

TECHNOLOGY FOR THE WELDER'S WORLD.

АБИКОР БИНЦЕЛЬ – 10 лет в России

БИНЦЕЛЬ. Для каждой задачи соответствующая горелка.

Сварочные горелки АБИКОР БИНЦЕЛЬ представляют собой передовую технику и высшее качество, необходимые для выполнения различных задач при сварке.

Конструкции всех горелок продуманы до мельчайших деталей, что способствует точной и удобной работе.



МВ
охлаждаемые воздухом и жидкостью

Нагрузка 120 А до 650 А / CO₂
Ø проволоки 0,6 до 3,2 мм



ABIMIG®/RF
охлаждаемые воздухом и жидкостью

Нагрузка 160 А до 600 А / CO₂
Ø проволоки 0,6 до 2,4 мм



ABIMIG®T
охлаждаемые воздухом и жидкостью

Нагрузка 160 А до 550 А / CO₂
Ø проволоки 0,6 до 2,4 мм



**ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ
Сварочная Техника»**

129343, г. Москва, ул. Уржумская, д. 4
Тел.: (495) 221-84-81, 221-84-82,
факс: 510-64-70

E-mail: binzel-abicor@yandex.ru

www.binzel-abicor.com



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.

2 (42) 2013

март–апрель

Журнал выходит 6 раз в год.

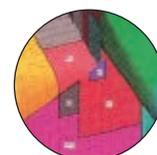
Издается с мая 2006 г.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	6
Производственный опыт	
Опыт эффективного упрочнения деталей, подвергающихся абразивному изнашиванию. <i>А.А. Гаврилов</i>	8
Технологии и оборудование	
Технологические возможности двухдуговой комбинированной сварки «плазма+МАГ». <i>В.М.Илюшенко, А.В. Ганчук, А.Н. Слободян, Д.Н. Степченко</i>	10
Новое исполнение установки для ТИГ-сварки продольных швов обечаек	15
Расчетная разрезаемость сталей, применяемых в машиностроительных конструкциях. <i>В.И. Панов</i>	16
Основы разработки технологии сварки плавлением. 1. Способы сварки. <i>Г.И.Лещенко</i>	21
Установки для нагрева крупногабаритных деталей и сварных металлоконструкций. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко, Т.Б. Золотопупова</i>	24
Технология ремонта буровых платформ с помощью сварки — анализ использования методов МКЭ. <i>Z.Mirski, P.Krasnodebski</i>	28
Высокопроизводительные сварочные системы на основе плазменных процессов. <i>А.М. Ермолин</i>	34
Наши консультации	36
Зарубежные коллеги	37
Экономика сварочного производства	
Роботизация современного промышленного производства. <i>О.К. Маковецкая</i>	40
Подготовка кадров	
Аттестация персонала и... фальшивый диплом IWE. <i>Е.П.Чвертко</i>	48
X Международный конкурс сварщиков «Золотой кубок Бенардоса»	51
Страницы истории	
История сварочного производства Уралмаша. <i>В.И. Панов</i>	52



News of technique and technologies	6
Production experience	
Experience of effective hardening of details exposed abrasive wear process. <i>A.A.Gavrilov</i>	8
Technologies and equipment	
Technological opportunities of the two-arc combined welding «plasma+ MAG». <i>V.M.II'ushenko, A.V.Ganchuk,</i> <i>A.N.Slobod'an, D.N.Stepchenko</i>	10
The new design of the plant for TIG-welding of longitudinal joints of ferrules	15
Rated cutability of steels which used in machine-building constructions. <i>V.I. Panov</i>	16
Bases of development of technology of fusion welding. 1. Ways of welding. <i>G.I.Lashchenko</i>	21
Plants for heating large-sized details and welded metal constructions. <i>V.M.Litvinov, Yu.N.Lisenko, S.A.Chumak,</i> <i>S.L.Zelenskiy, V.A.Belinskiy, S.L.Vasilenko,</i> <i>A.I.Korovchenko, T.B.Zolotopupova</i>	24
Technology of repair of chisel platforms with the help of welding — analysis of use of finite element methods (FEM). <i>Z. Mirski, P.Krasnodebski</i>	28
Highly efficient welding systems on basis of plasma processes. <i>A.M. Yermolin</i>	34
Our consultations	36
The foreign colleagues	37
Economy of welding manufacture	
Robotization of advanced industrial manufacture. <i>O.K.Makovetskaya</i>	40
Training of personnel	
Certification of the personnel and... the false diploma IWE. <i>E.P.Chvertko</i>	48
X International competition of the welders «Gold cup of Benardos»	51
Pages of a history	
The history of welding production of Uralmash. <i>V.I. Panov</i>	52

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 Г. А. Асылбек,
Т. И. Коваленко

Верстка и дизайн Т. Д. Пашигорова

Адрес редакции 119049, 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», 2013

Подписано в печать 09.04.2013. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

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

Заказ № П000003903 от 08.04.2013.

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 44 200 8014, 287 6502

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

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

Опыт эффективного упрочнения деталей, подвергающихся абразивному изнашиванию

А.А. Гаврилов

Освещен опыт износостойкой наплавки быстроизнашивающихся деталей смесителя модели WM2-70 фирмы KUNKEL-WAGNER (Германия) вместимостью до 2000 кг, предназначенного для подготовки песчано-глинистых формовочных смесей для литейного производства. Разработанная технология может иметь практическое применение для наплавки различных деталей и оборудования.

Технологические возможности двухдуговой комбинированной сварки «плазма+МАГ»

В.М. Илюшенко, А.В. Ганчук, А.Н. Слободян, Д.Н. Степченко

Рассмотрены результаты выполненных в ИЭС им. Е.О.Патона исследований по изучению технологических возможностей комбинированного процесса двухдуговой сварки. Даны режимы комбинированной сварки, особенности применяемых плазматрона и МАГ-горелки. Приведена схема сварки с использованием комбинированного процесса «плазма + МАГ».

Основы разработки технологии сварки плавлением

Г.И. Лащенко

Рассмотрены основные способы сварки, различающиеся по характеру защиты, особенностям введения теплоты, степени автоматизации процесса. Дана классификация способов сварки плавлением. Приведены способы дуговой сварки плавящимся электродом, которые могут быть осуществлены путем применения различных методов защиты зоны сварки и вариантов питания дуги.

Установки для нагрева крупногабаритных деталей и сварных металлоконструкций

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко, Т.Б. Золотопупова

Описано разработанное ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» и ПАО «НКМЗ» и внедренное в производство новое оборудование для нагрева крупногабаритных заготовок и металлоконструкций. Приведены характеристики газовоздушных горелок; установок для термической правки сварных металлоконструкций; для предварительного и сопутствующего подогрева при наплавке поверхности тел вращения массой до 100 т; для разогрева стаканов-дозаторов промежуточного ковша МНЛЗ; для подогрева прокатных валков перед наплавкой и др.

Технология ремонта буровых платформ с помощью сварки — анализ использования методов МКЭ

Z. Mirski, P. Krasnodebski

В статье польских специалистов рассмотрены материалы для изготовления оффшорных конструкций, технология подводных работ. Приведены примеры ремонта морских плавающих платформ и критерии выбора способа ремонтных работ.

Роботизация современного промышленного производства

О.К. Маковецкая

Дан обзор рынка промышленных роботов (ПР) за 2011 г. Приведено количество ежегодных продаж ПР; общая их численность (парк) всех типов и назначений в регионах мира в 2010–2011 гг. и прогноз на 2012 и 2015 гг.; количество ежегодно устанавливаемых и общая численность сварочных ПР всех типов и назначений в мире в 2008–2010 гг. Дана оценка уровня роботизации отраслей общего машиностроения по объему годовых продаж ПР в 2011 г.

В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ...

Основы разработки технологии сварки плавлением

Г.И. Лащенко

В продолжение предыдущей части статьи рассмотрены основные способы защиты зоны сварки. Приведены способы сварки неплавящимся электродом. Дана характеристика и области применения вольфрамовых электродов. Описаны типы переноса металла электрода в защитных газах и диапазон сварочных токов и напряжений на дуге при различных типах переноса металла.

Расчетная разрезаемость сталей, применяемых в машиностроительных конструкциях

В.И. Панов

Дана классификация конструкционных сталей по разрезаемости. Приведены условия разрезаемости конструкционных сталей (применительно к ремонтной сварке). Рассмотрены газовая и кислородная резка сталей, процесс образования трещин и их устранения.

Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких сплавов

Г.Н. Соколов, И.В. Зорин, А.А. Артемьев

Описана новая технология ЭШН, в которой предусмотрено использование токоподводящего кристаллизатора и широкого спектра присадочных и электродных материалов. Даны результаты анализа применяемых методов физического и математического моделирования протекающих электромагнитных и других физико-химических процессов при исследовании технологических способов ЭШН.

Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова

Описаны новые разработанные и внедренные в производство резаки РГКМ-3 и РГКМ-5 для механизированной машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм. Дана их техническая характеристика, их технологические возможности. Приведены результаты применения мундштуков, рассчитанных на различную толщину разрезаемых заготовок.

Производственный шум. Часть 1

О.Г. Левченко, В.А. Кулешов

Рассмотрены вопросы воздействия шума на организм человека, физическая природа шума. Описаны параметры, исследование которых необходимо для защиты работающих от шума: изменение силы звука при распространении, взаимодействие звуковой волны с границами раздела сред, поглощение звука, восприятие шума человеком.

... И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

Прибор ТТФ+ для неразрушающего контроля трубопроводов

Прибор ТТФ+ для неразрушающего контроля трубопроводов компании Plant Integ-



Техническая характеристика:

Диаметр трубы, мм. 38–800
 Толщина трубы, мм 44
 Допустимая температура поверхности трубы, °С От –20 до +125
 Материал труб. . . Перлитная, аустенитная сталь и другие металлы
 Минимальный зазор для установки кольца с преобразователями, мм 65 (42 мм для колец MiniTest)
 Время на сбор и анализ данных для одного положения кольца, мин. 15
 Тип используемых волн Продольные и торсионные (крутильные)
 Разрешающая способность. 100 мм вдоль трубы
 Минимальная чувствительность 2% площади поперечного сечения трубы
 Регулировка коэффициента усиления, дБ. 1–120 с шагом 1 дБ
 Стандартная зона контроля от места установки, м ±30 (при идеальных условиях до ±180)
 Производительность, м/день От 500

rity Ltd. (Великобритания), в основу действия которого положен длинноволновый метод LRUT (Long Range Ultrasonic Technology) позволяет проводить 100% контроль труб без снятия изоляции и обнаруживать такие дефекты, как коррозия, эрозия, кольцевые трещины на внутренней и внешней поверхности трубы.

Для проведения контроля необходим доступ к небольшому участку трубы без изоляции (0,5 м) для установки кольца с ультразвуковыми преобразователями, которые создают сплошной фронт волны, обеспечивающий 100% покрытие окружности трубы. Контроль проводят без использования контактной жидкости, через краску, зачистка поверхности не требуется. Акустический контакт обеспечивается кольцом со встроенной надувной камерой путем прижатия преобразователей к трубе.

Результаты контроля сохраняют в компьютере для дальнейшего анализа, составления отчетов, создания базы данных сигналов.

Система для диагностики трубопроводов ТТФ+ внесена в Государственный реестр средств измерений и допущена к применению в Российской Федерации.

В состав системы входят:

- электронный блок;
- ноутбук с установленным программным обеспечением WaveScan для управления прибором и анализа результатов контроля;
- модули с преобразователями;
- кольца со встроенной надувной камерой для крепления модулей.

Диагностика с помощью прибора ТТФ+ имеет следующие преимущества:

- возможность контроля трубопроводов без снятия изоляции и без вывода их из эксплуатации;
- 100 % контроль материала трубы;
- возможность фокусировки ультразвуковой волны для оценки распределения коррозии по окружности трубопровода;
- контроль участков труб, для которых стандартные методы контроля не применимы (контроль трубопроводов под дорогами, реками, труб в стенах и т. п.);
- встроенный аккумулятор рассчитан на 12 ч непрерывной работы;
- автоматический расчет параметров контроля в зависимости от размеров трубы;
- автоматическая самопроверка перед проведением контроля.

● #666

ООО «Панатест» (Москва)

Установка для автоматической МИГ/МАГ сварки кольцевых швов осветительных опор

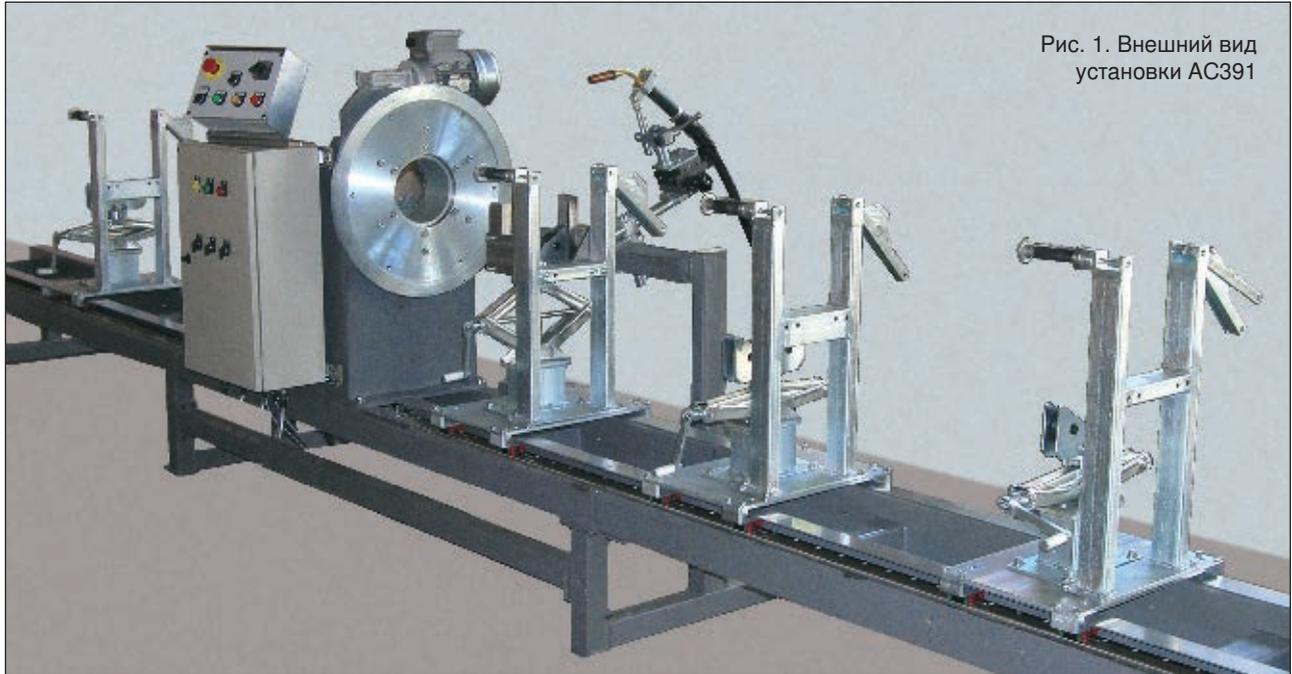


Рис. 1. Внешний вид установки АС391

Установка АС391 предприятия «НАВКО-ТЕХ» предназначена для автоматической дуговой сварки плавящимся электродом поворотных кольцевых швов соединений элементов осветительных опор и подобных им изделий длиной до 8 000 мм, изготавливаемых из труб с наружным диаметром от 42 до 159 мм (рис. 1).

Свариваемые элементы укладывают на регулируемые по высоте ложементы, конструкция которых обеспечивает прямолинейность и соосность изделий, свариваемых из труб разных диаметров. Вращательный момент передается к изделию токарным патроном, закрепленным на планшайбе. Вращатель имеет полый вал, отверстие в котором позволяет пропускать через него трубы всех диаметров.

После выполнения очередного шва, сваренные элементы изделия перемещают вручную вдоль его оси. Это позволяет выполнять сварку всегда в одной зоне вблизи точки фиксации на планшайбе.

Сварочная горелка может быть быстро переориентирована для сварки как стыковых соединений труб, так и угловых швов соединений труб с фланцами (рис. 2).

Подвод горелки в зону сварки и ее отвод выполняется пневмоприводом.

Установка обеспечивает:

- программное управление всеми механизмами и устройствами оборудования, а



Рис. 2. Кольцевой шов соединения трубы с фланцем

также диагностику их состояния от контроллера;

- контроль положения горелки, планшайбы вращателя и давления в пневмосети;
- возможность быстрой переналадки механизмов установки под сварку труб разного диаметра и длины;
- возможность установки прихватки в точке, противоположной точке начала сварки кольцевого шва, при сборке свариваемых элементов.

Установка АС391 изготовлена по заказу и эксплуатируется на ООО «Славсвет» (Симферополь).

● #667

www.navko-teh.kiev.ua

Опыт эффективного упрочнения деталей, подвергающихся абразивному изнашиванию

А.А. Гаврилов, ПАО «Кременчугский сталелитейный завод»

На литейных предприятиях для получения качественных отливок важное значение имеет подготовка формовочных смесей, которая осуществляется в специальных смесителях. При работе детали смесителей подвергаются интенсивному изнашиванию потоками абразивных масс. Детали защищают от изнашивания нанесением на них износостойкого покрытия. При этом от выбора наплавочных материалов зависят продолжительность работы деталей и межремонтный период эксплуатации оборудования.

