дуговая сварка.** Защитные газовые смеси CORGON®, CORNIGON®, VARIGON® для всего спектра применения электродуговой сварки.
- **Кислородные технологии.** Кислородная резка, подогрев, горячая штамповка, правка газовым пламенем и пайка твердым припоем для различных процессов.
- **Лазерные технологии.** Газовые смеси высокой чистоты LASERMIX® и концепция LASERLINE® по выбору продуктов и услуг для промышленных лазерных процессов гарантируют высокое качество и конкурентные решения.

В России Линде Газ Рус имеет сеть представительств, контакты которых можно найти на нашем сайте в разделе **Контакты/Пункты продажи газов**.

Linde Gas – идеи становятся решениями.

www.linde-group.ru

Тел. (495) 7777-047, Факс (495) 7777-048

Новые защитные газовые смеси для сварки компании Linde Gas

А.А. Васильев, ОАО «Линде Газ Рус» (Москва)

В современном производстве задачи соединения различных металлов и сплавов играют все более весомую роль. При этом дуговые методы сварки по-прежнему занимают ведущее положение среди сварочных процессов.

Развитие технологий производства, стремление к увеличению производительности и сокращению затрат, ужесточение норм качества при изготовлении изделий, а также усиление конкуренции на рынке приводят к необходимости совершенствования технологического процесса. Это достигается путем автоматизации, применения новых сварочных материалов, подбора оптимальных режимов сварки для реализации конкретной задачи.

Если мы говорим о сварочных материалах, то стоит иметь в виду не только флюс или сварочную проволоку. Защитный газ в процессах MIG/MAG, TIG, лазерной сварки существенно влияет как на сам сварочный процесс, так и на конечный результат. Следуя общей тенденции развития сварочных технологий, специалисты R&D (Research&Development) центра компании Linde Gas в Германии постоянно проводят исследования влияния защитного газа на процесс

сварки. В результате исследований разрабатываются рекомендации по оптимальному применению защитных газовых смесей: наиболее эффективные параметры режимов, особенности системы подачи газов и пр.

В 2012 г. обновился стандартный номенклатурный ряд газовых смесей, производимых компанией ОАО «Линде Газ Рус» – российским представительством немецкого концерна Linde Gas. Основными целями данного изменения явились:

- удобство использования иностранного оборудования с предустановленными режимами сварки и специальными программами;
- простота внедрения иностранных технологий на российских производственных площадках;
- соответствие европейскому стандарту ISO 14175-2008;
- стандартизация продуктов Linde Gas, производимых более чем в 100 странах мира.

При определении и формировании оптимального процентного соотношения газов, входящих в состав смеси, в частности Ar и CO₂, принималась во внимание сово-

Таблица. Стандартный номенклатурный ряд газовых смесей, производимых «Линде Газ Рус»

Процесс	Защитный газ	Материал
MAG Сварка плавящимся электродом в защитном газе с активными компонентами	Corgon 10 (Ar+10%CO₂) Corgon 18 (Ar+18%CO₂) Corgon 25 (Ar+25%CO₂) Corgon 5S2 (Ar+5%CO ₂ +2%O ₂) Corgon 12S2 (Ar+12%CO ₂ +2%O ₂) Corgon 10He30 (Ar+10%CO ₂ +30%He)	Конструкционные и низколегированные стали, корабельные стали, улучшенные стали, упрочненные и термообработанные стали
MAG Сварка плавящимся электродом в защитном газе с активными компонентами	Cronigon 2 (Ar+2,5%CO₂) Cronigon S2 (Ar+2%O ₂) Cronigon 2 He 38 (Ar+2%CO ₂ +38%He) Cronigon 2 He 55 (Ar+2%CO ₂ +55%He)	Легированные стали Никелевые сплавы
MIG Сварка плавящимся электродом в среде инертных газов	Argon (Ar) Varigon He	Алюминий и сплавы, медь и сплавы, никелевые сплавы
TIG Сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов	Argon (Ar) Helium (He) Varigon He (Ar+He) Varigon H (Ar+H₂)	Все свариваемые металлы, алюминий, медь Нержавеющие стали аустенитного класса
Защита корня шва	Formier 5/10 (N ₂ +H ₂)	Защита корня шва при сварке сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов
Лазерная сварка	LASGON C1 — Ar + He + CO ₂	Все свариваемые материалы

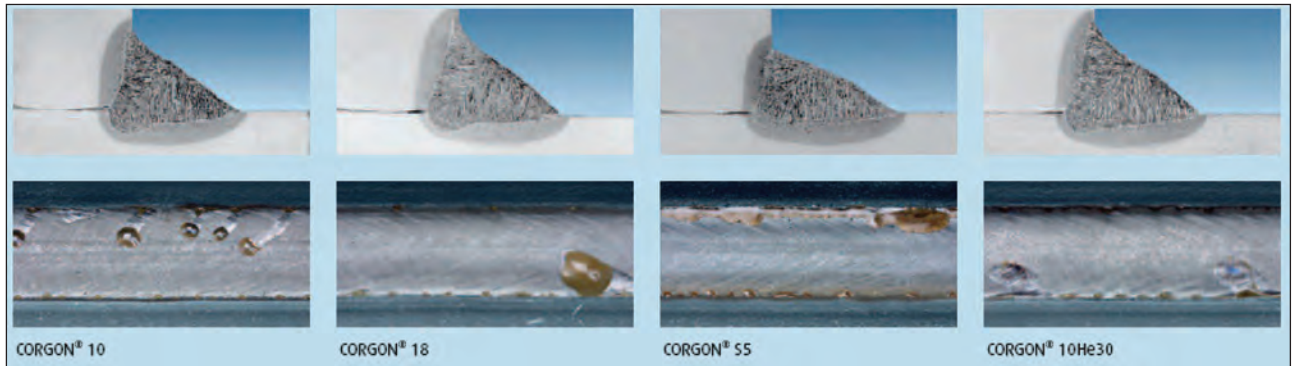


Рис. 1. Образцы, сваренные в различных защитных газовых смесях

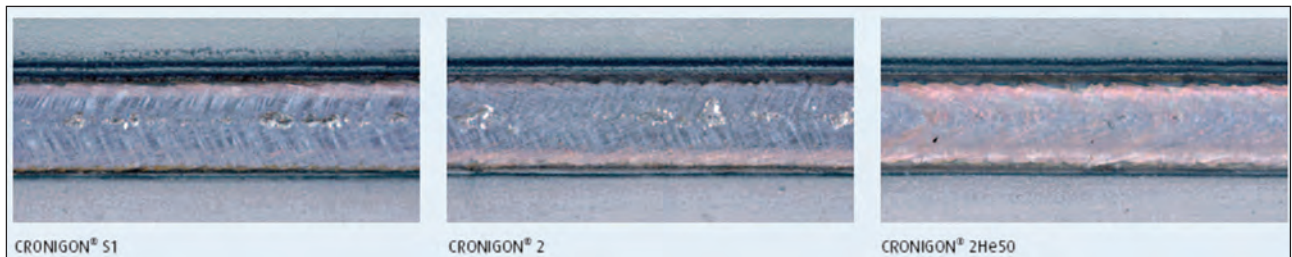


Рис. 2. Образцы, полученные сваркой неплавящимся электродом в различных защитных газовых смесях

купность таких факторов, как производительность, минимальное разбрызгивание (при механизированной сварке), вид сварного соединения, универсальность применения при сварке металла разной толщины в различных пространственных положениях.

На основании многочисленных исследований был сформулирован список смесей, производимых ОАО «Линде Газ Рус» (таблица). Смесей можно разделить на четыре основные группы.

Группа смесей Corgon. Данные смеси применяют для механизированной сварки (MAG) конструкционных низколегированных углеродистых сталей. Выбор состава смеси зависит от конкретной задачи на производстве.

Группа смесей Cronigon. Смесей применяют для механизированной сварки (MIG) легированных сталей и сплавов, в т. ч. нержавеющей сталей аустенитного, аустенитно-ферритного класса и никелевых сплавов.

Группа смесей Varigon. Смесей применяют для сварки неплавящимся электродом (TIG) всех типов металлов, используемых в промышленности.

Группа смесей Formier. Смесей применяют для защиты корня шва при сварке неплавящимся электродом (TIG) сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов.

Смеси Corgon 25, Corgon 18, Corgon 10, Cronigon 2 и Varigon H наиболее востребованы. Их применение позволяет решить большинство технологических задач, возникающих на производстве.

На рис. 1 показаны макрошлифы и внешний вид сварных соединений, полученных механизированной сваркой в различных газовых смесях. При анализе профиля шва, количества шлака и его распределения на поверхности металла, характера линии сплавления основного металла и металла шва можно сделать вывод, что, меняя тип используемой газовой смеси при механизированной сварке, можно заметным образом влиять на результат этого процесса.

Такой же эффект наблюдается и при TIG-сварке (рис. 2) соединений, сваренных в различных защитных газовых средах.

При подобном разнообразии продукции может быть достаточно сложно определить, какая именно газовая смесь наилучшим образом подходит на конкретном производстве. Решить эту задачу Вам всегда помогут специалисты «Линде Газ Рус», оказав техническую поддержку и помощь во внедрении технологий.

Газовые смеси «Линде Газ Рус» производят по собственным техническим условиям с 1997 г. Они полностью соответствуют международному стандарту ISO 14175-2008, сертифицированы по стандарту ГОСТ Р и имеют свидетельства НАКС. ● #629

Публикуется на правах рекламы.

ОАО «Линде Газ Рус»
 143907, Московская обл., г. Балашиха, ул. Белякова, 1А
 тел.: +7 495 777 36 90, 777 70 47, факс: +7 495 777 70 49
 e-mail: anton.vasiliev@linde.com
<http://www.linde-group.ru>



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.

Расскажите, пожалуйста, о сварке трением и ее практическом применении*.

С.П. Коржик (Донецк)

Продолжение.
Начало
в №3–2012.

Инерционная сварка трением — этот способ запатентован фирмой Caterpillar Tractor Co (США) в 1962 г. Принцип инерционной сварки основан на использовании энергии, накопленной вращающимся маховиком, которая в процессе сварки преобразуется в теплоту. Шпиндель с насаженным на него маховиком заданной массы (рис. 4) разгоняют, затем привод отключают, а заготовки сжимают с заданным усилием. Сварка заготовок завершается в момент остановки шпинделя. В японском варианте инерционной сварки трением маховик устанавливают на шпинделе с закрепленной в нем неподвижной заготовкой, а вторую заготовку закрепляют в оснащем приводе шпинделя и сообщают ей вращательное движение. При сжатии заготовок силы трения

разгоняют шпиндель с маховиком. Момент выравнивания угловых скоростей заготовок соответствует завершению процесса сварки. Преимуществом этого варианта является легкость удаления грата.

В качестве достоинств инерционной сварки трением следует отметить:

- сокращение времени нагрева в несколько раз по сравнению с временем нагрева при конвенциональной сварке трением;
 - строгое дозирование энергии, затрачиваемой на сварку;
 - расширение числа свариваемых сложных композиций материалов с резко отличающимися теплофизическими свойствами, а также улучшение свойств соединения при сварке сложных композиций материалов.
- К основным недостаткам инерционной сварки относятся:
- усложнение конструкции машин за счет использования дополнительных маховиков, вращающихся с большими скоростями;
 - применение дополнительной операции смены маховиков при перестройке режима сварки;
 - усложнение условий работы упорных подшипников машин.