В настоящей статье освещен опыт износостойкой наплавки быстроизнашивающихся деталей смесителя модели WM2-70 фирмы KUNKEL-WAGNER (Германия) вместимостью до 2000 кг. Смеситель предназначен для подготовки песчано-глинистых формовочных смесей для литейного производства.

Корпус смесителя представляет собой емкость, в нижней части которой установлен центральный трехлопастной узел вращения. Каждая лопасть (рис. 1) состоит из пяти сменных элементов — быстроизнашивающихся листов. Имеются также две верхние турбины с легко заменяемыми лопатками. Цикл перемешивания составляет 200 с. Смеситель обеспечивает непрерывный режим работы формовочных линий. В процессе эксплуатации наибольшему изнашиванию подвергаются внешние кромки лопаток (рис. 2) и быстроизнашивающихся листов, изготовленных из низкоуглеродистой стали. С целью их защиты рабочие кромки наплавлены износостойким материалом (рис. 3).

Как показала практика, общая степень износа деталей не позволяет выполнить их восстановление путем повторной наплавки, а требует только замены. Наплавка является ключевым фактором, так как интенсивность воздействия абразива такова, что деталь без наплавки может проработать не более суток. Ресурс работы оригинальных деталей смесителя — около одного года, что говорит о применении специального наплавочного материала с высокой стойкостью к абразивному изнашиванию.

Была поставлена задача изготовления быстроизнашивающихся деталей смесителя (рис. 4) собственными силами. Для этого разработана конструкторская документация на изготовление деталей с применением электродуговой наплавки. В работе использовались наплавочные электроды отечественного производства марки Т-620, а также их зарубежные аналоги UTP Ledurit 61. Срок службы наплавленных деталей соста-



Рис. 1.
Лопасть
центрального
узла
вращения
смесителя
WM2-70



Рис. 2. Степень износа лопаток смесителя: вверху — лопатка, наплавленная Technodur GN через 3 месяца эксплуатации; внизу — лопатка, наплавленная электродом Т-620, через 1 неделю эксплуатации

вил в среднем: для Т-620 — 1 неделю, для электродов Ledurit — 1 месяц. Была выполнена экспериментальная наплавка сормайтом, но результат оказался на уровне электродов Т-620. Полученные результаты по стойкости значительно уступали стойкости оригинальных деталей смесителя.

Успешным решением стало опробование нового наплавочного материала Technodur GN французской компании Technogenia. Компания специализируется в области производства износостойких покрытий с повышенным содержанием карбида вольфрама, а также разрабатывает технологии их нанесения на металлические поверхности для защиты или восстановления эксплуатируемого оборудования.

Применяемый материал представляет собой гибкий шнур диаметром от 4 до 8 мм. Шнур состоит из проволочного сердечника с нанесенным на него толстым слоем карбида вольфрама на основе никель-хромовой матрицы. Технология наплавки достаточно проста и не требует специальной профессиональной подготовки. На поверхность детали материал наносится путем его расплавления пламенем ацетилено-кислородной горелки.

В работе применялась горелка средней мощности марки ГЗ для газовой сварки с наконечником №4. Диаметр используемого гибкого шнура Technodur GN 6 мм. Толщина наплавленного слоя 2–4 мм. При этом для улучшения процесса наплавки обязательным условием является тщательная предварительная подготовка поверхности детали путем зачистки ее до металлического блеска. Наличие окалины и любых других загрязнений существенно усложняют процесс наплавки.

Режимы наплавки:

Давление, МПа:

кислорода 0,5

ацетилена 0,05

Коэффициент расхода материала 1,0

Ориентировочный расход

материала Technodur GN

диаметром 6 мм, кг/см² 0,0025

Наплавленная поверхность обеспечивает твердость по Виккерсу 1800–2200. В итоге фактический срок службы деталей около 10 мес, что стало сопоставимым со сроком службы оригинальных деталей. При осмотре деталей после эксплуатации в течение этого срока было установлено, что степень износа наплавленных поверхностей незначительна.



Рис. 3. Рабочие кромки лопатки, наплавленные материалом Technodur GN



Рис. 4. Быстроизнашивающийся лист с наплавкой рабочей кромки, выведенный из эксплуатации после чрезмерного износа основной поверхности

С целью определения возможности внедрения данного материала выполнен экономический расчет и, несмотря на сравнительно высокую его стоимость, получен положительный результат. Внедрение материала Technodur GN позволило в целом значительно снизить затраты, связанные с обслуживанием смесителей. По результатам исследований и расчетов была разработана технология наплавки и принято решение о ее применении для деталей других видов оборудования.

● #668

Технологические возможности двухдуговой комбинированной сварки «плазма+МАГ»

В.М. Илюшенко, канд. техн. наук, А.В. Ганчук, А.Н. Слободян, Д.Н. Степченко,
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

Одним из перспективных направлений повышения эффективности и расширения технологических возможностей дуговой сварки является применение комбинированных и гибридных источников сварочного нагрева. Это, в первую очередь, использование различных комбинаций дуг с плавящимся и неплавящимся электродами, а также гибридные способы с применением высококонцентрированных источников теплоты, таких как лазерный и электронный луч или сжатая (плазменная и микроплазменная) дуга.

В настоящей работе приведены результаты выполненных в ИЭС им. Е.О. Патона исследований по изучению технологических возможностей комбинированного процесса двухдуговой сварки, сущность которого заключается в следующем (рис. 1).

Первая по ходу движения сжатая дуга прямого действия (плазменная сварка) обеспечивает сквозное проплавление при-

тупления кромок и формирование корневого шва на весу. Расположенная на определенном расстоянии L вторая дуга плавящегося электрода (МАГ-процесс) служит для заполнения разделки и формирования шва в целом. Такое тандемное расположение горелок обусловлено необходимостью исключить магнитное взаимодействие дуг и возможность забрызгивания и засорения плазмотрона.

Экспериментальные исследования выполняли на стенде, оборудованном:

- плазмотроном для сварки типа ПЛЗ7-01, обеспечивающем выполнение плазменной сварки на токах до 350 А (разработан и изготовлен в ИЭС им. Е.О. Патона);
- горелкой для сварки в защитном газе типа ГС-01 на один электрод или ГС-02 (на два электрода) с универсальным по-

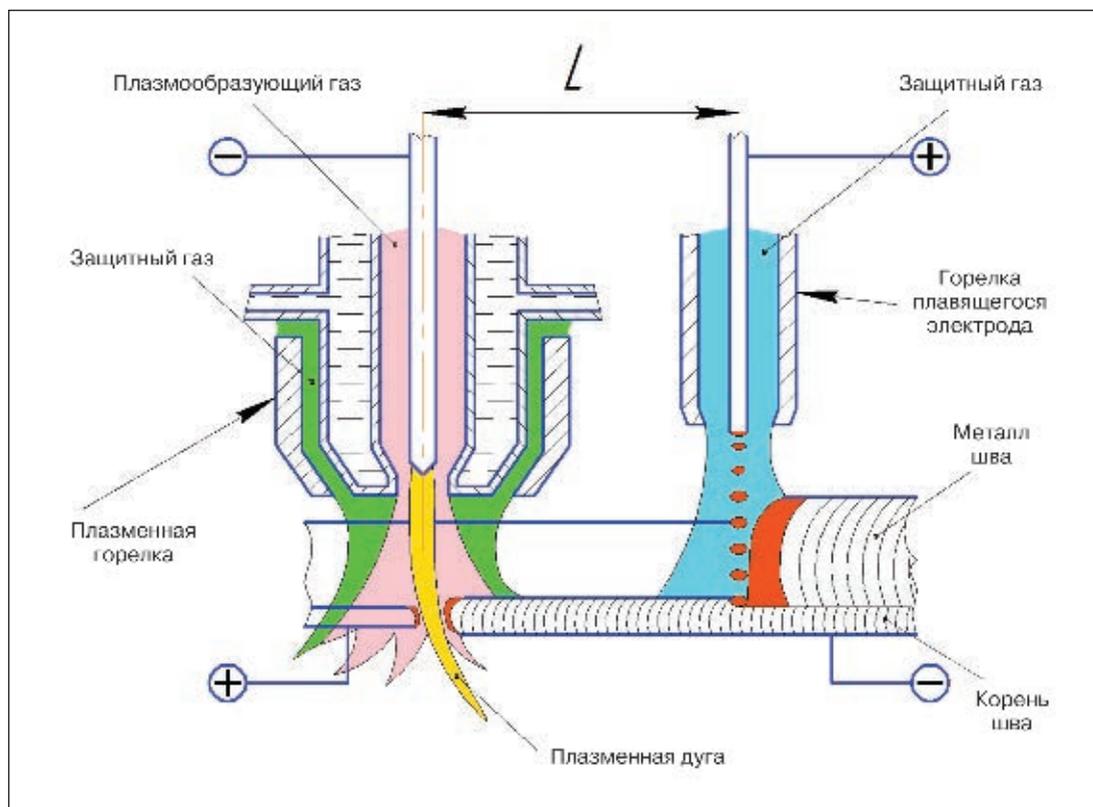


Рис. 1.
Схема комбинированной сварки «плазма + МАГ»



Рис. 2. Внешний вид и макрошлиф стыкового шва

дающим механизм, обеспечивающим подачу одной или двух электродных проволок в плавно регулируемом диапазоне 100–1000 м/ч (разработаны и изготовлены в ИЭС им. Е.О. Патона);

- подвижным сварочным столом для закрепления свариваемого образца и перемещения его с плавной регулировкой скорости сварки в диапазоне до 60 м/ч;
- сварочным выпрямителем типа ВД506-ДК с падающими характеристиками и плавной регулировкой силы тока для питания плазменной дуги;
- источником питания дежурной дуги плазмотрона (разработан и изготовлен в ИЭС им. Е.О. Патона);
- инверторным сварочным выпрямителем типа ВИСв-600 с жесткими внешними характеристиками и плавной регулировкой силы тока в диапазоне 50–600 А для питания МАГ-дугой (совместная разработка ООО «Сварконтакт» и ИЭС им. Е.О. Патона);
- измерительно-регистрационным комплексом для записи и анализа параметров процесса сварки на базе АЦП ADA-1406;
- пультом управления и индикации;
- газовой аппаратурой для регулировки расхода плазмообразующего и защитного газов.

В качестве плазмообразующего газа использовали аргон, в качестве защитного газа при плазменной сварке — аргон и смесь MIX-1, при МАГ-сварке — углекислый газ CO₂ и смесь MIX-1. При МАГ-процессе применяли омедненную сварочную проволоку Св-08Г2С диаметром 1,2–2,0 мм. Материал свариваемых образцов — низкоуглеродистая горячекатаная сталь Ст20, 09Г2С и др. толщиной 6–20 мм.

В результате исследований установлено, что комбинированный процесс сварки «плазма+МАГ» может быть использован

исключительно для сварки односторонних стыковых соединений. Это обусловлено тем, что плазменная дуга, которая работает в режиме сквозного проплавления (key-hole), требует свободного выхода плазмы в корневой части шва. Таким образом, данный процесс можно использовать при сварке стыковых швов двух типов: прямолинейные на горизонтальной плоскости и кольцевые поворотные швы трубных соединений.

Диапазон толщин свариваемого металла находится в пределах от 6 до 16 мм. Это связано с тем, что при меньших толщинах комбинированная сварка «плазма + МАГ» нерациональна (применяют традиционные однодуговые процессы), а при больших — трудно обеспечить качественную плазменную сварку корневого шва на большом вылете.

Техника комбинированного процесса предусматривает, что начало и окончание сварки стыковых швов выполняют на выводных планках. Толщина выводных планок равна величине притупления, а их длина должна быть на 20–30 мм больше размера L (см. рис. 1). На кольцевых швах выполняют стандартное перекрытие с заваркой кратера МАГ-дугой.

Стыковые швы сваривали на образцах с V-образной разделкой с углом раскрытия кромок $70 \pm 5^\circ$ и притуплением, величина которого устанавливалась из расчета оптимального режима работы плазменной дуги и в зависимости от толщины свариваемых листов и составила 3–5 мм.

Особенностью данного комбинированного процесса является то, что скорость сварки всецело определяется условиями формирования корневого шва и, как показали опыты, находится в пределах 16–20 м/ч. На рис. 2 показан внешний вид и макрошлифы шва на металле толщиной 12 мм, выполненного с помощью данного процесса. обрабо-

Таблица. Режимы комбинированной сварки

Толщина свариваемого материала δ , мм	Притупление h , мм	Скорость сварки v , м/ч	Плазма-процесс		МАГ-процесс		Примечания
			I, А	Диаметр сопла, мм	I, А	U, В	
8	3	20	160	3,0	200	24	Один электрод диаметром 1,2 мм
10	3	19	170	3,0	190	25	Один электрод диаметром 2,0 мм
12	3	16	180	3,0	230	26	
12	4	19	210	3,0	275	26	Два электрода диаметром 1,2 мм
14	4	16	230	3,2	310	28	
16	4	16	245	3,2	350	29	

Рис. 3. Моноблок горелок для комбинированной сварки «плазма + МАГ»



Рис. 4. Зетобразный профиль, сваренный с помощью комбинированного процесса

таные режимы сварки металла толщиной 8–16 мм приведены в таблице.

Для реализации двухдуговой комбинированной сварки «плазма + МАГ» разработано специализированное оборудование. Особенности применяемого сварочного плазмотрона ПЛ37-01 являются:

- качественное охлаждение сопла без непосредственного контакта с водой;
- повышенная стойкость к загрязнению брызгами и сварочными аэрозолями;
- ориентация на свариваемый стык с помощью лазерного указателя.

Плазмотрон и МАГ-горелка объединены в один моноблок (рис. 3), который можно крепить на сварочном автомате, тракторе или роботе.

Применение в составе моноблока одной или двухэлектродной МАГ-горелки связано с тем, что при необходимости заполнения разделки большим количеством присадочного металла сварка одной проволокой, расположенной по оси шва, может привести к прожогам корневого слоя. Две проволоки, расположенные поперек шва на расстоянии 5–7 мм друг от друга и работающие от одного источника в режиме расщепленного электрода, устраняют эту опасность и обеспечивают необходимое формирование шва.

Двухдуговая сварка с использованием комбинированного процесса успешно опробована на макетном образце стыкового соединения зетового профиля, используемого при изготовлении хребтовых балок железнодорожных полувагонов (рис. 4). По сравнению с применяемой в настоящее время технологией многопроходной механизированной сварки комбинированный процесс однопроводной сварки обеспечивает повышение производительности в 2,5–3 раза.

Таким образом, использование комбинированной сварки «плазма + МАГ», сочетающей два одновременно действующих источника сварочного нагрева, расширяет технологические возможности однопроводной сварки металла средних толщин (до 16 мм), обеспечивает повышение производительности сварочных работ и может быть рекомендовано для широкого применения при производстве сварных конструкций в различных отраслях промышленности. ● #669



Надежное оборудование для сварки и плазменной резки:



**Установка плазменной резки
УПР-151УЗ**

- бесконтактное (осцилляторное) зажигание дуги;
- резка металла толщиной до 50мм;
- три ступени тока резки - 50А, 90А и 150А;
- продолжительный режим работы.



**Выпрямитель для сварки
и плазменной резки ВДПР-306УЗ**

- контактное зажигание дуги;
- резка металла толщиной до 25мм;
- резка тонких листов толщиной 0,5-1,5 мм;
- сварка постоянным током 70 - 315А.



**Агрегат для сварки и плазменной
резки АДПР-2x2501ВУ1**

- контактное зажигание дуги;
- два поста ручной дуговой сварки по 250А или один пост плазменной резки;
- разделительная резка металлов толщиной до 25мм;
- встроенные компрессор с ресивером;
- вспомогательный генератор на 6кВт, 380В, 50Гц;
- встроенный термопепал на 8 кг электродов.

**Для механизированной резки труб
с формированием разделки:**



Машинка для резки труб МРТ-01

- предназначена для газовой или плазменной резки стальных труб с наружным диаметром от 219 до 1420мм в полевых условиях;
- малогабаритная, вес 3,8кг;
- ручной привод от гибкого вала;
- перемещается по цепи;
- быстрая доставка к месту проведения работ и установка на трубу;
- резка под углом к поверхности трубы.

Все установки имеют систему подготовки воздуха: регулятор давления, фильтры очистки воздуха.
Температура эксплуатации от -40 до +40°С.

Учебный центр ЗАО "Уралтермосвар" предлагает свои услуги в обучении Ваших специалистов работе на выпускаемом заводе оборудовании.

ГАЗОПЛАМЕННАЯ АППАРАТУРА ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАРКИ НОРД-С®

ГАЗОПЛАМЕННАЯ АППАРАТУРА,
ПРОВЕРЕННАЯ ВРЕМЕНЕМ!

КАЧЕСТВО ПО ДОСТУПНОЙ ЦЕНЕ!



Полная информация
у официальных дилеров,
в специализированных
магазинах и на сайте:
www.nord-s.com

Сделано в России. Не содержит китайских комплектующих.
Вся продукция сертифицирована.
НОРД-С® - зарегистрированный товарный знак (знак обслуживания)

ЧАО «Спецсплав»

Украина, г. Днепропетровск, ул. Курсантская, 1А
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.

ЧАО АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
VISTEC ВИСТЕК



- **Производство электродов:**
АНО-4; АНО-21; АНО-36; VISWELD E6013
MP-3; УОНИ 13/45; УОНИ 13/55

ул. Артема, 6, г. Артемовск,
Донецкая область, 84500, Украина
Тел.: +38 (062) 340-19-11, 341-13-42; (0627) 44-02-50
Факс: +38 (062) 340-19-10; +38 (0627) 44-02-50
e-mail: office@vistec.dn.ua

www.vistec.com.ua



Новое исполнение установки для ТИГ-сварки продольных швов обечаек

Предприятие «НАВКО-ТЕХ» постоянно совершенствует производимое им сварочное оборудование и предлагает новое исполнение установки АС333 (рис. 1) для автоматической сварки неплавящимся электродом в среде аргона продольных швов тонкостенных обечаек из нержавеющей сталей толщиной от 0,4 мм и выше (рис. 2). Три модификации установки позволяют сваривать обечайки длиной 500, 1000 и 1500 мм и диаметром соответственно от 40, 70 и 100 мм и более (на установках можно сваривать и плоские листы).



Рис. 1. Общий вид нового исполнения установки АС333

Принцип действия установки остался прежним: сварка выполняется на медной охлаждаемой жидкостью подкладке с клавишным прижатием свариваемых кромок, с дополнительной защитой хвостовой части сварочной ванны и поддувом аргона с обратной стороны шва. Установку комплектуют устройством УП4 подачи присадочной проволоки для сварки безникелевых сталей и обечаек толщиной свыше 1,0 мм.

Модернизация коснулась, прежде всего, средств управления установкой. Применен более «мощный» контроллер, что позволяет непосредственно с панели (рис. 3) оператора:

- задавать, контролировать и редактировать реальную скорость сварки;
- задавать длину сварного шва (мм);
- вести учет количества сваренных обечаек;
- задавать величину отступа шва с краев обечайки (мм);
- контролировать состояние исполнительных механизмов установки и управлять ими в ручном режиме;
- задавать временные задержки на включение/выключение процесса сварки, подачи и реверса присадочной проволоки, продувки газа, подъема/опускания горелки, а также программировать сварочный источник.



Рис. 2. Внешний вид сварного шва



Рис. 3. Панель оператора установки АС333

При неправильных действиях оператора или возникновении неисправности на экране панели оператора появляется сообщение с подсказкой к дальнейшим действиям.

По-новому выполнен упор, ориентирующий кромку обечайки. Если раньше его перемещали вручную, то теперь приводят в действие с помощью пневматики. Это облегчило труд сварщика и исключило опасность поломки горелки при опущенном упоре.

На новой элементной базе сделан механизм перемещения горелки, улучшены эксплуатационные характеристики установки. Она стала проще в обслуживании.

Новшества положительно оценены на многих предприятиях Украины, России и Беларуси.

• #670

Публикуется на правах рекламы.

ООО «НАВКО-ТЕХ»
т. +380 44 456-40-20, ф. 456-83-53
www.navko-teh.kiev.ua

Расчетная разрезаемость сталей, применяемых в машиностроительных конструкциях

В.И. Панов, д-р техн. наук, ОАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург)

При производстве стальных металлических конструкций газокислородная резка (в данном случае под ней понимается и резка с применением горючих жидкостей) является одним из ведущих технологических процессов. С ее помощью выполняют отделочные работы на отливках (обрезка прибылей, литников, питателей, облоя и т.п.) и удаляют металлургические дефекты (трещины, пористость, спай и др.); вырезают заготовки из проката, отливок, поковок; проводят подгоночные сборочные операции; удаляют дефекты сварных швов; разрезают конструкций на металлом и др. Она же в подавляющем большинстве случаев является единственным способом удаления трещин и других дефектов при восстановлении работоспособности вышедшего из строя оборудования в процессе эксплуатации.

Пределы разрезаемых толщин для различных металлов достаточно широки. Для сталей они составляют от 3 до 2000 мм. Практически возможна резка стали толщиной свыше 2 м при применении специальных способов резки (кислородным или кислородно-порошковым копьем).

Выбору технологических режимов сварочных операций с помощью эквивалента углерода $C_{эКВ}$ в сварочной науке и практике уделяется большое внимание, несмотря на относительный характер этого показателя. Его выбор в качестве критерия, характеризующего химический состав разрезаемого металла, имеет ряд преимуществ. В частности, величина $C_{эКВ}$ позволяет обоснованно оценивать структуру участка перегрева зоны термического влияния и по ней определять вероятность образования горячих и холодных трещин.

В разработке математических моделей эквивалента углерода существуют два подхода. Первый учитывает раздельное влия-

ние каждого из элементов, входящих в состав стали:

$$C_{эКВ} = C + Mn/k_{Mn} + Si/k_{Si} + Cr/k_{Cr} + Ni/k_{Ni} + Mo/k_{Mo} + V/k_V + Cu/k_{Cu} + P/k_P,$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, Cu, P — массовые доли химических элементов; k_{Mn} , k_{Si} , k_{Cr} , k_{Ni} , k_{Mo} , k_V , k_{Cu} , k_P — коэффициенты влияния упомянутых химических элементов на $C_{эКВ}$.

Второй подход учитывает совместное влияние некоторых элементов:

$$C_{эКВ} = C + 0,155 (Cr + Mo) + 0,14 (Mn + V) + 0,11 Si + 0,045 (Ni + Cu).$$

Последний подход положен в основу хорошо известной формулы разрезаемости

$$C_{эКВ} = C + 0,16Mn + 0,3 (Si + Mo) + 0,4Cr + 0,2V + 0,04 (Ni + Cu).$$

Это позволило разработать группы (категории) разрезаемости сталей (табл. 1).

По этой формуле была подсчитана разрезаемость 83 марок сталей, применяемых в тяжелом машиностроении (в работе принял участие техник Т.В. Копылов). Установлено, что она подлежит значительной корректировке, так как не учитывает многие специфические особенности машин этого класса.

К первой группе относят стали с невысокими механическими свойствами, которые применяют для неответственных конструкций (стали 15–25, Ст3 и др.).

Стали средней, повышенной и высокой прочности (09Г2С, 10ХСНД, 14Х2ГМР, 17ГС и др.), широко используемые в ответственных сварных конструкциях, занимают промежуточное положение между первой и

Таблица 1. Классификация конструкционных сталей по разрезаемости

Группа разрезаемости стали	Содержание углерода, С, %	Эквивалент углерода $C_{эКВ}$, %	Технологический режим
1	0,3	0,65	Резку производят без ограничений, без предварительного подогрева и последующей термической обработки
2	0,31–0,5	0,66–0,9	Резка при подогреве не ниже 120°С
3	0,51–0,8	0,91–1,25	Возможно образование закалочных трещин. Подогрев до 200–300°С
4	Свыше 0,81	Свыше 1,25	Возможно образование закалочных трещин. Подогрев до 300–450°С

второй группами разрезаемости. С одной стороны, содержание С в них не превышает 0,3%, с другой стороны, значение эквивалента углерода может быть более 0,61%. Однако вырезку заготовок из листового проката толщиной до 100 мм и выше осуществляют без предварительного подогрева и последующей термической обработки.

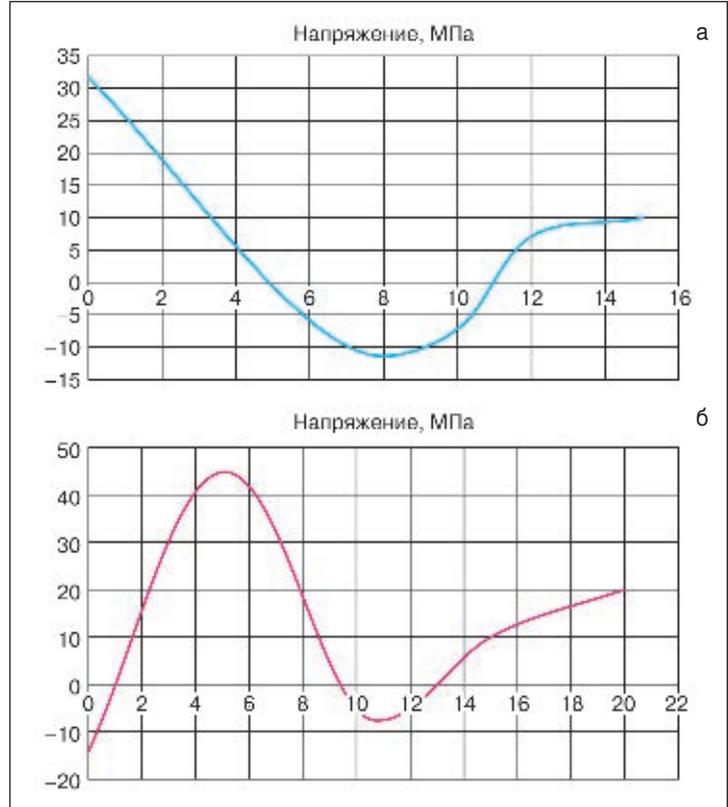
В зависимости от значения эквивалента углерода свариваемость сталей характеризуется как хорошая, удовлетворительная, ограниченная и плохая. Для магистральных трубопроводов диапазон $C_{ЭКВ}$ от хорошей свариваемости до плохой колеблется от 0,2 до 0,41%, в то время как для машиностроительных конструкций от 0,5 до 0,9%.

Ремонтной сварке подвергают и детали, изготовленные из так называемых трудно свариваемых сталей ($C_{ЭКВ} > 0,7\%$), применять которые в сварных конструкциях не рекомендуют. После удаления дефектов газовой резкой на участке перегрева зоны термического влияния неизбежно образуются закалочные структуры, а возможности их устранения последующей термической обработкой не всегда имеются (детали после завершающей механической обработки, разрушение узлов в процессе эксплуатации и др.).

Разрезаемость сталей, как и их свариваемость, оценивают по склонности ЗТВ к образованию трещин, что определяется структурой металла после воздействия на нее источника теплоты (газового пламени, электрической дуги). При резке не всегда можно осуществить предварительный и сопутствующий подогрев всей конструкции. При ремонтной сварке разделок, полученных путем удаления дефектов газовой резкой, необходимо считаться с наличием закаленной структуры в ЗТВ. Для принятия конструкторско-технологических решений по выполнению ремонтной сварки надо знать величину $C_{ЭКВ}$.

Можно предположить, что формула разрезаемости сталей осталась неизменной. Достаточно сказать, что первую модель оценки свариваемости по $C_{ЭКВ}$ разработали Deardent и O'Neil в 1940 г.

По данным автора, в настоящее время насчитывается более 50 моделей расчета $C_{ЭКВ}$. Каждый исследователь применяет их по своему усмотрению. Однако, с нашей точки зрения, надо придерживаться руководящих материалов. В ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций» и в ГОСТ 192811-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» предложено



$$C_{ЭКВ} = Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2.$$

Широкое распространение получила формула Международного института сварки (МИС), рекомендованная европейским стандартом EN 1011-2:2001 «Рекомендации по сварке металлических материалов»:

$$C_{ЭКВ} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

Газокислородная резка сталей больших толщин имеет ряд специфических особенностей. Одна из них — насыщение поверхности реза углеродом, которое носит диффузионный характер. Протяженность такого участка — не более 0,1–0,25 мм. В незакаливающихся сталях (до 0,27% С) максимум растягивающих напряжений достигается на поверхности реза (рис. 1, а), поскольку отсутствуют объемные изменения от внутренних структурных превращений. Это может вызвать образование сетки поверхностных холодных трещин глубиной 0,1–0,2 мм.

В закаливаемых сталях (более 0,27% С и наличие легирующих элементов) напряжения на поверхности реза носят сжимающий характер, максимальные значения напряжений наблюдаются в закаленных участках (рис. 1, б). Увеличение объема закаленного слоя при образовании мартенсита способствует возникновению внутрен-

Рис. 1. Изменение напряжения в зоне термического влияния: а — сталь, не склонная к закалке; б — сталь, склонная к закалке

них структурных напряжений. На эти напряжения накладываются тепловые (температурные) напряжения, вызываемые неравномерным нагревом и охлаждением разрезаемого металла. Совместное действие обоих видов напряжений создает условия для образования трещин.

Предварительный подогрев способствует уменьшению скорости охлаждения и в ряде случаев уменьшению напряжений, вызванных структурными превращениями. Кроме того, предварительный подогрев дает возможность управлять физико-химическими и металлургическими процессами, протекающими во время резки.

В теории сварочных процессов разработаны модели, в которых эквивалент углерода $C_{\text{экв}}$ позволяет установить зависимость температуры предварительного подогрева не только от химического состава, но и от толщины разрезаемого металла. Для этой цели рассмотрим методику Д. Сефериана. В ней имеется понятие «полный коэффициент углерода» $[C] = C_{\text{экв}} C_p$, который состоит из химического $C_{\text{экв}}$ и размерного C_p эквивалентов углерода. В свою очередь химический элемент рассчитывается как

$$360C_{\text{экв}} = 360 + 40(Mn + Cr) + 20Ni + 20Mo,$$

а размерный — $C_p = (1 + 0,005S)$, где S — толщина свариваемых листов, 0,005 — коэффициент, полученный экспериментально.

Температура подогрева

$$T_H = 350\sqrt{[C]} - 0,25.$$

Коэффициент 350 представляет собой усредненную температуру мартенситного превращения, а коэффициент 0,25 означает верхнее содержание углерода.

Предложено расширить применение этой очень популярной методики и температуру предварительного подогрева определять как

$$T_{\text{III}} = M_H \sqrt{[C]} - C_1,$$

где M_H — температура начала образования

мартенсита при распаде переохлажденного аустенита, °С; C_1 — верхнее содержание углерода данной марки стали.

Известно, что возможность появления участков закаленной структуры, обладающих повышенной склонностью к образованию трещин, связана с температурой мартенситного превращения M_H . Ее можно определить по диаграммам распада аустенита, а также расчетным путем по видоизмененной формуле Ценера

$$M_H (^\circ\text{C}) = 550 - [360C + 55(Cr + Mo) + 50(Mn + V) + 40Si + 16(Ni + Cr)].$$

Принято считать (В.Н. Земзин и др.), что температура подогрева должна быть выше M_H на 15°С. Решающее влияние на величину M_H оказывает углерод: чем выше его содержание, тем ниже значение M_H . Однако надо принимать во внимание, что чем больше содержание углерода, тем выше уровень структурных напряжений и тем более «щадящими» должны быть условия охлаждения разрезанного металла (табл. 2).

Определение структуры участка перегрева ЗТВ возможно при использовании диаграмм термокинетических превращений переохлажденного аустенита путем нанесения на них кривых скоростей охлаждения металла при резке.

Скорости охлаждения разрезаемого металла на участке нисходящей ветви термического цикла в интервале температур 600–500°С (температур наименьшей устойчивости переохлажденного аустенита) можно ориентировочно вычислить по моделям Н.Н. Рыкалина в соответствии с граничными и другими теплофизическими условиями разрезаемой конструкции.

В литературе иногда встречаются утверждения, что теория тепловых процессов при сварке Н.Н. Рыкалина является плагиатом работ Д. Розенталя, опубликовавшего свои работы раньше, чем это сделал будущий академик. Это далеко не так. В свароч-

Таблица 2. Условия разрезаемости конструкционных сталей (применительно к ремонтной сварке)

Содержание углерода, %	Эквивалент углерода, %	Режим обработки	
		До резки	После резки
До 0,2	До 0,6–0,7	Возможна резка в любых условиях без ограничений и без подогрева до резки и после нее	
До 0,3	До 0,6		
0,3–0,5	0,6–0,8	Предварительный подогрев до 150°С	Охлаждение на спокойном воздухе
0,5–0,8	0,8–0,11	Предварительный подогрев до 200°С	Охлаждение под асбестовым полотном, минеральной ватой
Более 0,8	Более 1,1. Необходим предварительный подогрев до 300–400°С	Предварительный подогрев до 300–400°С	В горячем песке, под нагретым асбестовым полотном, в печи

ной литературе уделяется должное внимание этим двум теоретикам, использовавшим основное дифференциальное уравнение теплопроводности.

Согласно теории квазистационарного состояния Д. Розенталя, подвижный точечный источник создает двухмерное тепловое поле в тонком листе. У Н.Н. Рыкалина точечный источник рассмотрен применительно к расчетной схеме полубесконечного тела, а нагрев пластины осуществляется линейным источником. Зарубежные исследователи по формулам Розенталя рассчитывают скорость охлаждения в интервале температур 800–500°C (реже 800–300°C). В отечественной практике расчетной принята скорость охлаждения металла ЗТВ в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита 600–500°C, что позволяет использовать широко известные диаграммы анизотермического распада переохлажденного аустенита. Другое дело, что модели Н.Н. Рыкалина, избранного в свое время вице-президентом Международного института сварки, слишком канонизированы и не в полной мере отвечают теории и практике производства массивных конструкций сложной формы.