Способ **комбинированной сварки** трением сочетает преимущества способов конвенциональной и инерционной сварки. Сначала сварку выполняют с постоянной угловой скоростью, а затем привод отключают. Отрицательное угловое ускорение при этом должно быть таким, как при инерционной сварке трением. Для этого снижают скорость вращения шпинделя. Перспективным считают способ «непрерывный привод — инерционная сварка трением — резкое торможение», при котором предварительный нагрев осуществляют с непрерывным трением, затем привод отключают и в дальнейшем процесс протекает так же, как и при

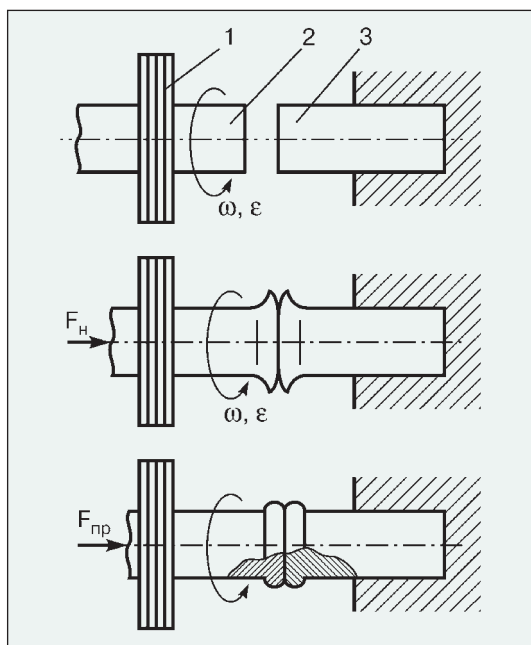


Рис. 4. Схема инерционной сварки трением: 1 — маховик; 2, 3 — свариваемые заготовки

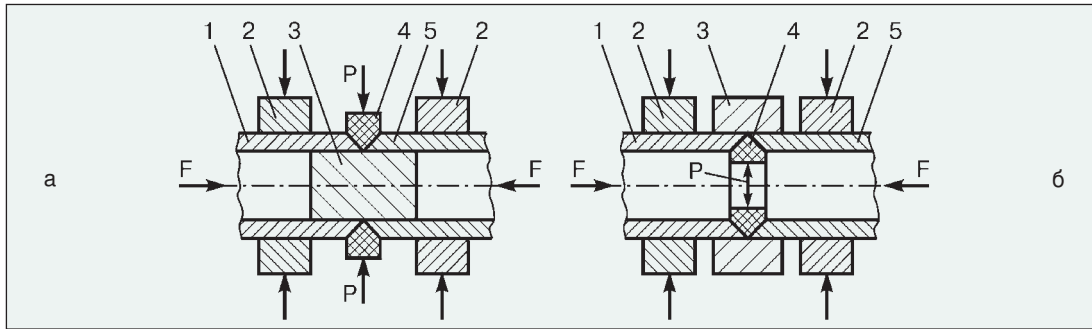


Рис. 5. Схема радиальной сварки трением: а — с наружным разжимным кольцом; б — с внутренним (1 — маховик; 2, 3 — свариваемые заготовки; 4 — зажимной элемент; 5 — оправка)

инерционной сварке трением. При достижении шпинделем частоты вращения $6-5 \text{ с}^{-1}$ его «мгновенно» останавливают.

В 1966 г. Британским институтом сварки был разработан способ радиальной сварки трением (рис. 5). Для выполнения радиальной сварки трением торцы труб со скошенными кромками прижимают друг к другу с определенным усилием, затем их нагревают с помощью внутреннего или наружного секционного разжимного кольца, вращающегося с заданной угловой скоростью. После торможения осуществляют проковку шва. Однако этот способ из-за сложности не нашел широкого промышленного применения.

Схема выполнения **вибрационной сварки трением** показана на рис. 6. Сварку выполняют при колебательных движениях в области трения одной из свариваемых деталей относительно другой с небольшой амплитудой и частотой порядка десятков герц (рис. 6, а). Этот способ применяют для сварки пластмасс. При варианте (рис. 6, б) выполняют сварку при возвратно-поступательном движении одной вращающейся заготовки.

Основным преимуществом способа вибрационной сварки трением является возможность соединения двух взаимно сориентированных деталей, деталей с произвольным профилем сечения, а также возможность одновременной сварки на одной машине нескольких пар однотипных деталей. Основные недостатки указанного способа — сложность выполнения, невозможность сварки тонкостенных деталей, значительный шум при работе машины.

В 1971 г. фирмой Friction Welding Co был разработан способ **орбитальной сварки трением** (рис. 7). Суть способа заключается в том, что подвижную деталь без вращения перемещают по круговой орбите относительно неподвижной детали. После нагрева поверхностных слоев эксцентриситет уменьшают до нулевого значения и выполняют проковку шва.

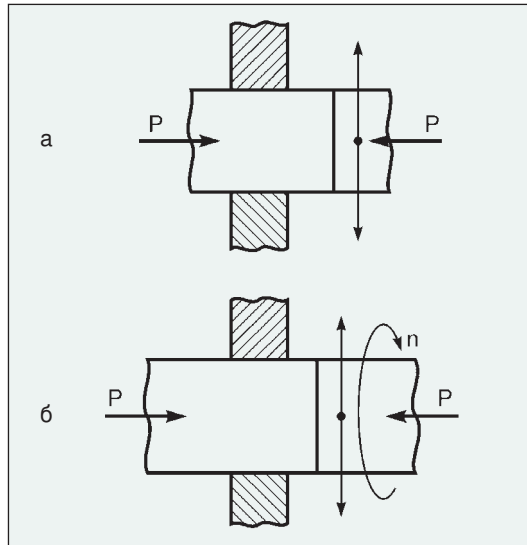
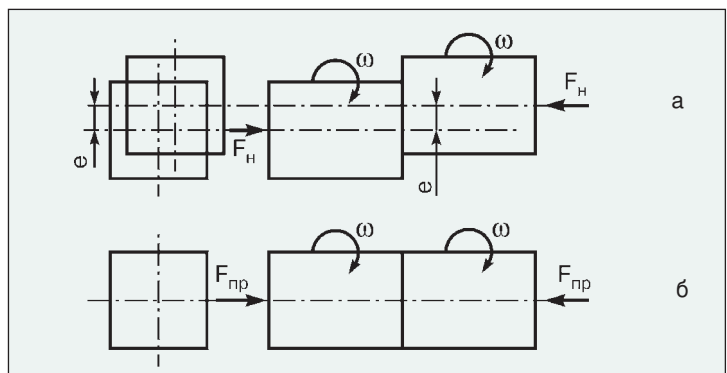


Рис. 6. Схема вибрационной СТ: а — колебательные движения одной свариваемой детали относительно другой; б — колебательные движения одной свариваемой детали с вращением

Рис. 7. Схема орбитальной СТ: а — стадия нагрева; б — стадия проковки



Орбитальная сварка трением позволяет сваривать заготовки, имеющие сечение произвольной формы, при одинаковом относительном перемещении всех точек контактных поверхностей, обеспечивая тем самым равномерный нагрев в зоне соединения. К недостаткам орбитальной сварки относят сложную конструкцию машин и ненадежность зажимных устройств вследствие действия на них значительных инерционных сил.

● #630

Окончание в следующем номере журнала.

Качество реза при плазменно-дуговой резке

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

Качество реза, выполненного плазменно-дуговой резкой, характеризуется размерами образующегося грата, отклонениями перпендикулярности реза, шероховатостью, протяженностью зоны термического влияния и газонасыщенностью кромок.

При плазменной резке размеры грата, как правило, значительно меньше, чем при газокислородной резке сопоставимых толщин углеродистой стали. В то же время на размеры грата при плазменной резке оказывает влияние ряд технологических факторов: скорость резки, расход плазмообразующего газа, расстояние между плазмотроном и поверхностью разрезаемых листов и др.

Для заданной силы тока существует диапазон скоростей, при которых грат минимален. Схематически это показано на *рис. 1*. Грат образуется как при малых скоростях, так и на повышенных скоростях резки. На

рис. 1 заштрихована зона, в которой размеры грата минимальны. Грат, образующийся при пониженных скоростях резки, легко удаляется с кромок реза. Удаление грата, образующегося при повышенных скоростях, является более трудоемкой операцией. На практике сталкиваются с проблемой грата при работе на максимальных скоростях резки. На *рис. 2* показано влияние скорости воздушно-плазменной резки стали ВСтЗсп толщиной 6 и 10 мм на размеры грата (ширина a_1 и высота a_2). Эти данные подтверждают факт существенной зависимости размеров грата от скорости резки, причем с увеличением толщины металла скорость резки, при которой величина грата минимальна, уменьшается. Минимальный грат отмечается при расходе плазмообразующего воздуха 70–80 л/мин. С уменьшением расхода величина грата возрастает, что можно объяснить ослаблением механического воздействия плазменного потока на нижнюю кромку листа.

Повышенное гратообразование наблюдают и при увеличении расстояния от плазмотрона до поверхности листа, особенно когда процесс резки осуществляют на скоростях, близких к предельно допустимым. Это происходит при резке листов, не подвергнутых предварительной правке либо имеющих остаточные деформации, возникшие в процессе обработки. В таких случаях применение автоматических устройств, поддерживающих расстояние между плазмотроном и разрезаемым листом, является обязательным.

Использование в качестве плазмообразующего газа кислорода взамен воздуха способствует уменьшению размеров грата. Это подтверждают данные, приведенные в *табл. 1*.

Резка с водяной защитой отличается большей склонностью к образованию грата на кромках заготовок по сравнению с обычной воздушно-плазменной резкой. Для подавления процесса образования грата скорость резки при использовании водяной защиты снижается на 5–20%, а в отдельных случаях — до 40–50%.