Что касается газовой резки металла, считается, что источниками теплоты при резке металла являются подогревающее пламя, теплота, выделяющаяся при сжигании (окислении) металла внутри полости реза, и теплота, скапливающегося на нижней кромке шлака. Как показывает практика удаления трещин в массивных базовых конструкциях, при восстановлении работоспособности тяжелонагруженного оборудования, необходимо учитывать совместное влияние на температурные напряжения горячего шлака (температура не менее 800°C) и температуры нижней кромки реза, являющейся адиабатической поверхностью. Сочетание длительного воздействия шлака (рассредоточенного неподвижного источника, действующего длительное время) и отражаемой температуры от нижней кромки приводит к росту зерна и обезуглероживанию металла, вплоть до образования ферритной структуры металла, прилегающего к нижней кромке разрезаемого изделия. Резка металла большой толщины (500 мм и более) и плотности суммарных тепловых потоков носит прерывистый характер, и стационарный режим по всей толщине реза не достигается.

Наличие адиабатической границы разрезаемой детали может создать такой высокий уровень температурных и структурных



Рис. 2. Рабочий момент машинной газовой резки толстолистовой поковки (диаметр 980 мм). Сталь 38ХГН

напряжений, что происходит образование магистральных трещин (рис. 2) и обрезанный кусок после охлаждения до плюсовой температуры окружающего воздуха рассыпается на части.

Наконец, при кислородной резке сталей с высоким содержанием углерода (подприбыльные участки отливок) необходимо учитывать возможность появления горячих трещин. Испытания на установке ИМЕТ-1 показали, что, как на восходящей ветви термического цикла, так и на нисходящей, имеют место провалы «горячей» пластичности. Образование горячих трещин происходит, главным образом, когда металл поверхности реза находится в твердо-жидком состоянии. Природа их образования имеет много общего с образованием трещин при сварке и обусловлена наличием напряжений, вызванных жестким закреплением разрезаемых кромок, изменением объемов жидкой и твердой фаз в разрезаемом металле под воздействием термического цикла резки и характером структурных изменений в ЗТВ. Содержание углерода в подприбыльных участках и его распределение носят стохастический характер (в 2–3 раза превышающее марочное содержание). Поэтому образование горячих и холодных трещин в местах обрезки прибылей большого сечения следует считать детерминированным событием. Естественно, технология их удаления будет различной.

В толстолистовых отливках возможно крайне неравномерное локальное распределение серы, представляющее собой легкоплавкую эвтектику, при общем ее содержании в пределах марочного состава (около 0,02%). В этом случае возможно образование горячих трещин на кромках реза, а в ЗТВ — так называемых подсолидусных трещин. Единственным, пожалуй, методом определения вероятности появления этих трещин является снятие серных отпечатков по Бауману. Локальное распределение серы может составлять 4 балла (близкое к 1 %). ● #671

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»



Г. И. Лашченко. Современные технологии сварочного производства.
2012. — 720 с.

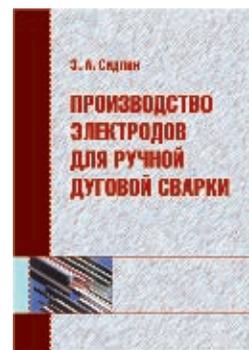
Изложены направления развития и совершенствования технического уровня сварочного производства и качества изготовления сварных конструкций. Дана характеристика современных конструкционных материалов, описаны пути повышения точности изготовления сварных конструкций, уровня механизации и автоматизации сварочного производства. Освещены принципы управления качеством сварных конструкций. Приведены современные электродуговые, плазменные, лазерные и фрикционные технологии сварки, наплавки, напыления и резки сталей, алюминиевых сплавов, титановых сплавов и пластмасс.

Рассчитана на инженерно-технических работников в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.

З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки.
2009. — 464 с.

Детально описаны все стадии технологического процесса производства металлических покрытых электродов для ручной дуговой сварки, применяемые материалы и оборудование. Даны теоретические основы процессов, протекающих как при изготовлении, так и при применении электродов. Особое внимание уделено вопросам обеспечения качества продукции.

Для инженерно-технического персонала, мастеров и рабочих электродных производств, может быть использована для индивидуальной подготовки и повышения квалификации.



П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев.
Плазменная наплавка. 2007. — 292 с.

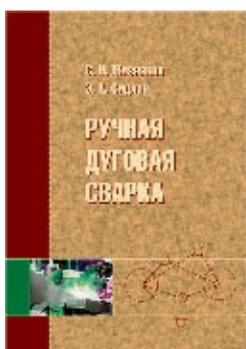
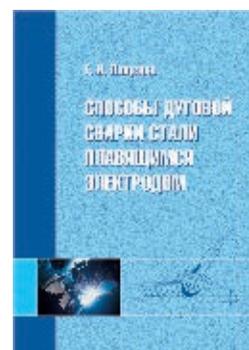
Рассмотрены основные способы плазменной наплавки. Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке, позволяющей существенно расширить круг сплавов, наплавляемых механизированным способом. Приведены требования к наплавочным порошкам, рассмотрены основные способы их производства, технологические особенности плазменной наплавки и методика выбора режимов плазменно-порошковой наплавки, рассмотрены примеры наплавки ряда характерных деталей. Представлены также сведения об оборудовании для плазменной наплавки, рассмотрены конструкции основных узлов установок, даны их характеристики.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся восстановлением и упрочнением деталей машин и механизмов. Может быть полезна студентам вузов.

Г. И. Лашченко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом.
2006. — 384 с.

Рассмотрены структурные схемы способов дуговой сварки сталей плавящимся электродом (ДСПЭ) и общие вопросы свариваемости сталей. Изложены современные представления об энергетической эффективности процесса, формировании швов, производительности и экологических показателях ДСПЭ. Приведены современные способы сварки с применением различных защитных сред, позволяющие регулировать тепловложение в свариваемое изделие, улучшающие формирование металла шва и повышающие производительность сварки. Приведены сведения о гибридных и комбинированных способах дуговой сварки плавящимся электродом.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.



С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 360 с.

Рассмотрены физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Даны характеристики и классификация электродов, представлена номенклатура промышленных марок, источники питания и другое оборудование. Изложены рекомендуемые технологии сварки сталей, чугуна и цветных металлов и их особенности. Рассмотрены дефекты сварных соединений и причины их образования, а также вопросы ремонтной сварки.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства. Может быть полезна учащимся технических учебных заведений и для повышения квалификации.

Заказы направлять по адресу: 380036 РФ, г. Белгород, б-р Юности, 2, к. 317.
Тел./ф. (4722) 53-73-27; тел. (4722) 53-73-23; моб. тел. 8 (910) 736-26-79
E-mail: mozgovojvf@rambler.ru. МОЗГОВОЙ Виктор Федорович

Основы разработки технологии сварки плавлением

1. Способы сварки

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

Сварка плавлением — это сварка, осуществляемая местным расплавлением всех или одной из соединяемых заготовок путем нагрева без применения давления.

В общем виде технологию сварки можно представить как совокупность способов и приемов, используемых для получения неразъемного соединения заготовок.

В разделе 4. Технология зваривания ДСТУ 3761.3-98 дано определение ряда терминов, относящихся к приемам сварки: обратноступенчатая сварка, сварка блоками, каскадом, на проход, вразброс, сверху вниз, снизу вверх, на спуск, на подъем, углом вперед, углом назад, на весу, неповоротный стык, поддув защитного газа, разделка кромок и др. Эти и другие приемы, используемые в сочетании с различными способами составляют технологическую базу сварки.

Основные способы сварки плавлением реализуют с использованием нагрева металла электрической дугой, плазмой, лазером, электронным пучком, газовым пламенем,

пропусканием электрического тока через расплавленный шлак и нагревом термитной смесью (табл. 1).

По характеру защиты свариваемого металла и сварочной ванны от окружающей атмосферы могут быть выделены способы сварки со шлаковой, газошлаковой и газовой защитой. По особенностям введения теплоты различают способы сварки с непрерывным и импульсным нагревом. По степени автоматизации процесса существующие способы сварки могут быть разделены на ручную, механизированную и автоматическую (роботизированную).

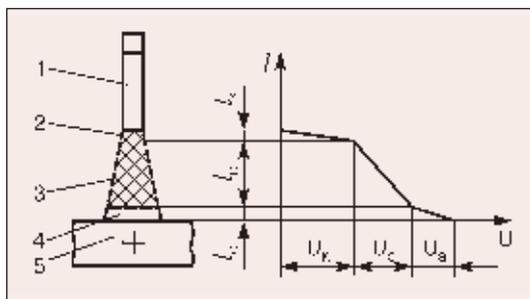
1.1. Дуговая сварка. Это сварка плавлением, при которой нагрев осуществляют одной или несколькими электрическими дугами. Различают сварку плавящимся и неплавящимся электродами.

В настоящее время, несмотря на открытие, исследование и применение новых источников сварочного нагрева, электрическая дуга занимает ведущее положение в сварке металлов благодаря простоте возбуждения,

Таблица 1. Классификация способов сварки плавлением

Способ сварки	Источник теплоты	Характер защиты	Способ введения теплоты	Степень автоматизации
Дуговая	Теплота, выделяющаяся при бомбардировке поверхности нагрева заряженными частицами, и теплота плазмы столба дуги	Газошлаковая, шлаковая и газовая инертными и активными газами. Местная и общая. При нормальном внешнем и повышенном давлениях и в вакууме	Непрерывное, импульсное	Ручная, механизированная и автоматическая
Электрошлаковая	Теплота, выделяющаяся при прохождении тока через расплавленный шлак	Шлаковая		Механизированная
Электронно-лучевая	Теплота, выделяющаяся при бомбардировке поверхности нагрева электронами, получившими ускорение в поле высокого напряжения	Общая в вакууме. Локальная газами		Автоматическая, механизированная
Лазерная	Теплота, выделяющаяся при бомбардировке поверхности нагрева индуцированным излучением с определенной длиной волны	Газовая инертными газами. Местная и общая. При нормальном и повышенном давлении и в вакууме		
Газовая	Теплота, получаемая при сжигании горючего газа в кислороде	Газовая и газошлаковая	Непрерывное, периодическое	Ручная
Плазменная	Теплота, содержащаяся в ионизированном газовом потоке	Газовая инертными и защитными газами	Непрерывное	Ручная и механизированная
Термитная	Теплота, содержащаяся в перегретом жидком расплаве	Шлаковая		Ручная

Рис. 1.
Основные области дуги и распределение потенциала в дуге:
1 — катод;
2 — катодная область;
3 — столб;
4 — анодная область;
5 — анод



поддержания и регулирования, широкому диапазону мощностей, высокой эффективности нагрева, реакции на различные условия существования и внешние воздействия.

Сварочная дуга относится к типу дуг высокого давления. Это короткая дуга, у которой длина разрядного промежутка и поперечные размеры столба — величины одного порядка, обычно измеряемые несколькими миллиметрами. Величина силы тока в большинстве случаев равна нескольким десяткам или сотням ампер и достигает иногда 1500–2000 А и более. Напряжение сварочной дуги вследствие малой ее длины и большой силы тока изменяется обычно в пределах 20–45 В. В пространстве между электродами, имеющем очень малый объем (обычно до 0,5 см³), происходит преобразование в теплоту электрической энергии мощностью 2–70 кВт, в результате чего электроды сильно нагреваются, плавятся и испаряются.

В дуге при сварке плавящимся электродом, помимо потоков плазмы и пара, присутствуют и потоки капель переносимого расплавленного металла.

Электрическая сварочная дуга, как и другие виды самостоятельных установившихся разрядов, характеризуется резко неравномерным распределением потенциала между электродами (рис. 1). В областях, примыкающих к электродам дуги, названных катодной и анодной, несмотря на малую протяженность (l_k и l_a), напряжения U_k и U_a значительны. В остальной части разряда, расположенной между этими областями и названной столбом дуги (l_c), напряженность поля сравнительно невелика.

Температура газа в анодной области падает на несколько тысяч градусов от температуры столба T_c до температуры поверхности активного пятна анода. Большинство металлических анодов, кипящих при температуре ниже 4000 К, испаряется в зоне активных пятен под действием теплоты дуги, поэтому перепад температур ΔT в анодных областях в таких случаях может быть найден из уравнения

$$\Delta T = T_c - T_k,$$

где T_k — температура кипения материала анода.

По данным ряда исследователей, в сварочной дуге U_a составляет 2,5–6 В. Мощность $U_a \cdot I_d$, выделяющаяся в анодной области, передается аноду и расходуется на его нагрев и плавление. Кроме того, при пересечении электронами границы газ-металл их потенциальная энергия уменьшается на величину работы выхода металла, которая также передается аноду. При силе тока дуги I_d и работе выхода U_b эта разность составит $U_b \cdot I_d$. В результате общая передаваемая мощность

$$P_a = (U_a + U_b) I_d.$$

В дуге со стальным анодом $U_a=4,2$ В, а $U_b=4,36$ В, поэтому каждым ампером тока аноду передается 8,56 Вт мощности. Ее достаточно, чтобы за 1 ч расплавить и нагреть до температуры 2953 К (температура капле, покидающих стальной анод) около 14,5 г/(А·ч) металла. Фактически плавится 11,5 г/(А·ч) металла, поскольку часть передаваемой аноду мощности затрачивается на испарение. Эта мощность составляет около 2 Вт на каждый ампер тока.

В дуге со стальным катодом U_k изменяется в основном в пределах 10,4–18,9 В. Результирующая мощность, получаемая катодом,

$$P_k = I_d (U_k - U_b).$$

При этом мощность, передаваемая катоду каждым ампером тока (при $U_k=14$ В), составляет 9,64 Вт/А. Этой мощности достаточно для плавления 17,4 г/(А·ч), и около 2 Вт/А затрачивается на испарение катода.

По данным А.А. Ерохина, при ручной сварке покрытыми электродами сумма падения анодного и катодного напряжения равна 18–25 В, а падение напряжения в столбе — 3–5 В. А.Г. Мазель для различных марок промышленных электродов получил расчетные величины $U_k=8...26$ В и $U_a=6...8$ В. Значение U_k возрастает с увеличением номинального напряжения дуги. По данным Д.М. Рабкина, значение U_a мало зависит от силы тока и материала анода. По А.И. Акулову, при сварке в аргоне проволокой Св-08Г2С диаметром 1 мм с увеличением силы тока от 150 до 250 А расчетное значение U_a возрастает от 2,5 до 3,5 В, а U_k — от 8,5 до 9 В.