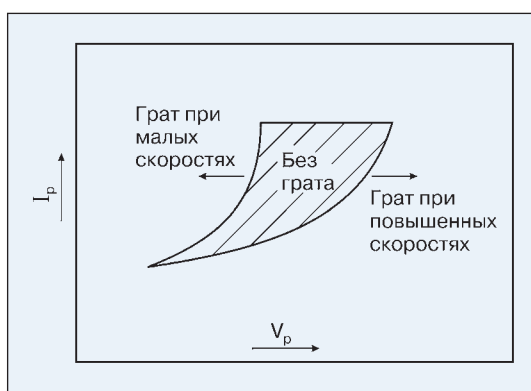


Рис. 1. Схема влияния скорости резки на образование грата

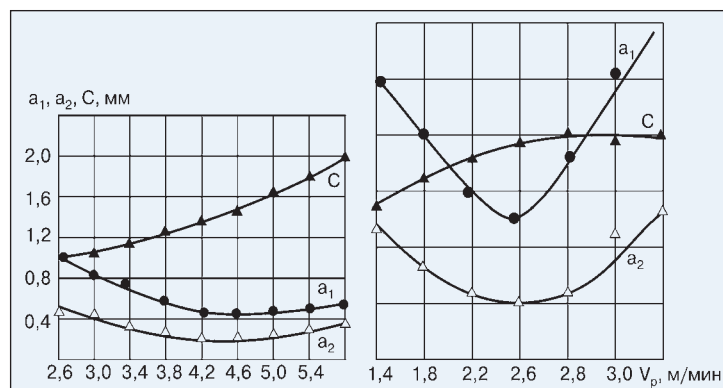


Рис. 2. Зависимость размеров грата a_1 , a_2 и неперпендикулярности поверхности реза C от скорости резки металла толщиной 6 и 10 мм

Таблица 1. Режимы чистовой резки и качество реза при воздушно-плазменной и кислородно-плазменной резке углеродистой стали

Способ резки	Толщина металла, мм	Режимы резки				Параметры реза			
		Сила тока резки, А	Напряжение дуги, В	Диаметр сопла, мм	Скорость резки, см/с	Ширина реза, мм		Неперпендикулярность, мм	Высота графа, мм
						Верхняя кромка	Нижняя кромка		
Воздушно-плазменная	3	60–65	110–115	1,2	3,33	1,8	1,5	0,15	1,1
					4,16	1,8	1,4	0,20	0,9
					5,00	1,6	1,1	0,30	0,3
					5,83	1,6	1,0	0,30	0,5
Воздушно-плазменная с погружением листа в воду					3,33	1,7	1,4	0,15	1,6
					4,16	1,7	1,4	0,15	0,8
					5,00	1,5	1,2	0,15	0,5
					5,83	1,3	1,0	0,15	0,9
Кислородно-плазменная					3,33	2,0	1,8	0,10	0,6
					4,16	1,8	1,5	0,15	0,5
					5,00	1,7	1,4	0,15	0,2
					5,83	1,6	1,3	0,15	0,2
Кислородно-плазменная с погружением листа в воду					6,66	1,3	1,0	0,15	0,3
					3,33	1,8	1,6	0,10	0,8
					4,16	1,4	1,2	0,10	0,5
					5,00	1,4	1,1	0,15	0,3
Воздушно-плазменная	5,83	1,3	1,0	0,15	0,6				
	2,50	2,6	1,7	0,45	1,0				
	3,33	2,5	1,5	0,50	0,2				
	4,16	2,4	1,2	0,60	0,8				
Воздушно-плазменная с погружением листа в воду	2,50	2,2	1,5	0,35	0,3				
	3,33	2,1	1,3	0,40	0,5				
	4,16	2,0	1,1	0,45	1,0				
	2,50	2,8	2,5	0,15	0,6				
Кислородно-плазменная	3,33	2,8	2,2	0,30	0,3				
	4,16	2,6	1,6	0,50	0,2				
	5,00	2,5	1,3	0,60	0,3				
	2,50	2,3	2,0	0,15	0,4				
Кислородно-плазменная с погружением листа в воду	3,33	2,2	1,8	0,20	0,3				
	4,16	2,1	1,3	0,40	0,3				
	2,50	5,2	2,2	1,5	1,0				
	3,33	5,2	1,8	2,6	0,5				
Воздушно-плазменная	4,16	5,1	1,1	2,0	0,4				
	5,00	5,0	0,8	2,2	0,5				
	5,83	4,9	0,7	2,1	1,2				
	2,50	4,6	2,0	1,3	1,2				
Воздушно-плазменная с погружением листа в воду	3,33	4,5	1,7	1,4	0,6				
	4,16	4,5	1,1	1,7	0,5				
	5,00	4,3	0,7	1,8	1,1				
	5,83	4,3	0,7	1,8	1,2				
Кислородно-плазменная	2,50	9,3	3,0	1,1	0,5				
	3,33	9,2	2,6	1,3	0,4				
	4,16	5,0	2,2	1,4	0,2				
	5,00	5,0	1,8	1,6	0,2				
Кислородно-плазменная с погружением листа в воду	5,83	5,0	1,6	1,7	0,6				
	2,50	4,7	2,9	0,9	0,5				
	3,33	4,6	2,8	0,9	0,4				
	4,16	4,5	2,1	1,2	0,4				
Кислородно-плазменная с погружением листа в воду	5,00	4,5	2,1	1,2	0,5				
	5,83	4,5	1,9	1,3	0,7				

Таблица 2. Допускаемые отклонения, мм, перпендикулярности реза при машинной вырезке деталей по ГОСТ 14792–80

Класс	Способ резки	Толщина разрезаемого металла, мм			
		5–12	13–30	31–60	61–100
I	Кислородная	0,2	0,3	0,4	0,5
	Плазменно-дуговая	0,4	0,5	0,7	—
II	Кислородная	0,5	0,7	1,0	1,5
	Плазменно-дуговая	1,0	1,2	1,6	—
III	Кислородная	1,0	1,5	2,0	2,5
	Плазменно-дуговая	2,3	3,0	4,0	—

При плазменной резке ширина реза у верхних кромок больше, чем у нижних. С увеличением степени сжатия плазмы и уменьшением диаметра сопла плазмотрона уменьшается разница между шириной реза по толщине металла и неперпендикулярностью кромок. Величина неперпендикулярности кромок при плазменной резке представляет собой половину разницы ширины реза в верхней и нижней плоскостях разрезаемого листа. Наибольшее отклонение поверхности реза от перпендикулярности регламентировано ГОСТ 14792–80 в зависимости от толщины разрезаемого металла (табл. 2).

Скорость плазменной резки при прочих равных условиях оказывает существенное влияние на ширину реза и неперпендикулярность кромок. На рис. 2 видно, что с увеличением скорости резки неперпендикулярность возрастает.

При увеличении скорости резки до 9,6 см/с (толщина листа 6 мм) и 6,3 см/с (толщина листа 10 мм) величина неперпендикулярности поверхности реза составляет соответственно 2 и 1,6 мм, что находится в пределах третьего класса (см. табл. 2). С

увеличением расстояния от среза сопла до плоскости листа неперпендикулярность также возрастает. Неперпендикулярность реза заметно ниже при кислородно-плазменной резке, в том числе с погружением листов в воду (см. табл. 1). Сравнение воздушно-плазменной резки листов толщиной 6–10 мм с кислородно-плазменной в варианте использования водяной защиты позволяет сделать вывод о том, что в последнем случае качество реза по параметру неперпендикулярности соответствует первому и второму классам по ГОСТ 14792–80.

Положительное влияние на качество реза оказывают добавки воды в небольших количествах к плазмообразующему газу. При этом используют специальное сопло, внутренняя поверхность которого сопряжена с основным соплом (рис. 3).

Вода, поступающая внутрь канала сопла, частично испаряется, диссоциирует на водород и кислород, которые, смешиваясь с основным плазмообразующим газом, создают комбинированную высокоэффективную газовую среду. При этом проникающая способность дуги заметно увеличивается, а качество реза улучшается. Данные, приведенные в табл. 3, получены при резке углеродистой стали толщиной 7 мм.

На поверхности реза обычно образуются штрихи (бороздки), что является следствием непостоянства мгновенной скорости резки при средней определенной скорости резки.

При одной и той же амплитуде скорости и частоте глубина бороздок при плазменной резке значительно меньше, чем при кислородной.

Установлено, что при плазменной резке амплитуда скорости ниже 10 мм/с не оказывает заметного влияния на образование бороздок. При амплитуде скоростей, которые приблизительно на порядок выше указанной характеристики кислородной резки, при плазменной резке появляются бороздки. В отличие от глубины бороздок неровность (волнистость) поверхности при плазменной резке значительно больше, чем при кислородной. Шероховатость поверхности реза (высота неровностей) после машинной термической резки металла регламентирует ГОСТ 14792–80 (табл. 4).

Для кромок, подлежащих сварке и механической обработке, а также для поверхности фасок допускается шероховатость не ниже третьего класса. Для свободных кромок (не подлежащих сварке) деталей большинства металлоконструкций устанавливается

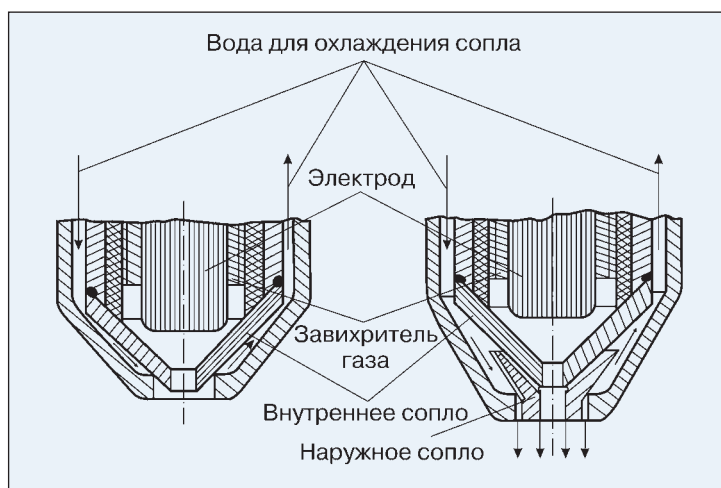


Рис. 3. Схема головки плазмотрона: а — для обычной плазменной резки; б — для плазменной резки с добавкой воды

Таблица 3. Зависимость ширины реза и скоса кромок при плазменной резке от скорости резки, расхода газа и воды

Вариант	Плазмообразующая среда	Расход газа, л/с	Расход воды, л/с	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость резки, мм/с	Ширина реза, мм		Средняя величина скоса, мм	Наличие грата
							по верхней кромке	по нижней кромке		
I	Воздух + вода	1,3	0,005–0,0057	280	160	16,7	6,0	4,0	1,0	Легкий грат
					155	33,0	5,2	2,6	1,3	Отдельные капли
					150	50,0	5,0	2,0	1,5	Грат средней величины
	Кислород + вода	1,50	0,003–0,0033	270	150	16,7	8,0	6,2	0,9	Следы грата
					145	33,0	6,1	4,0	1,05	
					140	50,0	6,1	3,0	1,55	
II	Воздух + вода	0,83	0,005–0,0057	280	145	36,7	5,5	2,5	1,5	Легкий грат
		1,33			150		5,3	2,5	1,4	Отдельные капли
		2,0			155		5,0	2,6	1,2	
	Кислород + вода	0,92	0,003–0,0033	270	135	36,7	6,1	2,6	1,75	Следы грата
		1,50			140		6,0	3,5	1,25	
		2,20			150		5,5	3,1	1,2	
III	Воздух + вода	1,33	0,0017	280	150	36,7	5,2	2,5	1,35	Грат средней величины
			0,005		150		5,0	2,5	1,25	
			0,0083		155		5,0	2,5	1,25	
	Кислород + вода	1,50	0,0017	270	145	36,7	6,1	3,1	1,5	Следы грата
			0,0033		148		6,0	3,0	1,5	
			0,0047		150		6,0	3,2	1,4	

второй класс шероховатости. Измерения шероховатости поверхности реза R_z показали, что в диапазоне исследованных режимов и разрезаемых толщин (см. табл. 1) она изменяется незначительно и составляет 20–70 мкм, а для оптимальных режимов не выходит за пределы 50 мкм, что соответствует I классу (ГОСТ 14792–80). При кислородно-плазменной резке шероховатость ниже, чем при воздушно-плазменной.

Общим для плазменной резки в различных плазмообразующих средах является образование у кромки реза зоны термического влияния (ЗТВ) с участками оплавления и структурных изменений в твердом металле. Допускаемые значения протяженности зоны термического влияния для углеродистых сталей, отвечающие ГОСТ 14792–80, приведены в табл. 5.

В ЗТВ сталей с низким содержанием углерода изменения металла похожи на изменения, происходящие при кислородной резке с использованием горючих газов. Доля литого участка в низкоуглеродистых сталях составляет обычно 20–30% и более от общей протяженности ЗТВ. В углеродистых сталях следует участок крупного зерна, за-

Таблица 4. Допускаемые значения шероховатости поверхности реза, мм, по ГОСТ 14792–80

Класс	Способ резки	Толщина разрезаемого металла, мм			
		5–12	13–30	31–60	61–100
I	Кислородная	0,050	0,060	0,070	0,085
	Плазменно-дуговая	0,050	0,060	0,070	—
II	Кислородная	0,080	0,160	0,250	0,500
	Плазменно-дуговая	0,100	0,200	0,320	—
III	Кислородная	1,160	0,250	0,500	1,00
	Плазменно-дуговая	0,200	0,320	0,630	—

Таблица 5. Допускаемые значения протяженности зоны термического влияния, мм, для углеродистых сталей по ГОСТ 14792–80

Класс	Толщина разрезаемой углеродистой стали, мм		
	5–12	13–30	31–60
I	0,2	0,4	0,8
II	0,8	1,6	3,2
III	1,6	3,2	6,4

тем участки полной и неполной перекристаллизации и исходная структура металла.

Глубина ЗТВ и соответственно отдельных ее участков при резке стали выбранной марки и толщины изменяется в зависимости от условий резки. С увеличением расхода газа, а также с уменьшением силы тока зона уменьшается. Большую роль играет состав рабочей среды, стабилизирующий режущую дугу. При резке сталей воздушно- и кислородно-плазменной дугой ЗТВ обычно меньше, чем при резке неактивными газами. В *табл. 6* приведены данные о величине литой зоны и общей ЗТВ в зависимости от режимов резки стали марки ВСтЗсп толщиной 9 мм и состава плазмообразующей среды (диаметр сопла 3 мм).

Существенное влияние на размеры ЗТВ оказывает водяная защита. Ширина, тип структуры, а также твердость ЗТВ при плазменной резке зависят от скорости охлаждения. При резке листов, касающихся водной поверхности, а также погруженных в воду скорость охлаждения при прочих равных условиях заметно возрастает. При резке конструкционной углеродистой стали ВСтЗсп с погружением в воду ширина зоны термического влияния примерно в 2 раза, а в случае резки с касанием поверхности воды в 1,5 раза меньше, чем при резке на воздухе. Независимо от среды, в которой осуществляют резку металла толщиной 10–20 мм, происходит образование мартенситно-бейнитных структур твердостью 330–400 HV_{0,2}. Нижние значения относятся к резке на воздухе, а верхние – к резке с использованием водяной защиты.

Структуры ЗТВ при плазменной резке на воздухе и с водяной защитой стали ВСтЗсп и низколегированной стали 09Г2С

имеют незначительные отличия. При резке низколегированной стали повышенной прочности марки 18Г2А наблюдается значительное повышение твердости приповерхностных слоев до 850 HV_{0,2}. Ширина ЗТВ составляет 0,8 мм.

Ощутима разница и в структуре ЗТВ при резке среднеуглеродистой стали 45. При резке этой стали на воздухе ширина полосы высокоуглеродистого мартенсита равна 0,03–0,04 мм, выявлен также участок крупноигльчатого мартенсита и область шириной 0,22–0,24 мм мелкоигльчатого мартенсита. В случае резки с водяной защитой ширина полосы высокоуглеродистого мартенсита значительно меньше и составляет 0,006–0,01 мм, крупноигльчатый мартенсит отсутствует, а область мелкоигльчатого мартенсита равна 0,26–0,28 мм. Твердость при этом достигает 1000 HV_{0,2}, а наличие закалочных структур может привести к образованию холодных трещин.

При воздушно-плазменной резке низкоуглеродистых и низколегированных сталей в твердых наазотированных и науглероженных зонах могут также возникать мелкие микротрещины. Под воздействием плазменной дуги может происходить выгорание включений серы либо их подплавление, что является причиной образования трещин по границам зерен. В процессе дальнейшей сварки листов с мелкими горячими трещинами под воздействием термомеханического цикла возможно распространение трещин и образование ламинарных трещин.

Все эти обстоятельства должны быть учтены при разработке технологии резки конкретной марки стали.

Процессы плазменной резки, обусловленные выплавлением металла мощным

Таблица 6. Изменение ЗТВ в зависимости от состава плазмообразующей среды

№ образца	Плазмообразующий газ	Режим резки					Размер литой зоны, мм	Ширина ЗТВ, мм
		Защитный газ	Расход плазмообразующего газа, л/мин	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость резки, м/мин		
1	Воздух	—	80–90	300	130	2,5	0,030	0,54
2		Кислород					0,020	0,45
3	Воздух + вода	—			150		Нет светлой полосы	0,50
4	Кислород	—	80	300	130	1,5	0,014	0,75
5		—	80	300	130	2,5	0,018	0,70
6		—	150	300	140	2,7	Нет светлой полосы	0,3–0,45
7	Кислород + вода	—	75	200	150	2,2	0,014–0,018	0,45–0,50
8		—	80–90	290		2,5	Нет светлой полосы	0,40
9	Углерод	Углерод	80	290	120			0,60–0,90

электродуговым разрядом, вызывают насыщение кромок реза газами из атмосферы плазмы. При воздушно-плазменной резке насыщение кромок происходит в основном азотом и кислородом. Наибольшую опасность для сварных соединений, выполненных по кромкам плазменного реза, представляет азот. При плазменной резке в кромки детали азот может попадать из плазмообразующей среды (в случае применения азота, воздуха или газовых смесей, содержащих азот) либо из окружающей среды за счет инжекции в столб дуги атмосферного воздуха.

В зоне дугового разряда происходит диссоциация и ионизация азота. Атомарный азот в момент своего выделения может растворяться в жидком металле. Установлено, что введение кислорода или кислородосодержащих газов при постоянной концентрации азота в атмосфере дуги приводит к увеличению содержания азота в наплавленном металле. Экспериментально установлено, что максимальное содержание азота в кромке воздушно-плазменного реза в 50 раз больше, чем в исходном металле, и почти в 10 раз превышает растворимость азота в стали Ст3.

Максимально насыщается газами литой участок зоны термического влияния. Поэтому снижение азота в кромках воздушно-плазменного реза достигают при условии уменьшения глубины литого участка за счет снижения скорости резки, повышения напряжения на дуге, изменения направления резки и др.

Использование кислорода в качестве плазмообразующего газа позволяет уменьшить насыщение кромок азотом. Это происходит за счет уменьшения литого слоя на поверхности реза, образования шлаковой пленки на поверхности жидкого металла, которая уменьшает скорость поглощения азота.

Однако получить минимальное содержание азота (не превышающее предельной растворимости в сталях 09Г2 и ВСт3сп) при кислородно-плазменной резке удается только при условии использования дополнительной концентричной кислородной завесы для окружения дуги.

Применяя водяную защиту, можно также существенно ограничить насыщение кромок азотом. Автор выполнил плазменно-дуговую резку стали ВСт3сп толщиной 10 мм ($I_p=200$ А, $U_d=180$ В, $V_p=4$ см/с) по трем вариантам: обычная воздушно-плазменная, воздушно-плазменная и кислородно-плазменная с погружением листов в воду.

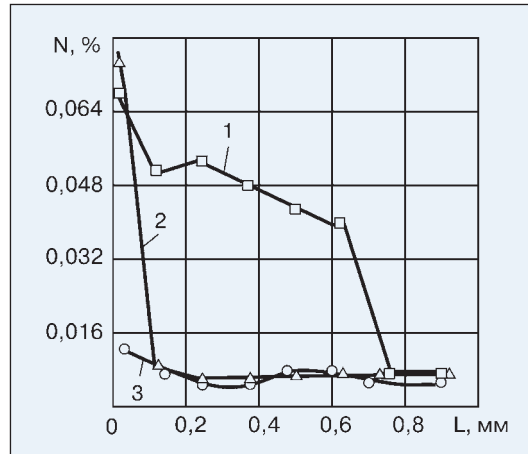


Рис. 4. Распределение азота в глубину L кромок от поверхности реза при различных способах плазменной резки

Содержание азота и распределение его по поверхности реза и в глубину металла от нее определяли методом локального масс-спектрального анализа. Результаты исследования распределения азота показаны на рис. 4. При различных способах воздушно-плазменной резки содержание азота на поверхности реза примерно одинаково. В то же время на расстоянии 0,1 мм от поверхности реза содержание азота при воздушно-плазменной резке с водяной защитой (кривая 2) снижается практически до уровня, имеющегося в основном металле (0,0064%). Аналогичное снижение содержания азота в случае обычной воздушно-плазменной резки (кривая 1) наблюдают только на расстоянии 0,8 мм. Такой характер распределения азота можно объяснить уменьшением литого участка и ограничением возможности диффузии азота в глубь металла. При этом водород, получаемый путем разложения воды в столбе дуги, положительно влияет на десорбцию азота. Можно предположить, что благодаря высокой подвижности и проникающей способности водорода в процессе воздействия на металл плазменной дуги дефектные участки металла (дислокации, микронеровности, трещины и др.) на поверхности реза заполняют атомы водорода, препятствуя проникновению менее подвижных атомов азота.

В процессе кислородно-плазменной резки с водяной защитой практически исключается всасывание окружающего воздуха в зону дуги, и поэтому содержание азота на поверхности реза близко к его содержанию в основном металле (кривая 3). Минимальное содержание кислорода на поверхности реза обеспечивается при использовании азота в качестве плазмообразующего газа, а максимальное — при использовании кислородной плазмы.

● #631

Методы контроля качества сварных швов и соединений

С.Т. Римский, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

Первичный контроль начинают с измерений линейных размеров сварного изделия, затем оценивают внешний вид швов и определяют соответствие их действительных размеров заданным. При необходимости качество сварных соединений определяют неразрушающими методами контроля. Для проведения такого контроля сварные швы должны быть доступны. Результаты контроля заносят в протокол и предъявляют при сдаче изделия. Для приемки сварной конструкции необходимо иметь все документы о проведении сварочных работ и последующего контроля. Принимаемые сварные швы должны быть открыты, а имеющиеся на них покрытия — прозрачны. Если в конструкции имеются сварные швы, которые закрывают при последующих операциях, то такая конструкция подлежит промежуточной приемке.

В настоящее время в условиях формирования международного и региональных рынков продукции и услуг необходимо ориентироваться на международную практику развитых стран и использовать стандарты ДСТУ ISO 3834–2001 (части 1, 2, 3, 4), обеспечивающие необходимый уровень качества сварных металлоконструкций. Наиболее полно новым требованиям отвечают ДСТУ ISO 5817 и EN 25817 «Соединения дуговой сваркой сталей. Руководство по определению уровней качества в зависимости от дефектов».