При сварке в защитных газах большое влияние на U_k и U_a в электродных областях оказывает эффект сжатия столба дуги и активных пятен. В.И. Дятлов показал, что с увеличением силы тока U_k в свободно горя-

Таблица 2. Способы сварки плавящимся электродом с использованием различных вариантов локальной защиты зоны сварки и питанием дуг сварочным током

Защита зоны сварки	Питание дуг сварочным током								
	Постоянным					Переменным			
	Обратная полярность (1)	Прямая полярность (2)	Импульсами < 25 Гц (3)	Импульсами > 25 Гц (4)	По программе (5)	Частотой 50 Гц (6)	Частотой < 50 Гц (7)	Частотой > 50 Гц (8)	С импульсной стабилизацией дуги (9)
Газами и смесями газов:									
Ar (1)	C _{1.1}	C _{1.2}	C _{1.3}	C _{1.4}	C _{1.5}	C _{1.6}	C _{1.7}	C _{1.8}	C _{1.9}
He (2)	C _{2.1}	C _{2.2}	C _{2.3}	C _{2.4}	C _{2.5}	C _{2.6}	C _{2.7}	C _{2.8}	C _{2.9}
Ar + He (3)	C _{3.1}	C _{3.2}	C _{3.3}	C _{3.4}	C _{3.5}	C _{3.6}	C _{3.7}	C _{3.8}	C _{3.9}
CO ₂ (4)	C _{4.1}	C _{4.2}	C _{4.3}	C _{4.4}	C _{4.5}	C _{4.6}	C _{4.7}	C _{4.8}	C _{4.9}
CO ₂ + O ₂ (5)	C _{5.1}	C _{5.2}	C _{5.3}	C _{5.4}	C _{5.5}	C _{5.6}	C _{5.7}	C _{5.8}	C _{5.9}
Ar + CO ₂ (6)	C _{6.1}	C _{6.2}	C _{6.3}	C _{6.4}	C _{6.5}	C _{6.6}	C _{6.7}	C _{6.8}	C _{6.9}
Ar + O ₂ (7)	C _{7.1}	C _{7.2}	C _{7.3}	C _{7.4}	C _{7.5}	C _{7.6}	C _{7.7}	C _{7.8}	C _{7.9}
Ar + CO ₂ + O ₂ (8)	C _{8.1}	C _{8.2}	C _{8.3}	C _{8.4}	C _{8.5}	C _{8.6}	C _{8.7}	C _{8.8}	C _{8.9}
Ar + CO ₂ + O ₂ + He (9)	C _{9.1}	C _{9.2}	C _{9.3}	C _{9.4}	C _{9.5}	C _{9.6}	C _{9.7}	C _{9.8}	C _{9.9}
Парами металла (10)	C _{10.1}	C _{10.2}	–	–	–	C _{10.6}	C _{10.7}	C _{10.8}	C _{10.9}
Газошлаковая: покрытием электродов (11)	C _{11.1}	C _{11.2}	C _{11.3}	–	–	C _{11.6}	C _{11.7}	C _{11.8}	C _{11.9}
Активированной проволокой (12)	C _{12.1}	C _{12.2}	C _{12.3}	C _{12.4}	C _{12.5}	C _{12.6}	C _{12.7}	C _{12.8}	C _{12.9}
Порошковой проволокой (ПП) без дополнительной защиты (13)	C _{13.1}	C _{13.2}	C _{13.3}	–	C _{13.5}	C _{13.6}	C _{13.7}	C _{13.8}	C _{13.9}
ПП в активных газах (14)	C _{14.1}	C _{14.2}	C _{14.3}	–	C _{14.5}	C _{14.6}	C _{14.7}	C _{14.8}	C _{14.9}
ПП в инертных газах (15)	C _{15.1}	C _{15.2}	C _{15.3}	–	C _{15.5}	C _{15.6}	C _{15.7}	C _{15.8}	C _{15.9}
ПП в смесях инерт. и акт. газов (16)	C _{16.1}	C _{16.2}	C _{16.3}	–	C _{16.5}	C _{16.6}	C _{16.7}	C _{16.8}	C _{16.9}
По слою флюса (17)	C _{17.1}	C _{17.2}	C _{17.3}	–	C _{17.5}	C _{17.6}	C _{17.7}	C _{17.8}	C _{17.9}
Шлаковая (под флюсом):									
плавленным (18)	C _{18.1}	C _{18.2}	C _{18.3}	–	C _{18.5}	C _{18.6}	C _{18.7}	C _{18.8}	C _{18.9}
агломерированным (19)	C _{19.1}	C _{19.2}	C _{19.3}	–	C _{19.5}	C _{19.6}	C _{19.7}	C _{19.8}	C _{19.9}
кислым (20)	C _{20.1}	C _{20.2}	C _{20.3}	–	C _{20.5}	C _{20.6}	C _{20.7}	C _{20.8}	C _{20.9}
основным (21)	C _{21.1}	C _{21.2}	C _{21.3}	–	C _{21.5}	C _{21.6}	C _{21.7}	C _{21.8}	C _{21.9}
нейтральным (22)	C _{22.1}	C _{22.2}	C _{22.3}	–	C _{22.5}	C _{22.6}	C _{22.7}	C _{22.8}	C _{22.9}
солевым (23)	C _{23.1}	C _{23.2}	C _{23.3}	–	C _{23.5}	C _{23.6}	C _{23.7}	C _{23.8}	C _{23.9}

щей дуге снижается, а при переходе в режим сжатой дуги резко возрастает. Падение напряжения и энергия, выделяющаяся на катоде и аноде, существенно увеличиваются при использовании газов с высокой теплопроводностью (гелия, водорода и содержащих их смесей). То же касается паров металлов.

Дуги с плавящимися электродами являются по существу дугами с испаряющимися катодами. Высокая концентрация энергии частиц у поверхности катода — существенная особенность дуги, определяющая ее важнейшие технологические свойства, и главное условие существования. Под технологическими свойствами дуги понимают совокупность ее теплового, механического и физико-химического воздействия на элект-

роды, определяющего интенсивность плавления электрода, проплавление изделия, характер переноса металла, формирование и качество шва. К технологическим свойствам дуги относится также ее пространственная устойчивость и эластичность.

Технологические свойства сварочных дуг с плавящимися электродами определяются свойствами защитной среды, химическим составом и конструкцией электродов, видом и полярностью тока, питающего дуги, режимом сварки в целом.

В табл. 2 приведены способы дуговой сварки плавящимся электродом, которые могут быть применены при различных способах защиты зоны сварки и вариантах питания дуги.

● #672

Продолжение в следующих номерах журнала.

Установки для нагрева крупногабаритных деталей и сварных металлоконструкций

**В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод»,
С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко, ПАО «НКМЗ»,
Т.Б. Золотопупова, ДГМА (Краматорск)**

Сотрудниками ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» совместно со специалистами бюро газоплазменных способов сварки ПАО «НКМЗ» были разработаны и внедрены в производство газозвоздушные горелки различного назначения, которые получили хорошие отзывы как от инженерных служб предприятия, так и от рабочих.

Газозвоздушные горелки. Основные технические характеристики этих горелок приведены в *таблице*.

Горелка ГВ-1М имеет двухступенчатый узел смешивания горючего газа с атмосферным воздухом. Исполнение стакана-стабилизатора с трубчатым сердечником, который дает возможность перемещаться по оси, позволяет регулировать мощность пламени за счет изменения количества воздуха, дополнительно привлекаемого в зону горения. Преимущество этой горелки состоит в том, что в зависимости от характера выполняемых работ соотношение горючего газа и воздуха в факеле варьируется в широких пределах. С помощью горелки ГВ-1М можно прогревать в открытом пространстве значительные площади металлопроката и объемы металлоконструкций до температуры 150–200°C.

Таблица. Основные технические характеристики разработанных газозвоздушных горелок

Наименование	Окислитель	Горючий газ	Расход, м³/ч
Горелка ГВ-Ф для нагрева металлических заготовок в открытом пространстве	Атмосферный воздух	Природный газ	До 1,0
		Пропан-бутан	До 0,7
Горелка ГВ-ВК2 для нагрева прокатных валков в открытом пространстве	Атмосферный воздух + компрессорный воздух	Природный газ	До 1,6
		Пропан-бутан	До 1,1
Горелка ГВ-ВК7 для нагрева крупногабаритных деталей	Компрессорный воздух	Природный газ	2,4–3,6
		Пропан-бутан	4,5–5,6
Горелка ГВ-1М для термической правки металлоконструкций, разогрева кокилей и форм	Атмосферный воздух	Природный газ	4,8–8,0
		Пропан-бутан	3,4–6,8

Горелка ГВ-ВК7 достаточно подробно описана ранее («Сварщик», №5, 2011). В горелке есть несколько выходных каналов, расположенных вокруг центральной оси стабилизатора. Смешивание горючего газа и сжатого воздуха происходит непосредственно в этих каналах независимо друг от друга. Ее преимущество состоит в возможности получения пятна нагрева с равномерным распределением температуры по его площади. С помощью горелки ГВ-ВК7 можно разогревать крупногабаритные заготовки в открытом пространстве до температуры 500°C, а в замкнутом объеме — до 900°C и выше.

Горелка ГВ-Ф оснащена сужающе-расширяющимся сердечником, расположенным внутри стабилизатора соосно с ним. Атмосферный воздух поступает в зону смешивания через специальные отверстия в тыльной стороне стабилизатора. Эта горелка позволяет получать пятно нагрева с равномерной температурой по всей его плоскости. Такой эффект был достигнут за счет исключения охлаждающего действия ядра пламени и формирования определенным образом факела горелки. (Патент №14299, опубликованный 15.05.2006 г. Бюл. №5).

Горелка ГВ-ВК2 является модернизированным вариантом горелки ГВ-Ф, в котором для активации процесса горения применен компрессорный воздух.

Описанные выше горелки взяты за основу при разработке нового оборудования для нагрева крупногабаритных заготовок и металлоконструкций.

Печь для нагрева заготовок под штамповку. Печь предназначена для нагрева заготовок под штамповку из листа толщиной до 20 мм до температуры 900°C. На кузнечном участке цеха металлических конструкций ПАО «НКМЗ» она заменила оборудование, работавшее на твердом топливе (коксе), которое характеризовалось низкой производительностью, сложностью и дороговизной в эксплуатации.

Печь состоит из цилиндрического металлического корпуса, футерованного изнутри огнеупорным кирпичом. В корпусе предусмотрены два отверстия для горелок и одно для загрузки, оно же является смотровым отверстием. В верхней части печи есть отверстие для отвода продуктов горения с отрезком трубы, который накрывает зонтик системы вентиляции. Для нагрева используют две горелки ГВ-ВК7, расположенные в диаметральной плоскости навстречу друг другу. Этим достигается равномерный охват пламенем всего полезного объема печи.

На рис. 1 показана штамповка звеньев цепи из листовых заготовок 16×80×635 мм, из стали 60С2А. Масса одной заготовки 6,4 кг. Одновременно в печь загружают 37 заготовок, т. е. общая масса садки равна 237 кг. Нагрев заготовок до температуры 900°С происходит за 35 мин.

Установка для термической правки сварных металлоконструкций. Установка состоит из нескольких, до шести, независимо работающих устройств (горелки ГВ-М (рис. 2) или ГВ-ВК7, плюс система позиционирования горелки относительно нагреваемой конструкции), связанных между собой общей системой газопитания и управления. Система позиционирования состоит из комбинации стоек и рычагов, с помощью которых горелку можно ориентировать в заданном положении относительно нагреваемой металлоконструкции.

Переносное устройство для разогрева стаканов-дозаторов промежуточного ковша МНЛЗ. Устройство состоит из горелки ГВ-Ф и подвесной системы позиционирования горелки относительно разогреваемого стакана. Количество устройств определяется количеством ручьев МНЛЗ. Питание природным газом осуществляется от газораздаточного поста при давлении 0,06–0,1 МПа. Внедрение устройства позволяет вдвое сократить время нагрева стакана-дозатора до температуры 850°С и вдвое уменьшить расход природного газа. На рис. 3 показана работа устройства.

Установка для предварительного и сопутствующего подогрева при наплавке поверхности тел вращения массой до 100 т. Были проведены сравнительные испытания заводской установки (базовый вариант) с коллектором длиной 1300 мм, на котором расположены 20 форсунок, и экспериментальной установки (новый вариант), на коллекторе которой длиной 1300 мм расположены 10 горелок ГВ-Ф. Расход потребля-



Рис. 1. Нагрев и штамповка звеньев цепи из листовых заготовок толщиной 16 мм

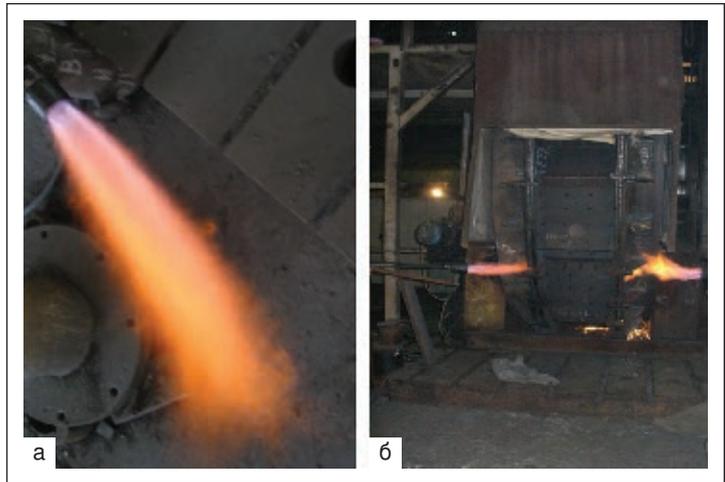


Рис. 2. Горелка ГВ-М: а — факел длиной 800 мм; б — термическая правка сварного корпуса шириной 2,5 м и диаметром 6 м



Рис. 3. Работа устройства для разогрева стаканов-дозаторов

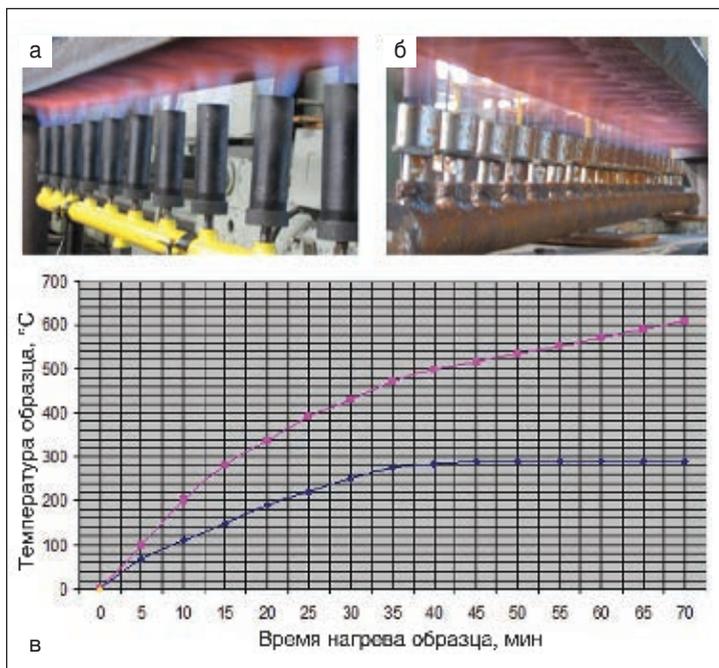


Рис. 4. Одновременный нагрев образца с помощью новой установки (а) и с помощью базовой установки (б), результаты сравнительных экспериментов (в)



Рис. 5. Предварительный и сопутствующий нагрев плунжера массой 55 т при его наплавке

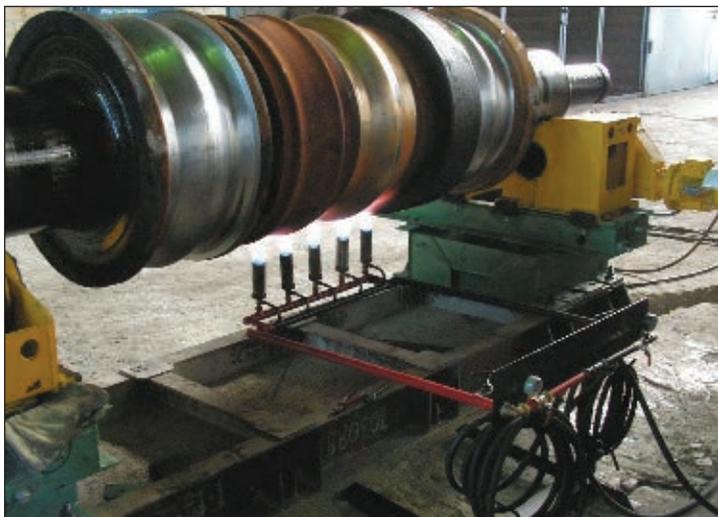


Рис. 6. Установка для нагрева прокатных валков перед их наплавкой

емого природного газа по базовому и новому вариантам одинаков и составил 12 м³/ч. Два одинаковых образца длиной 2050 мм, шириной 300 мм, толщиной 80 мм и массой 386 кг установили на опорах горизонтально. Под ними разместили горелки по базовому и новому вариантам. Температуру снимали прибором ТК-5 с противоположной от нагрева поверхности.

Результаты экспериментов (рис. 4) позволили сделать следующие выводы:

- применительно к исследуемым образцам температура заготовки при нагреве по базовому варианту имеет «потолок», равный 290°C, далее наступает равновесие и время нагрева не влияет на температуру заготовки. При нагреве по новому варианту рост температуры заготовки наблюдался и выше 600°C;
- новыми горелками можно нагреть образец до температуры, в 2,1 раза превышающей температуру, получаемую по базовому варианту;
- время нагрева заготовки до 290°C в 2,8 раза меньше при новом варианте, чем при базовом, следовательно в 2,8 раза меньше расход горючего газа.

Были разработаны и внедрены три установки для предварительного и сопутствующего нагрева цилиндрических заготовок массой до 100 т при их наплавке (рис. 5). Установка состоит из коллектора (труба 60×5×1300 по ГОСТ 8732-78), в которой по образующей трубе равномерно расположены бобышки с резьбовыми отверстиями, в которые вмонтированы 10 горелок ГВ-Ф. Коллектор закреплен хомутами (с возможностью проворачивания и фиксации положения) к верхней раме стойки, имеющей телескопические направляющие и основание. С помощью механизмов стойки можно изменять высоту коллектора в диапазоне 600 мм и угол наклона горелок от 0 до 180°.

Установка для подогрева прокатных валков перед их наплавкой (рис. 6). Установка входит в состав стана для предварительного нагрева прокатных валков перед наплавкой. Стенд укомплектован двумя парами роликоопор, на которые посадочными шейками устанавливаются нагреваемые валки. Из двух пар роликоопор одна приводная установлена неподвижно, а вторая — холостая — передвигается с помощью винтового механизма относительно неподвижной на расстояние, позволяющее устанавливать на них валки необходимого типа-размера и вращать их.

Установка состоит из коллектора, поворачивающегося относительно собственной оси, с пятью горелками ГВ-ВК2. Слева и справа к коллектору подходят трубы для подачи горючего газа и сжатого воздуха, причем их крепят к коллектору с возможностью поворота. Коллектор с трубами крепят к П-образной стойке также с возможностью поворота. На стойке предусмотрена панель для приборов и средств управления.

Оборудование для предварительного подогрева прокатных валков внедрено на МК им. Петровского (Днепропетровск).