К **неразрушающим методам контроля** качества сварных соединений относятся: визуальный контроль и контроль на непроницаемость (керосином, сжатым воздухом, вакуумированием, масспектрическими течеискателями); магнитные и электромагнитные, люминесцентный и цветной, применяемые преимущественно для обнаружения дефектов, выходящих на поверхность; радиационные, ультразвуковые и магнитографические, применяемые для обнаружения скрытых, внутренних дефектов. Для обнаружения внутренних дефектов в промышленности наиболее широко применяют радиационные, ультразвуковые и магнитографические методы контроля.

Визуальный контроль. Первичный контроль осуществляется визуально в соответствии со стандартами ДСТУ ISO 17637 и EN 970. В стандартах приведены измери-

тельные инструменты и сварочные шаблоны, используемые в международной практике для обеспечения качества при сборке и оценке сварных соединений и конструкций.

Метод цветной дефектоскопии. Применяют «проникающие» вещества, окрашенные в красный цвет. Проявитель (контролирующее средство) белого цвета наносят напылением или кисточкой, окуная в краску.

Метод флуоресцентной капиллярной дефектоскопии. К проникающему средству добавляют флуоресцентные материалы, соответствующий проявитель, и в ультрафиолетовых лучах становится видна желто-зеленая или голубоватая люминесценция трещины.

Магнитно-порошковый контроль. Через намагниченное тело проходят магнитные силовые линии. Если магнитная проницаемость изменяется при наличии трещины, то в этом месте изменяется магнитное сопротивление и образуется магнитный поток рассеяния, который можно сделать видимым, например, с помощью взвеси металлических опилок в масле. Вместо металлической стружки в большинстве случаев применяют тонкий порошок Fe_3O_4 . Опилки или порошок, стремясь перекрыть трещину, образуют над ней бугорок. При наличии на поверхности окалина используют цветной или флуоресцирующий порошок, а осмотр дефекта проводят с помощью ртутной лампы в ультрафиолетовом свете.

На участках с дефектами, расположенных под поверхностью, напряженность магнитного поля быстро уменьшается. Поэтому этим методом можно обнаруживать только трещины, расположенные вблизи поверхности и выходящие на поверхность.

Радиационные методы контроля. Наиболее распространенные неразрушающие методы контроля — радиационные. В них для контроля используют преимущественно рентгеновские и гамма-лучи.

Существуют следующие методы регистрации дефектов: фотометод с прямой фиксацией дефектов на фотопленке; флуороско-

пический или рентгеновский метод обнаружения дефектов по свечению экрана непосредственно или при помощи электронно-оптического усилителя; ионизационный метод с фиксацией дефектов ионизационной камерой с различными счетчиками.

При любом из перечисленных методов пучок рентгеновских или гамма-лучей направляется на контролируемый сварной шов. Проходя сквозь него, лучи частично поглощаются и действуют на находящийся за швом индикатор-фотопленку, люминесцентный экран или ионизационный прибор. Дефекты шва вследствие их меньшей поглощающей способности пропускают больше лучей. Различную интенсивность лучей фиксирует соответствующий индикатор. На фотопленке и экране дефекты изображены в виде полос и пятен, что позволяет определять их характер (трещины, непровары, поры и шлаковые включения размером 1% толщины контролируемого шва и более).

Для выявления этих дефектов перспективным является рентгеноскопический метод контроля с использованием электронно-оптических преобразователей и монокристаллических экранов в сочетании с телевизионными системами, преобразующими рентгеновское изображение в видимое. Это изображение передается телевизионной системой для воспроизведения его на экране кинескопа.

В качестве индикатора рентгеновских или гамма-лучей можно применять электро-рентгенографическую (ксерографическую) пластину. Такой метод регистрации лучей получил название ксерографического (ГОСТ 7512–78). После экспонирования на пластине появляется скрытое изображение, для проявления которого поверхность пластины покрывают наэлектризованным порошком, затем при помощи бумаги получают отпечаток. Пластины могут быть использованы многократно. Преимущества ксерографического метода: дешевизна, высокие производительность и чувствительность.

При контроле стыковых соединений луч направляют перпендикулярно к шву. Для выявления возможных непроваров по скосам кромок луч необходимо направлять по скосам кромок. При контроле нахлесточных и тавровых соединений лучи направляют под углом 45° к плоскости листа или полки тавра, а также по скосам кромок.

Качество сварных соединений оценивают по рентгеновским и гамма-снимкам, которые не должны иметь царапин, пятен, от-

печатков пальцев и других дефектов. По всей длине снимка должно быть четкое изображение сварного шва, эталона — дефектометра и маркировочных знаков.

Величину и количество дефектов в швах, выявленных снимками, и степень их допустимости в данном сварном соединении устанавливают по техническим условиям и по стандарту ДСТУ 12517, который требует, чтобы до проведения радиографического контроля сварные соединения были проконтролированы визуально в соответствии со стандартом EN 970.

Ультразвуковая дефектоскопия. При ультразвуковой дефектоскопии (УЗД) сварных соединений дефекты выявляют при помощи ультразвуковых волн (УЗВ). С частотой упругих колебаний материальной среды 16 кГц.

Для дефектоскопии сварных швов применяют поперечные (колебание среды происходит перпендикулярно к направлению распространения волны) и продольные (колебание частиц среды происходит вдоль направления распространения волны) ультразвуковые волны.

Ввод ультразвука перпендикулярно к поверхности изделия осуществляют прямыми (нормальными) и наклонными (призматическими) искателями. В любом искателе пьезопластина излучает продольную волну. Ультразвуковую дефектоскопию сварных соединений проводят преимущественно наклонными искателями, посылающими волну под углом к поверхности изделия. При определенных углах (30 , 40 и 50°) в контролируемой среде распространяются поперечные волны с углом преломления — углом наклона акустической оси искателя (40 , 51 , 62° для стали).

Для ввода ультразвука в металл пространство между излучающей плоскостью искателя и поверхностью металла заполняют контактирующей средой — минеральным маслом или водой (эмульсией). Введенные в изделие ультразвуковые колебания, встретившись с несплошностью (дефектом) или поверхностью раздела двух сред, отражаются от нее под углом, равным углу падения. Часть ультразвуковой энергии после отражения возвращается к искателю и фиксируется дефектоскопом.

Различают три основных метода ультразвуковой дефектоскопии: теневой, зеркально-теневой и эхо-метод. Для контроля сварных соединений наиболее широкое применение получил эхо-метод, при котором призна-

Таблица. Стандарты на испытания

Стандарт	Испытание стали
ГОСТ 1497–84	Растяжением стыковых швов, выполненных сваркой плавлением
ГОСТ 6996–66	
DIN 50120	Растяжением угловых сварных швов
DIN 50126	
ГОСТ 14019–80	Изгибом стыковых швов, выполненных сваркой плавлением
ГОСТ 6996–66	
DIN 50121	
ГОСТ 9454–78	Ударным изгибом надрезанных образцов стыковых швов, выполненных сваркой плавлением
ГОСТ 6996–66	
DIN 50121	

ком обнаружения дефекта является прием искателем эхо-импульса от самого дефекта.

Для выявления дефектов сварных швов используют ультразвуковые дефектоскопы ДУК–13ИМ и др. Индикация дефектов происходит по импульсам, возникающим на экране электронно-лучевой трубки, а также по появлению звука в телефонных наушниках. Чувствительность дефектоскопа регулируется в широких пределах и обеспечивает выявление дефектов в стали с эквивалентной площадью 2–3 мм² на глубине до 100 мм. Для определения координат дефектов, а также измерения толщины изделий в дефектоскопе имеется электронный глубиномер. Основные параметры контроля должны соответствовать требованиям ГОСТ 14782–86 и ДСТУ 4002–2000.

Магнитографический метод контроля. Метод основан на обнаружении магнитных полей рассеяния, возникающих в местах дефектов при намагничивании контролируемых изделий. Поля рассеяния фиксируются в виде магнитных отпечатков на эластичном магнитоносителе — магнитной ленте, плотно прижатой к поверхности шва. Записи с ленты считывают магнитографическим дефектоскопом.

Применяют двухслойные магнитные ленты типа МК–1 и МК–2, состоящие из целлюлозной или другой эластичной основы и магнитного слоя. Ленту магнитным слоем накладывают на контролируемый шов и плотно прижимают к нему резиновым поясом. Затем шов намагничивают и одновременно фиксируют поля рассеяния на магнитной ленте. Ленту снимают со шва, наматывают на кассету и передают на производящую аппаратуру.

Характер дефектов определяют по видеоиндикатору. Форма изображения на экране дефектоскопа соответствует форме дефекта,

а степень почернения — его глубине. Трещины характеризуются наличием извилистых темных линий с большой контрастностью, непровары — наличием прямых линий, шлаковые включения — темных пятен и т. д.

Магнитографический метод контроля можно применять для проверки сплошности стыковых швов, плоских изделий и труб различных диаметров, изготовленных из ферромагнитных материалов с толщиной стенки 1–16 мм.

Контролю подвергают швы с равномерным усилением и нормальной чешуйчатостью без видимых дефектов: трещин, наплывов, подрезов, пор, недопустимых смещений и т. п. Перед контролем швы и прилегающие зоны очищают от грязи, остатков шлака и металлических брызг.

Применяют магнитографические дефектоскопы МД–9, МД–11, МДУ–1, МГК–1 и др. с комплектом намагничивающих устройств, предназначенных для магнитографического контроля качества сварных швов трубопроводов, листовых и других конструкций. Результаты контроля оценивают в соответствии с требованиями норм и правил.

К разрушающим методам контроля качества сварных соединений относятся механико-технологический метод, химический анализ, металлографические исследования.

Механико-технологический метод. Это испытания растяжением, изгибом, ударным изгибом образцов с острым или круглым надрезом. Стандарты на соответствующие испытания приведены в *таблице*.

Химический анализ. Анализу подвергают применяемые материалы (основной металл, сварочная проволока) и металл сварных швов, главным образом, для определения содержания в них вредных примесей. Перед сваркой обязательно проводят анализ материалов для получения данных об их свариваемости и возможности применения определенных сварочных технологических процессов.

Металлографические исследования. С помощью металлографии сварных соединений на оптическом или электронном микроскопе можно исследовать сварной шов и зону термического влияния. Кроме того, можно определить структуру исходного материала и сварного соединения, а главное — размер зерна (определяемый по ГОСТ 5639–82) и возможные выделения фаз. Этим же способом выявляют микротрещины, которые не обнаруживаются неразрушающими методами контроля. ● #632

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

РОБОТТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА

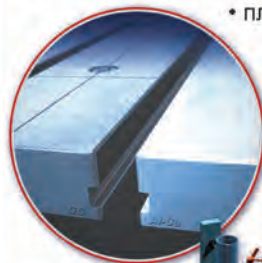


Украина, Киев
Тел. (+38.044) 456-40-20
456-83-53

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

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

Гибкая 3D система сварочных столов



- плавное перемещение креплений по T-образным пазам

- поверхность столов из серого чугуна устойчива к сварочным брызгам

- поверхность столов из Al/Cu сплава для сварки нержавеющей стали

- поверхность столов может комбинироваться с подъемной, поворотной и наклонной функциями

- поверхность столов может видоизменяться



FÖRSTER
WELDING SYSTEMS

Устройства для профессионалов
www.сварочные-столы.рф

ООО НПП
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

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



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

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



ЧАО «Спецсплав»

Украина, г. Днепропетровск, ул. Курсантская, 1д
тел.: (0562)-35-50-25, факс: (056)-374-19-12
e-mail: spetssplav@mail.ru, www.spetssplav.dp.ua

- Разработка, производство, внедрение сварочных и наплавочных материалов, а также технологий их применения:
 - флюсы для сварки и электрошлакового переплава;
 - проволоки порошковые для сварки, наплавки и металлизации;
 - ленты порошковые наплавочные;
 - сплавы, в том числе порошковые для наплавки, легирования, раскисления и модифицирования.
- Оказание услуг по выполнению наплавочных и других ремонтно-восстановительных работ деталей горно-металлургического, энергетического и машиностроительного оборудования.
- Наплавка специализированными материалами и механическая обработка прокатных валков и других тел вращения массой до 50 тонн.
- Разработка и изготовление специализированного оборудования для механизированной дуговой наплавки.

ХІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2012

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ
ТЕХ**

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
ТЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР
ТЕХ**

КОМИССИОННАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ



ПОДШИПНИКИ



УКРСВАРКА

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



СУБКОНТРАКТЫ

РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КООПЕРАЦИИ

Генеральные
информационные партнеры:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

*Государственного агентства Украины по управлению
государственными корпоративными правами и имуществом
Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"*

**20-23
НОЯБРЯ 2012 г.**



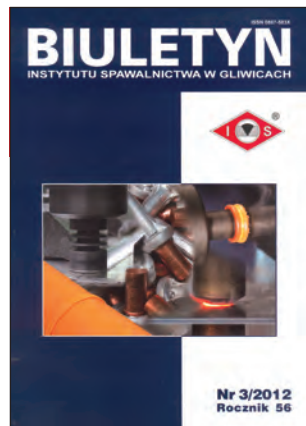
+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

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"



Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) №3-2012

Исследования

J.Matusiak, J.Wycislik. Точечная сварка листовой стали с защитными покрытиями и выделение вредных веществ в рабочей зоне

A.Wegłowska. Исследование влияния предварительного подогрева на протекание процесса вибрационной сварки и качество соединений полиамида PA66 GF30

B.Rams. Ультразвуковая точечная сварка алюминия с медью

S.Kowieski, Z. Mikno, A.Pietras. Сварка давлением современных высокопрочных сталей

D. Miara, A.Pictas. Сварка трением с перемешиванием FSW литейных алюминиевых сплавов с деформируемыми сплавами

A.Klimpel, A.Borek. Основы технологии лазерной сварки стали

A.Lisiecki, J.Manka. Сварка стали с повышенным пределом текучести S420MC с помощью лазера HPDL

Новое сварочное оборудование и материалы

Новости компаний



Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша) №6-2012

A.Klimpel. Теоретические основы лазерной резки металла

A.Sawicki. Моделирование сварочной дуги с переменной длиной потока плазмы

J.Haduch. Выбор технологических параметров наплавки методом MAG

A.Winiowski. Недостатки паяных соединений, выполненных твердыми припоями, и причины их возникновения

A.Pocica. Инструменты, которые изготавливали с помощью сварки до 1938 г.



Содержание журнала «Zvarac» (Словакия) №2-2012

E.Lechovic, F.Kolenic, D.Drival. Создание коррозионноустойчивых покрытий на поверхности чугуна со сферическим графитом

D.Duricek, P.Sevcik, V.Zitnanska. Микроструктура сварных соединений высокопрочных TRIP сталей, выполненных лазером, с различным уровнем напряжения

H.Kravarikova. Методы решения задач в области теплопроводности основного металла в процессе сварки

P.Jastsemsky, Ja.Psitula, P.Santor, M.Kelcinski, M.Skarpetovski. Практические способы устранения деформации сварных конструкций и их контроль

F.Heide. Shot Peeting контроль динамически нагруженных соединений

IX Международный конкурс сварщиков в Украине

Ежегодный IX Международный конкурс профессионального мастерства сварщиков состоялся в Одессе с 13 по 17 августа 2012 г. Организатор конкурса — Общество сварщиков Украины (ОСУ). Председатель оргкомитета — вице-президент ОСУ д-р техн. наук А.А. Кайдалов, зам. председателя — председатель правления Одесского областного отделения ОСУ А.Н. Воробьев.

Конкурс проходил на учебно-аттестационной базе ОИАЦ «Прометей» по следующим номинациям: ручная дуговая сварка покрытым электродом (метод 111), дуговая сварка плавящимся электродом в активных газах (метод 135), дуговая сварка вольфрамовым электродом в инертных газах (метод 141). Был также проведен конкурс в дополнительной номинации — сварка методом 135 на новом сварочном аппарате, разработанном НПФ «Сварконтакт» (Харьков).

В конкурсе приняли участие сварщики из Украины, Республики Беларусь и Российской Федерации — всего 37 человек с 21 предприятия. Председатель жюри конкурса — директор НПЦ «Сварка и восстановление деталей» (Одесса) канд. техн. наук В.И. Дегтярь.

Финансовую поддержку конкурсу оказали АО «Одесский припортовый завод», ПАО «Азот» (Черкассы), НПЦ «Сварка и восстановление деталей» (Одесса), ООО «Фрониус Украина» (Киевская обл.), ООО «ЭСАБ Украина» (Киев), ООО «Бинцель Украина» (Киев), ЧАО «Восток-сервис Украина» (Киев).

Призы победителям, призерам и дипломантам конкурса предоставили такие украинские фирмы и организации, как ООО «ЗМ Украина», (Киев), ООО «Фрониус Украина» (Киевская обл.), ООО «ЭСАБ Украина» (Киев), МЧП «Далет» (Одесса), ООО НПФ «Сварконтакт» (Харьков), завод автогенного оборудования «ДОНМЕТ» (Краматорск), фирма «Плазмотехнология» (Одесса), ЧАО «Восток-сервис Украина» (Киев).

Конкурсанты состязались как в выполнении практических заданий по сварке стальных пластин и труб, так и в знании теории, нормативных положений и техники безопасности.

Победители и призеры конкурса:

- **номинация 111:**

1-е место — А.В. Булыга (ОАО «Белтрансгаз», Минск, Республика Беларусь);

2-е место — Р.Г. Гарин (ООО «Карат», Ачинск, Российская Федерация);

3-е место — С.А. Тихонов (АО «Одесский припортовый завод», Южный, Украина), А.В. Ко-

роль (ОАО «Брестоблгаз», Брест, Республика Беларусь).

- **номинация 135:**

1-е место — А.В. Волочай (ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», Кременчуг, Украина);

2-е место — В.А. Медник (ОАО «Беларуськалий», Солигорск, Республика Беларусь);

3-е место — С.Н. Силюк (РУП «Брестэнерго», Белоозерск, Республика Беларусь).

- **номинация 141:**

1-е место — И.Л. Немченко (ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», Краматорск, Украина);

2-е место — Р.Г. Гарин (ООО «Карат», Ачинск, Российская Федерация);

3-е место — В.И. Шкарбута (ПАО «Азот», Черкассы, Украина), А.С. Масловский (ОАО «Гродно Азот», Гродно, Республика Беларусь).

В дополнительной номинации конкурса, введенной оргкомитетом по предложению ООО НПФ «Сварконтакт», выполнялась дуговая сварка плавящимся электродом в активных газах с помощью нового сварочного аппарата ВИСТ-500С и подающего механизма ПДГ-500-4С с целью его опробования выявления достоинств и недостатков. Конкурсанты сваривали по два образца из стальных пластин толщиной 10 мм: тавровое соединение вертикальным угловым швом и стыковое соединение в нижнем положении на весу. По окончании работы конкурсанты заполнили анкеты с отзывами о работе нового сварочного аппарата, созданного в ООО НПФ «Сварконтакт».

Победителями и призерами в дополнительной номинации стали:

1-е место — Р.Г. Гарин (ООО «Карат», Ачинск, Российская Федерация);

2-е место — Д.Ю. Алешкевич (ПРУП «Гродноблгаз», Гродно, Республика Беларусь);

3-е место — А.В. Волочай (ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», Кременчуг, Украина).

Им были вручены призы от ООО НПФ «Сварконтакт» и фирмы «Плазмотехнология».

По решению ОИАЦ «Прометей» за лучшее качество выполненных сварных швов награждены Международным сертификатом Bureau Veritas сварщики:

А.В. Волочай (ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», Кременчуг, Украина);

Р.Г. Гарин (ООО «Карат», Ачинск, Российская Федерация);

Д.Ю. Алешкевич (ПРУП «Гродноблгаз», Гродно, Республика Беларусь).



В этом году оргкомитет при поддержке спонсоров учредил приз за лучшие командные результаты. Сварочной маской типа «Хамелеон» награжден руководитель команды из Ачинска Красноярского края Российской Федерации А.Н. Стесиков (ООО «Карат»).

На техническом семинаре для конкурсантов и гостей были представлены подробные доклады о средствах индивидуальной защиты сварщиков, абразивных материалах и инструментах производства компании «ЗМ» (ООО «ЗМ Украина», Киев); о сварочных аппаратах и технологических процессах сварки, разработанных в компании «Фрониус» (ООО «Фрониус Украина», Киевская обл.); о новых сварочных горелках (ООО «Бинцель Украина», Киев); о новом инверторном источнике питания для дуговой сварки (ООО НПФ «Сваркон-

такт», Харьков); о спецодежде, спецобуви и других средствах охраны труда (ЧАО «Восток-сервис», Киев); о художественной сварке (Общество сварщиков Украины, Киев).

Подготовка и проведение конкурса сварщиков были организованы на высоком уровне. Информация о конкурсе приведена также на сайте Одесского областного отделения Общества сварщиков Украины www.tzu.od.ua.

Следующий конкурс сварщиков состоится в июле-августе 2013 г.

А.А. Кайдалов, докт. техн. наук,
вице-президент Общества сварщиков Украины,
А.Н. Воробьев, председатель Одесского областного
отделения Общества сварщиков Украины

● #633

Сварка

12-я специализированная выставка-конференция с международным участием

Контроль и диагностика

7-я специализированная выставка

4 декабря
Научно-техническая конференция «Сварка и Диагностика»
Конкурс «МИСС СВАРКА-2012»

5 декабря
«ДЕНЬ ГЛАВНОГО СВАРЩИКА», ТЕСТ-ДРАЙВ сварочного оборудования

6 декабря
«ДЕНЬ МОЛОДОГО СПЕЦИАЛИСТА», Ярмарка ВАКАНСИЙ, Мастер-класс победителей конкурса сварщиков «СЛАВИМ ЧЕЛОВЕКА ТРУДА!», Конкурс «МОЛОДОЙ СВАРЩИК 2012»

Под патронажем ТПП РФ: 

При поддержке:  

4–6

декабря

2012

Место проведения:
МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО»

Организатор:
 УРАЛЬСКИЕ ВЫСТАВКИ
 Тел. +7 (343) 310-03-30
 www.uv66.ru
 

Создание и покорение суперстали

Часть 2. Спецстали и проблемы сварки

А.Н. Корниенко

В 1937 г. в Бельгии через канал Альберта было сооружено несколько цельносварных мостов. Их широко рекламировали как перспективные образцовые сварные конструкции (в том числе и на обложке советского журнала «Автогенное дело»). А ранним зимним утром 1938 г. пролеты мостов без нагрузки треснули и рухнули. Через 6 лет сварка стала причиной катастроф транспортных судов США. В это же время созданная под руководством Е.О. Патона автоматическая сварка броневых сталей заметно ускорила производство танков в СССР.