Установка для нагрева ходовых колес и других тел вращения в процессе их наплавки. Установку используют вместе с оборудованием для наплавки, а также самостоятельно.

Конструкция установки. Она позволяет ориентировать пламя в любом пространственном положении (рис. 7). В состав установки входят три горелки ГВ-Ф, подключенные к источнику горючего газа независимо друг от друга. Можно использовать как природный газ, так и пропан-бутановые смеси. Система позиционирования состоит из основания с телескопической стойкой. На стойке через крестовину установлена штанга, к ней через систему рычагов крепят горелки.

Установка для нагрева концов листа в процессе их подвальцовки. Установка находится в эксплуатации на заводе ООО «ЗЭМЗ» (Зугрес). Имеющиеся на заводе четырехвалковые вальцы позволяют изготавливать обечайки из листа толщиной до 40 мм. Для расширения технологических возможностей имеющегося на заводе оборудования было решено подогревать концы листа до температуры 650–700°C прямо на вальцах с помощью указанной установки. После ее внедрения стало возможным получать обечайки из листа толщиной до 80 мм на действующем оборудовании (рис. 8).

Установка для нагрева концов листа перед его подвальцовкой состоит из четырехколесной тележки, накрытой сверху термозащитным кожухом. Между тележкой и кожухом предусмотрена щель для нагреваемого листа, который зажат между вальцами вальцов. Под нагреваемым листом на определенной высоте расположены коллекторы с тремя горелками ГВ-ВК7 на каждом. Количество коллекторов с горелками определяется шириной нагреваемого листа. Горелки ориентированы вертикально вверх. Коллекторы с горелками в процессе нагрева могут перемещаться в трех направлениях.



Рис. 7. Одновременная работа трех горелок ГВ-Ф (а) и использование двух горелок при нагреве барабана



Работа установки на заводе показала ее эффективность. Конец листа сечением 70×700 мм прогревается на глубину 600 мм до температуры 650°C за 32 мин при использовании трех коллекторов с тремя горелками ГВ-ВК7 на каждом. Общий расход природного газа в расчете на один нагрев составил 28 м³. При отсутствии на заводе печного оборудования необходимой мощности без данной установки процесс нагрева концов листа для подвальцовки невозможен.

Все описанные выше установки для нагрева расширяют технологические возможности производств, их использующих, во многих случаях они позволяют избежать капитальных затрат на печное оборудование. Эти установки могут работать при низком давлении природного газа, что повышает их безопасность. Горелки установок экономичны и долговечны.

● #673

Рис. 8. Изготовление обечайки из листа толщиной 70 мм с помощью предварительного подогрева его концов

Технология ремонта буровых платформ с помощью сварки — анализ использования метода МКЭ*

Z. Mirski, P. Krasnodebski

Метод конечных элементов (МКЭ) обычно используют в качестве альтернативного при решении многих проблем прочности сварных соединений. Анализ отработанных методов свидетельствует о положительных результатах с наименьшим риском ошибок при использовании МКЭ. Выводы, как правило, должны быть проверены опытными испытаниями, а также наблюдениями и анализом работы на реальных объектах и хорошей инженерной практикой.

В последние годы наблюдается значительный рост потребности в энергетическом сырье, особенно нефти. Ведется разведка новых месторождений с использованием таких конструкций буровых платформ, которые работают в экстремальных условиях (например, в Арктике).

Настоящая работа основана на данных, полученных при сотрудничестве с Проектным бюро Rig-Engineering, много лет занимающимся обработкой и анализом проектов в области создания буровых платформ, с помощью расчетов методом МКЭ, а также гармонизацией ремонтных и восстановительных работ, выполняемых различными способами сварки. Многие годы ключевым клиентом бюро является фирма Transocean — поставщик специализированного морского добывающего оборудования, в т. ч. различных мобильных конструкций само-

подъемных буровых платформ типа JackUp и полупогруженных понтонных платформ.

Модернизации чаще всего требует сменное оборудование, такое например, как генератор или станция опреснения воды, которые заменяют в условиях эксплуатации.

Буровые платформы — условия эксплуатации. Буровые платформы относятся к группе оффшорных конструкций. Этот термин определяет установку для разведки, добычи, переработки и транспортировки нефти, работающую в открытом море. Он включает также обслуживание конструкций, работающих в открытом море.

Платформа Atlantic Rotterdam в качестве вспомогательной была построена в 1975 г. Это небольшая самоподъемная платформа, предназначенная только для проживания персонала. Плавающая морская конструкция, стоящие на якорю ветроустановки также входят в оффшорную конструкцию.

Конструкция морских платформ показана на рис. 1. Их можно разделить на три основные группы: платформы (рис. 1, в); буровое судно (рис. 1, е); плавающие пункты хранения продуктов, грузов и оборудования.

Материалы для изготовления оффшорных конструкций. Материалы, предназначенные для строительства морских плат-

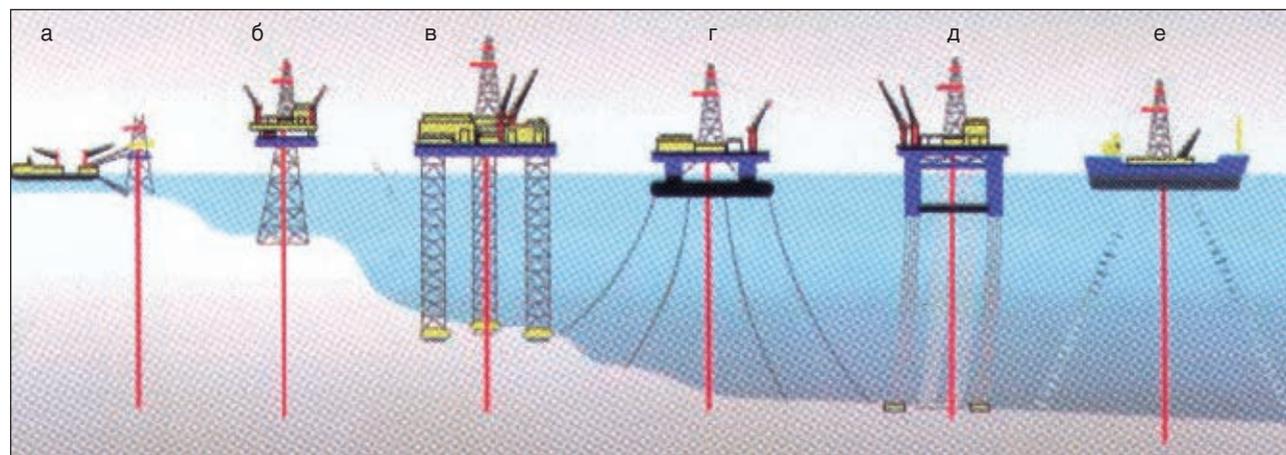


Рис. 1. Конструкция платформ: стационарная башня (а), гравитационно устойчивая (б), самоподъемная Jack-up (в), полупогруженная (г), вертикально закрепленная на якорю (д), буровое судно (е)

* Статья опубликована в журнале «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) №5-2012.

форм согласно стандарту Offshore Standard DNV-OS-B, подразделяют на три группы по прочности:

- NS (Normal Strength) нормальная прочность ($R_{e\text{ мин.}}=235$ МПа);
- HS (High Strength) высокая прочность ($R_{e\text{ мин.}}=265...390$ МПа);
- EHS (Extra High Strength) сверхвысокая прочность ($R_{e\text{ мин.}}=420...690$ МПа).

Дополнительно материалы каждой из этих групп могут характеризоваться обычной или повышенной свариваемостью, обозначенной дополнительной буквой W (weldability). Классификация стали (стандарт DNV-OS-B), применяемой для конструкций плавающих морских и континентальных объектов, предусматривает деление на сталь нормальную и термообработанную с различной пластичностью от класса А до класса ЕН36.

Технология подводных работ. Известные технологии подводной сварки и критерии оценки результатов разрушающего и неразрушающего контроля для всех видов соединений основываются на требованиях стандарта AWS D3.6M.2010, который устанавливает три класса качества соединений, сваренных под водой. Класс А включает соединения со свойствами, близкими к свойствам соединений, выполненных на воздухе и в условиях сухой сварки. К классу В относят соединения менее ответственных конструкций, для металла которых допускается меньшая ударная вязкость и большая пористость с возможными включениями в металле шва. Это относится к соединениям, выполненным мокрой сваркой. В класс С входят соединения, подверженные малым механическим нагрузкам, с более низкими требованиями, чем требования класса В.

В глубинных оффшорных конструкциях бывают изъяны и случаются поломки, требующие продуманного решения, например, когда трос, стабилизирующий платформу, повредил трубный элемент опоры.

Техника подводной сварки подразделяется на мокрую сварку и сухую сварку, или сварку в сухой камере. До настоящего времени выполнены сотни ремонтов платформ и судов, и технология сварки их подводных частей известна и оправдана. Тенденции развития подводной сварки направлены на подбор параметров сварки на глубинах 500–1000 м.

Сухая сварка требует изолированного от воды места сварки. Локальная сухая камера специальной конструкции малой вместимости служит для временной изоляции элект-

рической дуги и свариваемых элементов от водной среды. Мокрую сварку чаще всего выполняют электродами с рутиловым покрытием (111), а также порошковой (135/136) и самозащитной проволокой (114). Сухую сварку можно выполнять покрытыми электродами, порошковой проволокой (136/137), а также способами TIG (141), MIG/MAG (131/135). Применение сухой камеры часто связано со сваркой электродом в среде защитных газов и под флюсом (131/135).

При подводной сварке снижается качество сварного соединения, что сопровождается:

- угаром элементов из стали;
- пористостью сварного шва;
- образованием в швах шлаковых включений;
- увеличением содержания углерода и кислорода в металле шва;
- увеличением склонности к трещинообразованию.

Непосредственными причинами отрицательных явлений при подводной сварке являются охлаждающее влияние воды, генерирование значительного количества диффузионного водорода, а также уменьшение стабильности горения дуги вследствие влияния гидростатического давления. Возрастание солёности воды и использование сварки на обратной полярности приводят к уменьшению содержания диффузионного водорода в расплаве, в то же время загрязнение электродов углеводородами и рост силы тока влияют на увеличение его количества.

Ремонт на мелководье может быть выполнен водолазами. На Норвежском шельфе согласно стандарту DNV допускалась работа под водой на глубине 180 м, во время которой трубопровод укладывали на максимальной глубине 2500 м. Ремонт тогда выполняли с помощью роботов и оборудования с дистанционным управлением. Подводный отряд и автономный режим работ широко использовали при ремонтах подводных конструкций. Обычно подводный отряд привлекали для проведения ультразвуковых измерений толщины стенки элементов, измерения возможностей систем катодной защиты, а также проведения визуальных и магнитографических исследований.

Системы автоматического и дистанционного управления позволяли выполнять подводную сварку без влияния конвективных потоков и обеспечивать контроль качества сварных соединений.

Грузовое судно Eleftheria К длиной 297 м, шириной 50 м и грузоподъемностью более

240 тыс. т было построено в Японии в 1985 г. В связи с тем, что судно село на мель в устье Суэцкого канала в 2011 г., оно получило значительные повреждения на длине 85 м вдоль корпуса. Предварительный ремонт, выполненный египетской водолазной фирмой, состоял в приварке латок снаружи и уплотнений изнутри. После недельного рейса в Китай появилась очередная, на этот раз угрожающая поперечная трещина длиной около 1300 мм с раскрытием на ширину 100–200 мм.

Задачи, которые необходимо было решить, состояли в следующем: остановить рост трещины; укрепить поврежденную область; восстановить герметичность балластных баков. Чтобы остановить распространение трещины, были просверлены отверстия на концах трещины. Для укрепления и сохранения в постоянном состоянии поврежденной области были приварены усиливающие уголки (рис. 2). Герметичность была обеспечена построенной над трещиной камерой. Ремонт проводили сухой сваркой.

Ремонтные работы позволили быстро отработать способ ремонта и определить, какие элементы должны быть сваренными в вынужденных условиях — под водой, а какие можно было выполнить на поверхности. Подготовка единой модели работ и расчеты облегчили выполнение ремонта в такой ситуации.

Критерии выбора способа ремонтных работ. Для начала ремонта необходимо оценить состояние, например трубопровода, по размеру коррозии в соответствии с требованиями Recommended Practice DNV-RP-F-101 October 2010.

Ремонтные работы с помощью сварки можно разделить на два основных вида:

- вырезка изношенных или поврежденных фрагментов в замена их новыми;
- устранение дефекта соединения и повторная сварка.

Коррозия, появляющаяся обычно при длительной эксплуатации деталей буровых платформ, приводит к уменьшению прочности материала. В зависимости от глубины ее проникновения и местонахождения выбирают способ ремонта и его сроки. Коррозия чаще всего появляется около отверстий в пролетах, вблизи швов и опорных элементов.

В зависимости от величины опасности может потребоваться немедленное вмешательство, при этом чаще всего используют сварку покрытыми электродами. Иногда повреждение устраняют в ходе ремонта в условиях порта, приближенных к условиям первичного производства конструкции.

Независимо от того, текущий ли это ремонт или плановый в порту, выполнение его должно основываться на технологии

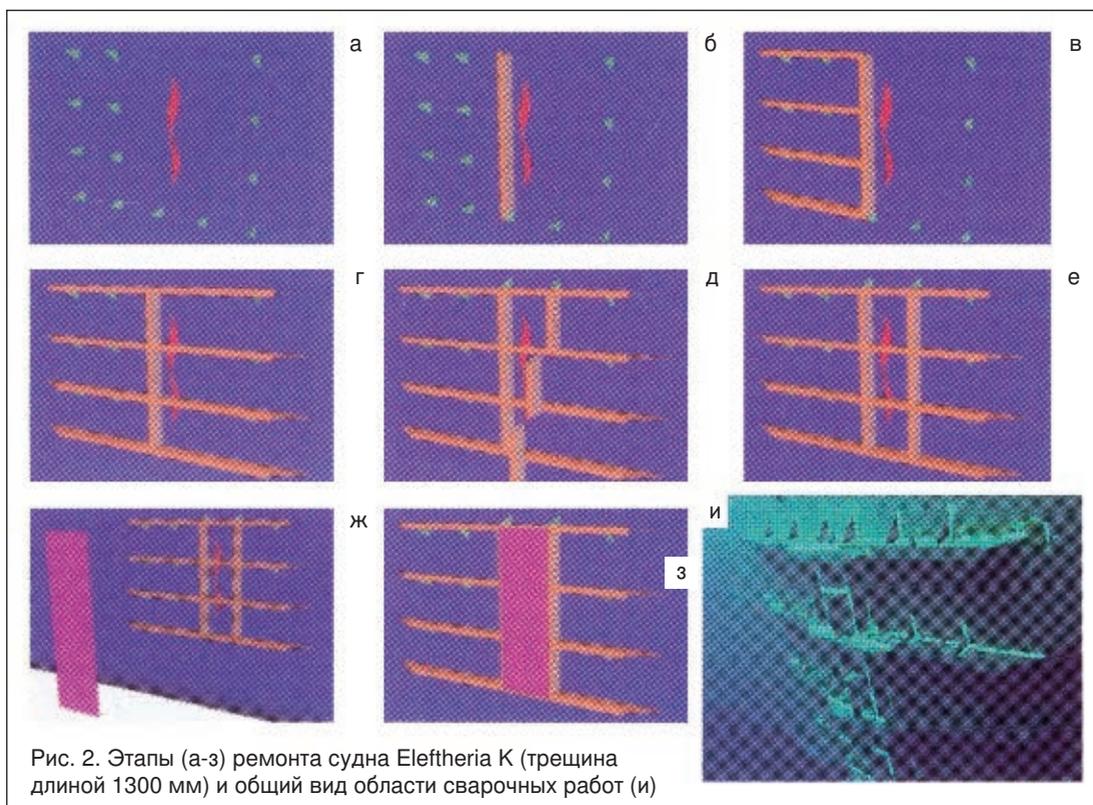


Рис. 2. Этапы (а-з) ремонта судна Eleftheria К (трещина длиной 1300 мм) и общий вид области сварочных работ (и)

сварки, аттестованной морской квалификационной организацией и в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оффшорным конструкциям. Строгий график ремонта с точки зрения его организации и минимизации времени пребывания судна в порту дает возможность выполнить своевременную подготовку и корректировку.

Исполнитель оффшорных работ должен получить аттестацию на технологию сварки. Оптимальное расширение области исследований при аттестации технологии сварки в соответствии с требованиями DNV-OS-C401 и стандартом EN ISO 15614-1 делают ее более универсальной.

Примеры ремонта. Технология восстановления обшивки понтона. Платформа Transocean Arctic – полупогруженная буровая платформа, работающая в Северном море, была изготовлена в 1986 г. в Японии (рис. 3, а). Масса платформы составляет 22 194 т, длина и ширина по 67 м, высота 10 м. Проектная глубина моря, на которой она может работать, до 500 м, а максимальная глубина бурения 7620 м. Платформа аттестована в соответствии с DNV.

Ремонт оффшорной конструкции такого типа должен быть выполнен быстро, а отремонтированные элементы строго соответствовать стандартам. Самым распространенным видом ремонта таких конструкций является вырезка элемента и установка нового, предварительно изготовленного.