В начале 1940-х годов на судостроительных предприятиях СССР применялась преимущественно ручная дуговая сварка, в том числе по методу «лежащего электрода» (гравитационная сварка). В 1940 г. Советский Союз купил у Германии недостроенный крейсер «Лютов» и получил возможность ознакомиться с немецкими технологиями судостроения. Однако особо наследовать было нечего. Броневые плиты к обшивке сварного корпуса немцы приварить не сумели, поэтому приклепывали их. А в США возникли неприятности при сварке даже небронированных судов. Стране, которая находилась через океан от воюющей Европы, понадобился грузовой флот. Американские судостроительные фирмы не были готовы к массовому производству. Для ускорения производства государственный заказ был ограничен двумя типами сухогрузов (проекты Liberty и Victory) и танкером T2. Спроектированы они были в Великобритании в 1886 г., и их уже строили в США во время первой мировой войны, но применя-

ли только клепку. Теперь, чтобы ускорить производство, использовали автоматическую сварку под флюсом, созданием которой американцы гордились. Цикл строительства сократился в 5–10 раз, но дуговая сварка, как и другие виды сварки плавлением, оказалась коварной технологией.

Сведения о неожиданно возникающих трещинах в швах и околошовной зоне поступали еще в начале 1941 г. Часть судов была снята с эксплуатации. Наиболее показательным был разлом на две половины танкера Schenectady прямо в доке 16 января 1943 г. Через два месяца при спокойном море у входа в нью-йоркский порт разломилось еще одно судно. Следующее судно разошлось по швам верхней палубы и бортов еще до спуска на воду, затем треснул по продольному шву обшивки еще один корабль, стоявший у мола. Трещины на двухсот судах удалось ликвидировать. Следственная комиссия не выявила каких-либо особых условий нагрузки, которые позволили бы дать произошедшему традиционные объяснения. Основной причиной комиссия сочла остаточные напряжения, неизбежные при сварке. Несмотря на то, что часть судов потонула, не получив ни одной пробоины, экономические преимущества и выигрыш во времени свидетельствовали в пользу сварки. (Следует отметить, что и в СССР треснули корпуса сухогрузов «Валерий Чкалов» и «Донбасс». Это были те же Liberty, переданные по ленд-лизу в обмен на марганцевую руду.)

Причину катастроф разгадал Е.О.Патон. Зарубежные специалисты, имевшие намного больший по сравнению с ним «сварочный» стаж, не учли того, что при сварке протекают металлургические процессы и в металле происходят структурные изменения. Составом стали, предназначенной для клепаных конструкций, не особенно интересовались, в основном испытывали на механическую прочность. Е.О. Патон еще в 1930 г. указал на особенности проектирования сварных конструкций, но американские коллеги не приняли этого во внимание.

Цельно-сварной Schenectady так и не вышел в море



Сложнейшая проблема возникла при замене клепки конструкционных закаливающих сталей сваркой. Как и в прежние времена, именно для оружия требовалось самое высокое качество. В преддверии второй мировой войны военно-промышленные комплексы Германии, США, СССР и ряда других стран усилили внимание к сварке брони. Необходимо было сохранить прочностные свойства исходного материала, достигнутые в результате термической обработки. Однако успехи были скромными — толстые броневые плиты танков удавалось сварить только вручную многослойными швами.

Отечественный способ автоматической дуговой сварки под флюсом был создан в ИЭС под руководством Е.О. Патона. Директор института пишет: «В конце лета 1939 года бригада из нескольких сотрудников приступила к первым лабораторным опытам. В эту бригаду я подбирал людей с особым разбором. Владимир Иванович Дятлов с 1935 г. заведовал у нас отделом технологии. Это был образованный и энергичный человек, талантливый ученый, большой специалист по металлургии сварки. Он быстро завоевал авторитет и уважение в институте своим глубоким и часто оригинальным подходом к каждому исследованию». Однако технология и материалы были разработаны применительно к сварке обычных конструкционных сталей. Заняться специальными сталями не успели.

Начало войны, эвакуация на Урал в Нижний Тагил, организационные мероприятия на территории Уралвагонзавода прервали работы ИЭС на три месяца. Вскоре, в начале октября 1941 г., в цехах «Вагонки» разместили Харьковский завод им. Коминтерна, в конструкторском бюро под руководством М.И.Кошкина, был создан лучший средний танк Т-34. «Узким» местом здесь и на других заводах страны оказались участки сварки бронекорпусов. Цеха были завалены броневыми плитами. Круглосуточно работали сотни квалифицированных сварщиков-ручников. Е.О. Патон направил усилия коллектива на решение проблемы сварки под флюсом специальных, броневых сталей и конструирование установок. Первой из таких проблем явились трещины, возникающие при автосварке легированных закаленных сталей. Шел интенсивный поиск составов флюсов и проволок, параметров режима и техники сварки. Решение, найденное В.И. Дятловым и сотрудником харьковского завода Б.А. Ивановым, оказалось неожиданным и очень простым. Они предложили укладывать в разделку кромок низкоуглеродистую присадочную проволоку (Автор. св. СССР 364057). В результате уменьшалось науглероживание шва. В январе 1942 г. был сварен первый опытный образец. Технология и оборудование прошли апробацию, обстрел корпуса показал более высокую живучесть, чем обстрел корпуса, сваренного вручную. Е.О. Патон пишет: «...предложение, вне-



Свидетельство покорения броневой стали

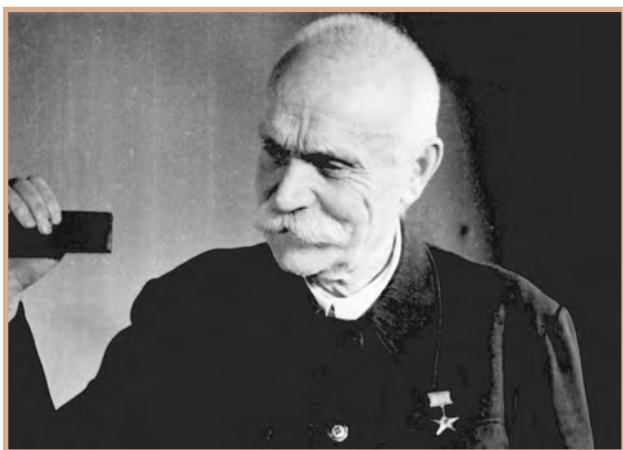
сенное Дятловым и Ивановым: применить присадочную проволоку, оказалась счастливым... Наконец-то швы стали получаться без трещин. А производительность сварки даже увеличилась. Мы гордились и сейчас гордимся тем, что советские танкостроители первыми в мире научились варить броню под флюсом. До самого конца войны у немцев не было автосварки танковой брони, а у американцев она появилась только в 1944 году».

Полезный съем продукции с единицы производственной площади увеличился в несколько раз. Производительность автоматической сварки не шла ни в какое сравнение с производительностью прежней технологии. Заводы экономили до 42% электроэнергии. Одна установка заменяла 10–14 человек. На Уралвагонзаводе на поточной линии было смонтировано 16 установок для автоматической сварки под флюсом основных узлов танка. В кратчайшие сроки оборудование и технологии были внедрены на остальных танкостроительных и других заводах оборонной промышленности. К концу 1944 г. сварка под флюсом применялась на 52 заводах. В октябре 1944 г. В.И.Дятлов переехал в Свердловск, где на Уралмашзаводе (точнее, в эвакуированном из Ленинграда Кировском заводе) приступили к освоению автоматической сварки корпусов тяжелых танков КВ и ИС с броней толщи-

ной 90–120 мм. В 1944 г. он переезжает в Ленинград. Здесь, в ЦНИИ технологии судостроения, разворачивались работы по созданию кораблей нового поколения.

Ученым предстояло установить причины возникновения трещин в соединениях. Для изготовления сварных конструкций применяли стали, ранее используемые для клепаных конструкций, и сварщики приспосабливались к «любому» металлу, не решаясь вмешиваться в технологию его производства. Вместе с тем, научно-технический прогресс выдвигал все более высокие требования к эксплуатационным качествам материалов. Усилия металлургов были направлены на микролегирование, улучшение структур термомеханической обработкой и т. п. На необходимость применения сталей, специально изготовленных для сварных конструкций, обратил внимание Е.О. Патон, обнаруживший отрицательное влияние сульфидных включений на качество сварки. Он решил, что сварщики в деле создания лучших металлов должны «продвигаться навстречу» металлургам и металловедам.

Проблемами создания хорошо сваривающихся специальных сталей занялись в ряде ведущих организаций, фирм, вузов. В частности, в ИЭС — для широкого аспекта конструкций, в том числе и броневых, в ЦНИИ ТС — для корпусных корабельных конструкций и атомных реакторов. В 1946 г. в ИЭС приступили к выполнению комплексных работ по развитию сварного мостостроения и судостроения. Среди них были и работы по выяснению причин хрупкого разрушения сварных конструкций (Е.О. Патон, В.В. Шверницкий, Б.С. Касаткин) определению влияния способов производства сталей и их химического состава на свариваемость (А.М.Макара, А.Е.Аснис, Б.С.Касаткин, С.А.Островская и др.). Патон напутствовал сотрудников: «Помните о Либерти». Вскоре в ИЭС им. Е.О. Патона была создана сталь М16С (мостовая) повышенной хладостойкости, стойкая против старения (М.М.Доброхотов, Б.С.Касаткин, А.Е.Аснис и др.).



Е.О.Патон удовлетворен результатами испытаний (1947 г.)

Правительство приняло предложения Е.О.Патона — были утверждены такие требования сварщиков к стали, как снижение максимального содержания в готовом прокате углерода, серы и фосфора.

В 1945 г. для осуществления широкой программы перевооружения Военно-Морского флота СССР в ЦНИИ технологии судостроения, ЦНИИ конструкционных материалов и ряде других организаций и вузов (В.И. Дятлов, Г.Л. Петров, Ф.Ф. Бенуа и др.) начались работы по созданию основных и присадочных материалов, технологии автоматической сварки под флюсом корпусных сталей: СХЛ-4, 15 ХСНД, 10ХСНД, 10ХСН2Д и 48ЦКС и других. Специфика морского судостроения, связанная с применением металла большой толщины, более сложных конструктивных форм секций и элементов судового набора, требовала решения многих дополнительных задач, в том числе применения сталей повышенной прочности.

Правительство требовало ускорить выпуск крейсеров, и ЦКБ -17, минуя стадию эскизного проектирования быстро выдало технический проект 68-бис. Впервые в СССР была специально разработана технология формирования цельносварных корпусов из секций массой до 100–150 т. Впервые броневые плиты приваривались и служили не только как защитные, но и как несущие конструкции. Толщина бортов достигала 100 мм, боевых рубок — 130 мм. Первый корабль этой серии — «Дзержинский» был заложен 21 декабря 1948 г. на заводе №444 в Николаеве. Однако вскоре в сварных соединениях появились трещины. И.В. Сталин запретил наказывать кого-либо, сказав, что специалисты разберутся сами, без вмешательства «компетентных органов». (В ИЭС помнят, что так же он поступил и после крупномасштабного взрыва газопровода). Обнаружилось, что состав и технология изготовления стали не соответствуют разработанным в Ленинграде. Корпус порезали, а в сваренном из нового проката не появилось ни одного дефекта. А.Б. Широкоград отмечает: «В проекте 68-бис впервые в советском кораблестроении была освоена сварка толстых и крупногабаритных бронелистов и реализована новая технология секционной сборки цельносварного корпуса из объемных секций массой 100–150 т — методом автоматической дуговой сварки. При этом броневые плиты были полностью включены в силовую схему корпуса и в систему несущих корабельных конструкций. Это стало возможным благодаря созданию новой низколегированной свариваемой стали СХЛ-4 (предел текучести 40 кгс/мм²).

Электросварка корабельного корпуса, включая толстые, крупногабаритные бронеплиты — сложный технологический процесс, осуществленный, в значительной мере, благодаря советскому опыту применения сварки в танкостроении и изучению процессов в 1945–1948 гг. Новый технологический



Крейсер
серии 68-бис

процесс секционной сборки цельносварного корпуса, по сравнению с клепаным, позволил сократить сроки постройки каждого корабля в среднем почти вдвое (до двух с половиной лет).

Строительство развернули на четырех заводах и до 1954 г. было заложено 23 корабля. 15 июня 1953 г. крейсер проекта 68-бис «Свердлов» произвел фурор на Спитхедском параде в Портсмуте — по тактико-техническим данным кораблей этого класса ему не было равных в мире. А ученые и производственники убедились, что проблемы сварки и металлургии взаимосвязаны.

Таковы были успехи практики. А что же наука? Считается, что В.И. Дятлов интуитивно решил заполнить разделку прутками из мягких малоуглеродистых сталей или железа. Однако, не исключая талантности ученого, стоявшего у истоков металлургических основ сварки, следует помнить, что он молодым специалистом прошел школу Златоустовских заводов. Со дня основания Е.О. Патонам сварочного факультета КПИ (1935 г.) Владимир Иванович по совместительству начал формировать и преподавать предметы, которые можно назвать тепловыми и металлургическими основами сварки, технологией и материалами сварки, практикой сварочного производства. В 1954 г. он вернулся в Киев, преподавал в политехническом институте и написал большой учебник, в котором подытожил накопленные знания. Для выпуска в свет этой книги в планах издательств не нашлось места, рукопись переписывали и... множество последователей включили ее материалы в свои диссертации, учебники и монографии (как обычно, «забывая» сослаться на выдающегося ученого). В начале 1960-х годов авторитетный французский металлург Д. Сефериан описал эффективность решений В.И. Дятлова, принятых для сварки броневых сталей. К настоящему времени в мире выполнен большой объем исследований и предложено несколько объяснений.

Часть исследователей основной причиной возникновения трещин считают процессы, связанные с водородом. Однако водородной гипотезой трудно объяснить ряд фактов из практики сварки закаляющихся сталей. Один из них — увеличение



Докладывает В.И. Дятлов, председательствует Б.Е. Патон (1964 г.)

склонности к образованию трещин при увеличении содержания углерода в основном металле и повышении толщины свариваемого соединения. Эксперименты, выполненные в ИЭС им. Е.О.Патона под руководством А.М.Макары, показали, что при сварке аустенитными электродами содержание водорода в ЗТВ не уменьшается, а в шве не увеличивается. Ю.Н.Готальский отмечает, что в появлении этих трещин повинен не только диффузионный водород, но и тот, что остается в металле шва. Но как бы то ни было, в результате полувековых исследований и практики сварки закаляющихся сталей были установлены и объяснены факторы, способствующие получению высококачественных соединений сваркой плавлением. Некоторые из них могут служить ключом к разгадке технологии изготовления булата, основанной на древнейшей сварке — кузнечной.

Можно предположить следующее решение загадки булатной стали. Тонкие полосы из углеродистого сплава (т. е. стали) и почти чистого железа, сложенные в пакет, соединяли кузнечной сваркой. При этом ЗТВ (в современном понятии) не было, однако структурные взаимодействия происходили, причем полоски железа можно рассматривать как присадку при сварке бронеконструкций. В результатековки образовывался мартенсит. Но более того, следует принять во внимание, что мощные удары молота способствуют: во-первых, перемещению молекул и атомов (явление массопереноса, открытое сотрудниками Института металлофизики Л.Н. Лариковым, В.М. Фальченко, В.Ф. Мазанко и специалистами ИЭС им. Е.О. Патона С.М. Гуревич, Г.К. Харченко, А.И. Игнатенко); во-вторых, упрочнению кристаллической решетки в результате увеличения плотности дефектов структуры, в первую очередь дислокаций. Кстати,ковка была предложена Н.Н. Бенардосом как дополнение к дуговой сварке с целью улучшения свойств сварного соединения. Этот прием впоследствии развивали в МВТУ им. Н.Э. Баумана, ИЭС им. Е.О. Патона — швы упрочняли ударами молота, взрывом и др. Однако эти методы не нашли реального применения. (Если не считать харалужного удара при изготовлении булатных мечей!)

● #634

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: **119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19, «Сварщик в России».**

553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564
565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576
577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588
589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600
601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612
613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624
625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636

Ф. И. О. _____
Должность _____
Тел. (_____) _____
Предприятие _____
Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2012 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 _____

Заполняется печатными буквами

Тарифы на рекламу на 2012 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		
Страница	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 5%.

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 44 287-66-02, +380 50 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com
www.welder.kiev.ua, www.welder.msk.ru

QUALITY TIME



GCE KRASS - ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

- Редукторы газовые для технических газов
- Газовые регуляторы
- Газовые горелки
- Резаки газовые
- Вентили и газовые баллоны
- Манометры
- Сварочные насадки
- Рукава резиновые для газосварочных работ
- Системы централизованного газоснабжения
- Аксессуары для сварки и резки

МЫ ЖДЕМ ВАС!

ООО «ГСЕ Красс»
194100, Россия,
Санкт-Петербург,
Ул. Кантемировская, д. 12, лит. А

Тел. в Санкт-Петербурге: +7 (812) 323-86-21, 323-86-21
officespb@gcegroupp.com
Тел. в Москве: +7 (495) 745-26-99
officemsk@gcegroupp.com
www.gcegroupp.ru, www.krass.spb.ru



ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ СВАРКИ, НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ



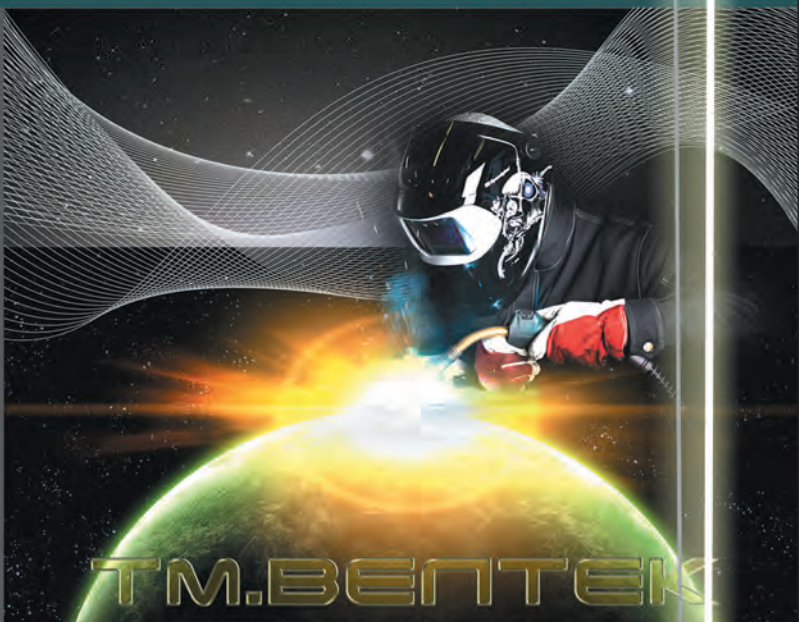
Производственная база ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» это единственный на Украине комплекс с полным технологическим циклом изготовления порошковых проволок мощностью до 5000 тн/год.

*Качество продукции
подтверждается
количеством партнеров*

03680, г.Киев, Украина,
ул.Боженко 15, оф.303,507

office@veldtec.ua
www.veldtec.ua

тел. (044) 200-86-97
факс(044) 200-84-85



ТМ.ВЕЛТЕК



КОМПАНИЯ

www.kordp.ru e-mail: kord@kordp.ru

Производство инновационного сварочного оборудования и аксессуаров серии «КОРД»



142155, МО, Подольский р-н, пос. Львовский, пр. Metallургов, д. 3

Тел./факс: (495) 996-83-99, 996-83-07, 996-60-00;

(8-4967) 60-55-61, 60-55-62



ИНВЕРТОРНЫЕ СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ «КОРД-315», «КОРД 1-250», КОРД-200»

Аппараты разработаны и серийно выпускаются ООО «Компания «КОРД». Они предназначены для сварки на постоянном токе и применяются для ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом диаметром от 1,6 до 6,0 мм.

Аппараты, как и любой инверторный источник питания, являются альтернативой обычным трансформаторам. По сравнению с последними они обеспечивают более высокое качество сварочного шва и имеют следующие преимущества:

- большую стабильность и разнообразие сварочных характеристик;
- высокий КПД;
- меньшую массу и габаритные размеры;
- высокую управляемость.

Качественная сварка во всех пространственных положениях достигается за счет формирования внешней статической характеристики путем заведения обратных связей по току и напряжению. Это дает возможность выполнять сварку сложных металлоконструкций сварщикам невысокой квалификации.

Благодаря постоянно действующему режиму «дежурная дуга» или «горячий старт» аппараты обеспечивают легкое зажигание дуги и устойчивое ее горение при любом токе в диапазоне регулировок; при изменении напряжения питающей сети в пределах от +10% до -15%; а также при длине соединительных проводов сварочной цепи до 400 м. Конструктивное и климатическое исполнение аппаратов предусматривает их работу при температурах от -40° до +45°С и относительной влажности воздуха до 98% как на производстве, так и на строительной площадке. Плавная регулировка силы тока и ее контроль по цифровому индикатору обеспечивают быструю настройку аппаратов на необходимый режим. Для качественной сварки тонкого листового материала (0,6–0,9 мм) в аппараты введен импульсный режим. Высокое качество сварки достигается за счет подбора соотношений величины и длительности тока импульса и паузы.

Аппараты имеют защиту от перегрева, от пропадания фаз питающего напряжения. Высокое качество сварочного шва обеспечивается функциями «Изменение наклона вольт-амперной характеристики», «Форсаж», «Антистик».