Наложение латок выполняется чаще в случае значительной концентрации глубоких местных пятен разведенного металла либо скопления трещин в одном месте. Можно выделить латки открытые и закрытые в зависимости от места повреждения. Латка должна иметь форму эллипса для круглых отверстий или прямоугольную с закругленными углами радиусом не менее 100 мм для квадратных отверстий.

В мае 2000 г. группа инженеров фирмы Transocean провела обследование платформы, результатом которого стало выявление трех трещин по кормовой стороне в балластном баке номер 18.

Устранение трещин и профилактические работы на понтоне платформы Transocean Arctic начались с локализации повреждения (рис. 3, б) и построения 3D модели (рис. 4). В модели учтена толщина и пластичность соединяемых материалов. Для получения оптимального решения с помощью расчета МКЭ было проанализировано несколько вариантов ремонта. Ана-

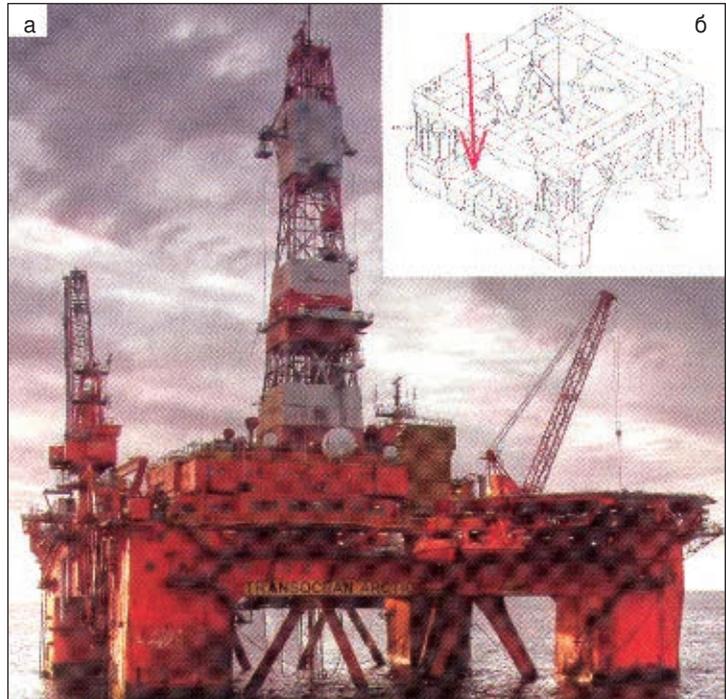


Рис. 3. Платформа Atlantic Rotterdam (а) с локальным повреждением (б)

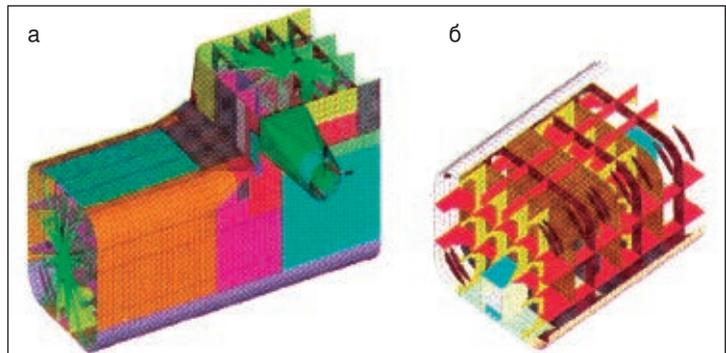


Рис. 4. Модель 3D фрагмента понтона, внешние элементы (а) и внутренние (б)

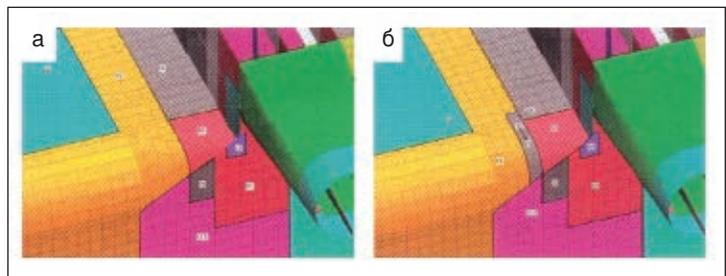
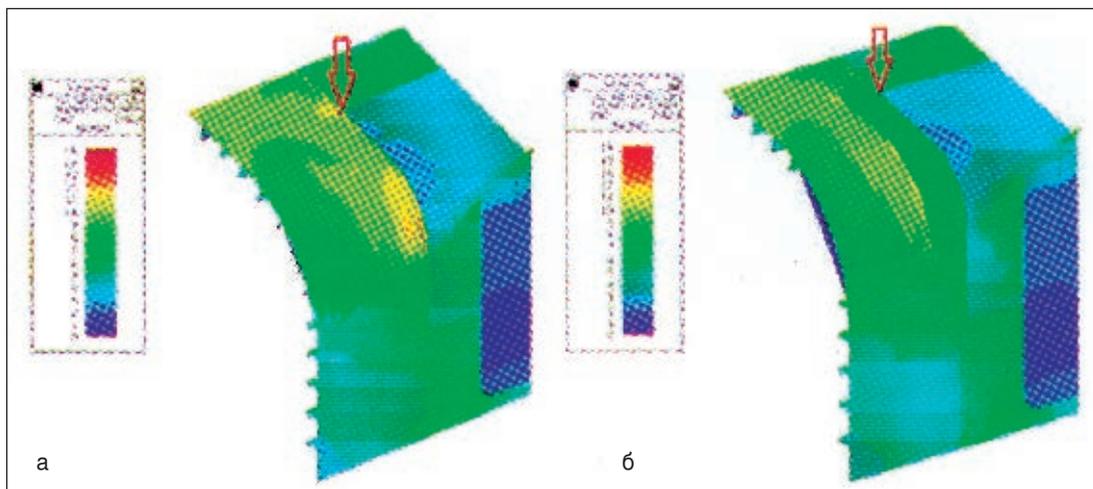


Рис. 5. Модель, рассчитанная методом МКЭ для понтона, карта толщины перед ремонтом (а) и после него (б)

лиз условий показал, что причиной возникновения трещин был несоответствующий способ изготовления элементов конструкции при соединении листов металла толщиной 13 и 50 мм (рис. 5, а). В месте значительной разницы толщин образовалось смятие конструкции.

Рис. 6. Результаты анализа МКЭ, состояние напряжений: существующих (а) и после модернизации (б)



Напряжение в зоне трещины на борту понтона перед ремонтом (рис. 6, а) составило 124 МПа, после ремонта оно снизилось до 86 МПа (рис. 6, б). Снижение концентрации напряжений в этой области обуславливает увеличение усталостной прочности.

Было решено вставить пояс из стали АН36 толщиной 20 мм на остром переходе от толщины 50 мм (ЕН36) до 13 мм (АН32). Подготовка элементов для сварки перед ремонтом была выполнена кислородной резкой (рис. 7). Как показали исследования, после многократных ремонтов поврежденного соединения из дуплексной стали и аналогичной ей, такой, как на буровой плат-

форме, резка не привела к негативным явлениям в области сварного соединения.

В металле сварного соединения была выявлена значительная доля феррита, металл обладал удовлетворительными механическими свойствами и коррозионной стойкостью.

Чтобы обеспечить необходимые условия для сварки, следует защитить место сварки от ветра и влаги. При выполнении работ важно поддерживать основные параметры процесса в соответствии с требованиями DNV-OS-C401. Технологическая инструкция сварки должна соответствовать нормам стандарта EN ISO 15614-1 и DNV-OS-C401.

Технология устранения трещин. Transocean Richardson – полупогружаемая буровая платформа, в настоящее время не действующая, была изготовлена в 1988 г. фирмой Daewoo Shipbuilding на верфи Окро в Южной Корее. Масса платформы 21714 т при длине 99 м, ширине 87 м и высоте 44 м. Максимальная рабочая глубина 1500 м, а максимальная глубина бурения 7620 м.

Запланированные в конце декабря 2010 г. ультразвуковые исследования выявили две единичные поверхностные трещины в основании крана (рис. 8). Здесь исследования с помощью разрушающего контроля позволили оценить величину и местонахождение трещин. Эти трещины перпендикулярны оси шва (рис. 9): одна начинается на границе сплавления и другая на расстоянии около 3 мм от границы шва. Обе трещины образовались в стали TSiE355-Z15, мелкозернистой с содержанием элементов, % по массе: менее 0,18 С и 0,09–1,70 Мп. Соединение с толщиной шва 30 мм – это соединение стали TSiE355-Z15 и стали Ст52-3, которая является аналогом стали S355J2G3, с содержанием, % по массе: 0,2 С и 1–1,5 Мп (в соответствии с EN 10025).

Рис. 7. Подготовка элементов понтона, вид камеры (а), вид сверху (б)

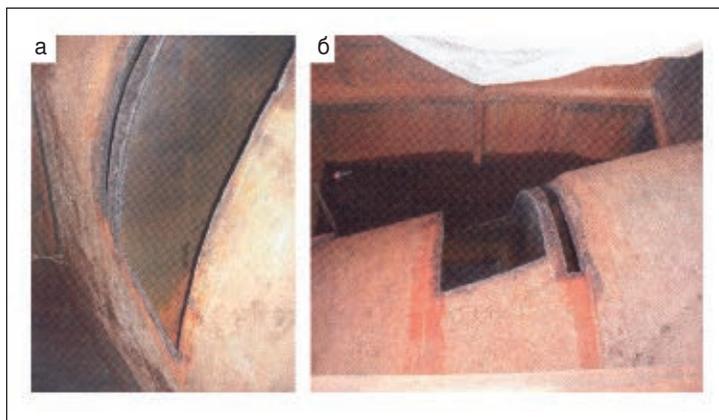
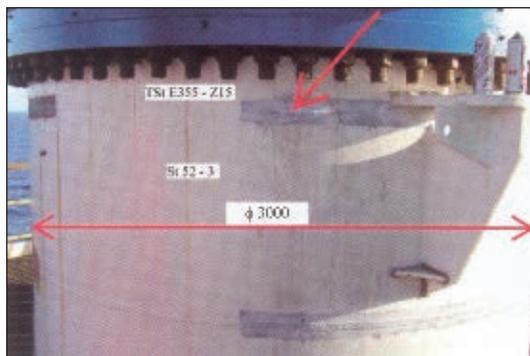


Рис. 8. Локализация обнаруженных трещин в основании крана платформы Transocean Richardson, фундамент диаметром 3000×30 мм



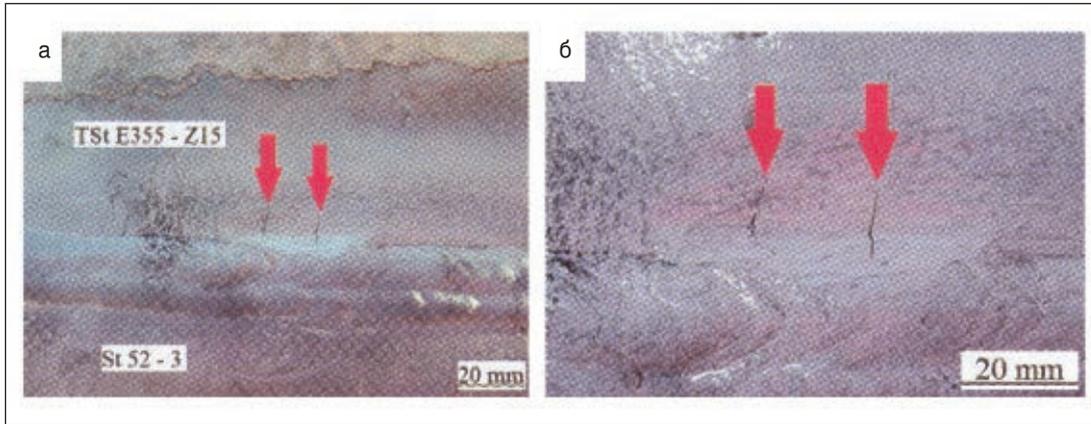


Рис. 9. Трещины в основании крана, подлежащие ремонту

Ремонт должен быть выполнен согласно аттестации процесса, согласованной с аттестующим обществом, которым в этом случае является ABS (American Bureau of Shipping).

Использовали соответствующую (согласно ABS) технологию сварки материалов (стандарт AWS/ASME A-5.1 E7018-1) с содержанием, % по массе: 0,06 С и 1,3 Mn. Применяли покрытые электроды с малым содержанием в покрытии водорода, обеспечивающие хорошие механические свойства соединения и показатель испытания на удар KV минимум 27 Дж при температуре минус 46°С.

Поверхность к сварке подготовили фрезерованием алмазным инструментом, обработав повреждение (см. рис. 9) и окружающую область в радиусе около 50 мм.

В таких случаях сварка углеродно-марганцевой стали требует предварительного подогрева до температуры минимум 180°С.

Швы следует выполнять в три этапа. Первый слой должен быть выполнен электродом диаметром 2,5 мм. Следующий слой — электродом диаметром 3,2 мм. Последний слой выполняют электродом диаметром 4 мм, высота усиления шва примерно на 6 мм выше поверхности свариваемого материала. Обязательно необходимо выдерживать температуру между нанесением слоев максимум 315°С. По окончании работ лицевую сторону шва следует отшлифовать. Все выполненные ремонтные работы должны быть проверены теми же методами неразрушающего контроля, что и до ремонта, на том же или большем объеме материала.

На практике в аварийных ситуациях, когда поврежденный кран должен продолжать работу на платформе, допускается его временное укрепление бетоном внутри основания крана.

● #674

Перевод Е.К. Доброхотовой

Уникальный корабль FLIP

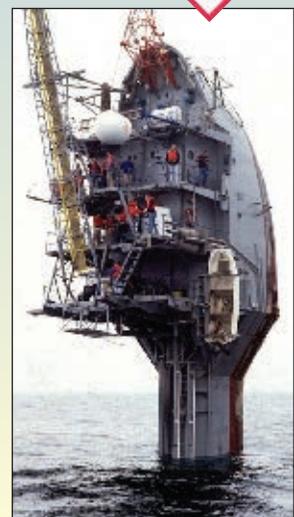
Это судно появилось более полувека тому назад и до сих пор остается единственным в своем роде. Корабль, способный принимать как горизонтальное, так и вертикальное положение, — действительно уникальное транспортное средство.

FLIP (Floating Instrument Platform) является исследовательской лабораторией. Она была создана для изучения распространения звуковых волн через толщу воды. Сейчас судно стало более многофункциональным, на нем проводят исследования штормовой и сейсмической активности, а также циркуляции воды.

Переход из горизонтального положения в вертикальное занимает порядка полчаса. Перемещается FLIP только в горизонтальном положении. Рабочие помещения расположены на корме, не уходящей под воду, а остальная часть судна содержит отсеки, наполняющиеся водой при смене положения корабля, и другие, где установлено исследовательское оборудование. Общая длина судна 108 м, из которых над водой остаются только 17 м, ширина — 7,9 м. Судно не может плавать самостоятельно, так как на нем нет двигателей из-за частых акустических исследований, для которых они создают помехи.

Корабль был спущен на воду в 1962 г. и принадлежит Управлению военно-морских исследований США. Последняя модернизация судна 17 лет назад обошлась государству в \$2 млн.

www.golossience.com



Высокопроизводительные сварочные системы на основе плазменных процессов

А.М. Ермолин, директор по развитию ООО «ДельтаСвар»

Плазменная дуга — мощный и чрезвычайно гибкий инструмент для применения во многих областях промышленности. Высокая скорость и качество при относительно небольших затратах делают плазменную сварку отличной альтернативой более дорогим и сложным методам сварки, таким как лазерная и электронно-лучевая.

Технология плазменной сварки. Плазма — частично или полностью ионизированный газ, состоящий из нейтральных атомов и молекул, а также электрически заряженных ионов и электронов. Однако по отношению к обычной дуге термин «плазма» практически не применяют, так как обычная дуга имеет относительно невысокую температуру и обладает невысоким запасом энергии по сравнению с традиционным понятием плазмы. В целях повышения температуры и мощности обычной дуги, для превращения ее в плазменную дугу, используются два процесса: сжатие дуги и принудительное вдувание в нее плазмообразующего газа. Сжатие дуги осуществляется за счет размещения ее в специальном устройстве — плазмотроне, стенки которого интенсивно охлаждаются водой. В результате сжатия уменьшается поперечное сечение дуги и возрастает ее мощность — количество энергии, приходящееся на единицу площади. Температура в столбе обычной дуги, горящей в среде аргона, и паров железа

составляет 5000–7000°С. Температура в плазменной дуге достигает 30 000°С.

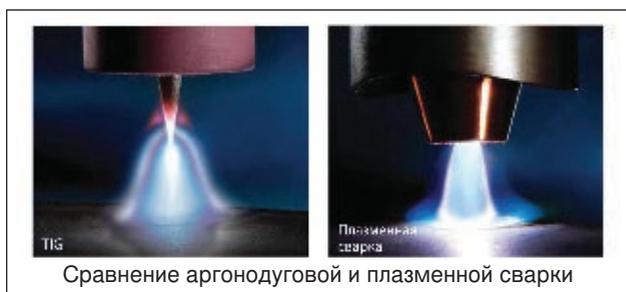
Одновременно со сжатием в зону плазменной дуги вдувается плазмообразующий газ, который нагревается дугой, ионизируется и в результате теплового расширения увеличивается в объеме в 50–100 раз. Это заставляет газ истекать из канала сопла плазмотрона с высокой скоростью. Кинетическая энергия движущихся ионизированных частиц плазмообразующего газа дополняет тепловую энергию, выделяющуюся в дуге в результате происходящих электрических процессов. Поэтому плазменная дуга является более мощным источником энергии, чем обычная.

В зависимости от силы сварочного тока различают три разновидности плазменной сварки:

- микроплазменная ($I_{св} = 0,1–25$ А);
- на средних токах ($I_{св} = 50–150$ А);
- на больших токах ($I_{св} > 150$ А).

Микроплазменная сварка. В связи с высокой степенью ионизации газа в плазмотроне плазменная дуга может гореть при очень малых значениях тока, начиная с 0,1 А. Микроплазменная сварка является эффективным способом сварки изделий малой толщины, от 0,05 до 1,5 мм. Высокая концентрация энергии и иглоподобная форма малоамперной сжатой дуги обеспечивает получение узкого шва и малой зоны термического влияния, что снижает деформацию изделий на 25–30% по сравнению с аргонодуговой сваркой.

Микроплазменная сварка используется для сварки листов цветных металлов малой толщины, а также нержавеющей стали, никеля, титана, циркония, сплавов серебра и золота, успешно применяется при производстве тонкостенных труб и емкостей, приварке мембран и сильфонов к массивным деталям, соединении фольги, термопар, при изготовлении ювелирных изделий, медицинского оборудования и электроники.



Сравнение аргонодуговой и плазменной сварки



Инверторные источники питания для плазменной и микроплазменной сварки EWM, Германия



Деталь из нержавеющей стали, сваренная методом плазменной сварки проникающей дугой без разделки кромок, толщина 10 мм

Плазменная сварка на средних и больших токах. Плазменная сварка на токах $I_{св} = 50-150$ А имеет много общего с аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом. Однако из-за более высокой мощности дуги и ограниченной площади нагрева она является более эффективной. По энергетическим характеристикам плазменная дуга занимает промежуточное положение между обычной дугой и электронным или лазерным лучом. Она обеспечивает более глубокое проплавление, чем обычная дуга, при меньшей ширине шва. Сварка может осуществляться с применением присадочной проволоки или без нее.

Плазменная сварка на токах более 150 А оказывает еще большее силовое воздействие на металл (плазменная дуга на токах 150 А эквивалентна 300 А дуге при сварке неплавящимся электродом). Сварка сопровождается полным проплавлением с образованием в ванне сквозного отверстия. Такой способ сварки получил название «сварка проникающей дугой». Процесс характеризуется полным проплавлением свариваемых элементов по толщине с образованием небольшого отверстия, через которое раскаленные газы и пары удаляются за нижние кромки свариваемых элементов. Металл, расплавленный дугой, стекая по стенкам свариваемых элементов, удерживается силами поверхностного натяжения. При подобной технологии подкладки не применяют.

Применение способа сварки проникающей дугой позволяет получать качественное соединение при сварке металлов, обладающих повышенным поверхностным натяжением, например нержавеющей сталей и сплавов титана от 3 до 15 мм на токах от 100 до 300 А.

Автоматическое оборудование с применением плазменной сварки. Добиться максимальной производительности и качества от применения плазменной сварки возможно только при использовании автоматических систем и комплексов.

Высокая скорость процесса ограничивает его использование в ручном режиме, за исключением микроплазменной сварки. Плазменная технология широко используется для сварки продольных или кольцевых швов стыковых соединений. Установка для сварки продольных швов является идеальным технологическим решением для работы с продольными сварочными швами различных изделий из нержавеющей сталей, алюминиевых и титановых сплавов. Возможность производить сварку на таких установках без предварительной обработки кромок материалов с ограниченной свариваемостью позволяет добиться высокой производительности и качества конечного продукта.

Большое распространение технология плазменной сварки получила в нефтехимической промышленности и при производстве трубопроводного оборудования. Применение способа сварки проникающей



Автоматическая установка для сварки продольных швов



Автоматизированные и роботизированные системы плазменной сварки

щей дугой совместно со сварочными колоннами консольного типа обеспечивает высокую производительность и качество при изготовлении емкостей, реакторов, теплообменников и других изделий из низко- и высоколегированных сталей, а также алюминия.

Современные роботизированные технологии открывают новые возможности по применению плазменной сварки. Роботизированные системы позволяют выполнять сложные сварные соединения, которые ранее приходилось выполнять вручную. Высокая скорость и точность выполнения операций при использовании роботов выводит плазменную сварку на новый уровень производительности.

Правильно подобрать оборудование для плазменной сварки под Ваши производственные задачи, начиная от стандартной техники, и заканчивая робототехническим комплексом, Вам помогут специалисты компании «ДельтаСвар». Мы берем на себя поставку, монтаж техники и пуско-наладочные работы.

● #675

Публикуется на правах рекламы.

DeltaSVAR ООО «ДельтаСвар»
г. Екатеринбург, ул. Фронтových бригад, 18/2, оф. 315
тел.: +7 (343) 384-71-72, +7 (343) 389-09-51
E-mail: info@deltasvar.ru. www.DeltaSVAR.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.

Как снизить насыщение кромок реза азотом при плазменной резке конструкционных сталей?*

*П.В. Мицкевич, М.Э. Миронович
(пгт Грибановский Воронежской обл.)*

Оборудование для плазменной резки с отдельной подачей плазмообразующего и защитного газов обычно ориентировано на применение как при сухой резке, так и при резке под слоем воды толщиной 80–100 мм (с погружением плазмотрона в воду), что значительно снижает шум и кардинально улучшает санитарно-гигиенические условия резки.

Фирмой Kjellberg разработана технология плазменной резки Hi-Focus. Благодаря особой конструкции плазмотрона струя плазмы сжимается до диаметра 1,2 мм с допуском ±0,1–0,2 мм и позволяет качественно резать низколегированную сталь толщиной до 40 мм. Неперпендикулярность реза не превышает 0,025–0,05 мм. Рез свободен от грата.

На рис. 3 приведены области применения различных установок, реализующих технологию плазменной резки Hi-Focus. Наряду с прямыми, контурными и фасочными резами под углом 45° плазменные установки Hi-Focus 160i, Hi-Focus 280i, Hi-Focus 360i и

Hi-Focus 440i позволяют также проводить разметку, трассировку и маркировку.

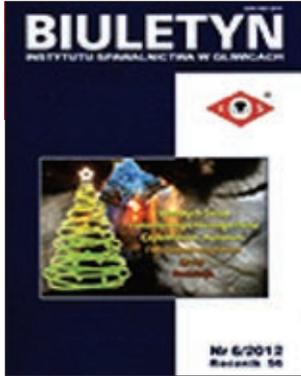
Фирма SMB (Германия) разработала установку для плазменной обрезки кромок листов высокопрочной стали длиной 5–15 м и шириной 1,5–3,4 м. Установка укомплектована водоохлаждаемыми плазмотронами Kjellberg PB-375W2/O₂, которые генерируют очень тонкую струю плазмы. Два плазмотрона обрезают кромки листа, а третий — разделяет обрезки на куски, удобные для транспортировки. При зажигании вспомогательной дуги системой XL-Life-Time используют воздух, плазмообразующим газом при резке служит кислород. Зажигание вспомогательной дуги происходит после получения сигнала с датчика о нахождении листа на позиции резки, а после попадания вспомогательной дуги на лист с помощью электромагнитного клапана подается вместо воздуха кислород. Сила тока резки 250 А при ПВ=100%, скорость резки при толщине листа 2,8–12,5 мм находится в пределах 10–3 м/мин, цикл обрезки листа длиной 13 м и толщиной 5 мм длится 140 с. Обеспечивается допуск на точность обрезки кромок ±0,4 мм по всей длине листа. Расплав металла, выдуваемого из реза струей плазмы, приобретает форму гранул в ванне с водой. В установке предусмотрена система диагностики. ● #676

* Окончание. Начало в предыдущем номере.

Рис. 3. Области применения различных установок плазменной резки Hi-Focus



Ответ подготовили канд. техн. наук Ю.В. Демченко и канд. техн. наук Г.И. Лашенко.



Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) №6–2012

Исследования

M.S.Weglowski, M.Zeman. Изготовление стальных конструкций с помощью сварки в военной промышленности — аттестация сварочного персонала

A. Kiszka, T. Pfeifer. Исследование технологии сварки стали HCT 600X ZF 100 RBO плавящимся электродом на токе переменной полярности

J. Kozłowski, H. Fryc, J. Czuchryj. Вопросы оценки качества сварных соединений при строительстве железнодорожного транспорта

M. Saperski. Сварка вала трансмиссии привода устройства,

предназначенного для монтажа лопастей ротора ветроэлектростанций

J.Gorka. Свойства термически обработанной стали S700MC

Новое оборудование и материалы



Содержание журнала «Zvarac» (Словакия) №4–2012

M.Palacka, M.Packo, D.Drimal. Восстановление колесных пар наплавкой по технологии 135 MAG

T.Kramar, P.Kovacocsy. Влияние теплоты предварительного нагрева на структуру сварного шва TRIP стали при сварке лазером

A.Hobbacher. Исследование случаев разрушения стальной опоры ветровой электростанции испытанием на излом

H.Kravarikova. Решение инверсионной задачи распределения теплоты экспериментальным измерением температуры в ЗТВ

В.И.Дегтярь. Восстановление литых деталей с помощью сварки и наплавки



Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша) №12–2012

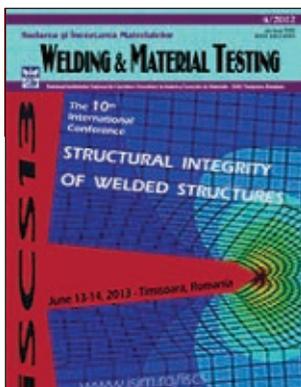
R.Pakos. Национальные и международные стандарты ремонта судов

K. Wakula. Сварка алюминия на основе опыта фирмы Navikon при строительстве конструкций и алюминиевых корпусов

D.Fybrych, G.Rogalski, A.Kunowski, D.Mis. Применение теплоизоляции при выполнении соединения сваркой в изобарных условиях

G.Regalski. Влияние несовершенства подводной сварки мокрым методом на механические свойства сварного соединения

M.Szymczak. Коррозия и способы обеспечения коррозионной защиты конструкций кораблей



Содержание журнала «Welding & Material Testing» (Румыния) №4–2012

M. Kutin, M. Radosavljevic, I. Vasovic, M. Ristic, A. Alil, M. Prokolab. Использование числового моделирования и методов сравнительной диагностики для оптимизации производства продукции

G. Motateanu, C. Nicolicescu, D. Zorila, I. Stefan.

Исследование физики твердого тела в углеродистых нержавеющей сталях

S. Crasteti, D.R. Pascu, D. Buzdugan. Характеристика и оценка термонапыления аморфных слоев покрытия. Часть I



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 тв/год.

*Качество продукции
подтверждается
количеством партнеров*

03680, г.Киев, Украина,
ул.Боженко 15, оф.303,507
тел. (044) 200-86-97
факс(044) 200-84-85
office@voldtec.ua
www.voldtec.ua



Представители:

ООО «ТМ.Велтеко»
Российская федерация,
г.Белгород, ул.Сумская 20
тел.: +7(4722) 300-708
тел.: +7 (4722) 22-21-21

ООО «СМИТ»
Россия, 248009, г.Калуга,
ул.Грабцевское шоссе, 60А
тел.: +7 (4842) 75-04-02
факс: +7 (4842) 77-02-86

ЗАО «ОСК»
Республика Беларусь, 220073
г.Минск, ул.Гусевского 2А, оф.4/1
тел.: +375 (017) 290-87-85

ООО «ПП-ТЕХНОЛОГИИ»
Россия, 241035, г.Брянск
ул.Литейная, 11
тел.: +7 (4832) 57-27-07



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

Дистрибьюторы:

ООО "Изотерм"
г. Калининград,
ул. Орудийная, 105
тел./факс (4012) 59 75 81

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

ООО НПП СварТехно
398007 г.Липецк, ул. Студеновская, 126
Телефоны:
(4742) 28-45-45; 27-37-36
info@svartehno.ru; svartehno@bk.ru



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

НАША ПРОДУКЦИЯ ПОД ТОРГОВЫМИ МАРКАМИ MOST™ И GOLD™ СЕРТИФИЦИРОВАНА НАКС.

Join together.

SCHWEISSEN
& SCHNEIDEN



No. 1
IN THE WORLD

ВСЕМИРНАЯ ВЫСТАВКА
СВАРКА РЕЗКА НАПЛАВКА

16.-21.09.2013 ЭССЕН, ГЕРМАНИЯ

MESSE ESSEN GmbH

Тел. +49(0)201-72 44-800

visitors@schweissen-schneiden.com

www.schweissen-schneiden.com

Познакомьтесь вблизи с более чем 1 000 экспонентами и специалистами со всего мира.
Узнайте о новаторских решениях в областях сварки, резки и наплавки.
Воспользуйтесь превосходными деловыми шансами там, где бьётся живой пульс отрасли.
Ваша отрасль встречается в Эссене. **Не оставайтесь в стороне!**

Роботизация современного промышленного производства

О.К. Маковецкая, канд. экон. наук, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

По данным Международной Федерации Робототехники (IFR) 2011 год стал самым успешным более чем за 50-летнюю историю развития рынка промышленных роботов (ПР). В 2011 г. количественный объем продаж ПР в мире возрос на 38% и составил 166 028 единиц, стоимостный — на 46% и достиг 8,5 млрд. дол, а с учетом программного и аппаратного обеспечения стоимостный объем мирового рынка ПР и робототехнических систем оценивается в 25,5 млрд. дол. Это новый рекорд. В конце 2011 г. общемировой парк действующих ПР составил 1153 тыс. ед. Всего же с начала продаж в 1961 г. на мировом рынке было реализовано более 2,31 млн. ПР [1].

Лидерами на рынке ПР являются компании FANUK (Япония), KUKA (Германия), ABB Robotics (США) и Yaskawa (Япония). Суммарная доля продаж этих компаний на мировом рынке ПР в 2011 г. составила около 66% [2]. В табл. 1 приведены данные о количественном объеме ежегодных продаж и общем парке ПР в мире и в основных регионах [1].

Рынок азиатского региона составляет более половины мирового рынка ПР. Благодаря значительным инвестициям в отрасль автомобилестроения объем продаж ПР в Японии в 2011 г. возрос на 27% и составил почти 28 тыс. ед. Таким образом, Япония вновь стала мировым лидером по количеству ежегодно устанавливаемых ПР. Инвестиции в отрасли электроники и электротехники способствовали росту рынка ПР в Республике Корея на 9% до 25,5 тыс. ед. Стабильно высокими темпами растет в последние годы объем продаж ПР в Китае.

В период 2006–2011 гг. количество проданных в Китае ПР увеличилось в четыре раза. Китай, США и Германия в наибольшей степени способствовали росту мирового рынка ПР в 2011 г., объем продаж в этих странах возрос соответственно на 51, 43 и 39% по отношению к 2010 г. и составил: в Китае — 22,6 тыс. ед., в США — 20,5 тыс. ед., в Германии — 19,5 тыс. ед. Помимо Германии, крупнейшего рынка ПР в Европе, в странах ЕС следует отметить рост продаж ПР в Италии — на 13% до 5,1 тыс. ед., Испании — на 61% до 3,1 тыс. ед. и Великобритании — на 72% до 1,5 тыс. ед.

Мировой парк ПР в 2011 г. превысил 1153 тыс. ед., но фактическая численность действующего парка ПР, вероятно, значительно больше, так как на практике большинство ПР успешно эксплуатируют и после истечения их нормативного срока (12–15 лет) службы. Всего же по оценке IFR за 1960–2011 гг. мировой парк ПР составил более чем 2 310 тыс. ед.

Отрасль автомобилестроения — основной потребитель ПР и главная движущая сила развития современного роботостроения. В 2011 г. в отрасли было установлено 59,7 тыс. ПР, что составило 36% от всего объема продаж ПР. При этом благодаря значительному увеличению мощностей отрасли автомобилестроения в странах Азии (Китай, Таиланд, Индия, Тайвань) рост продаж ПР по отношению к 2010 г. составил 55%.

В последние годы значительно возросло потребление ПР в электротехнической про-

Таблица 1. Количество ежегодных продаж ПР и общая численность (парк) ПР всех типов и назначений в регионах мира, ед.

Регион	Ежегодные продажи ПР				Парк ПР			
	2010	2011	2012 оценка	2015 прогноз	2010	2011	2012 оценка	2015 прогноз
Всего в мире, в том числе:	120 585	166 028	180 950	207 500	1 059 162	1 153 097	1 235 600	1 575 500
Америка	17 114	26 227	30 600	35 100	179 785	192 966	209 500	267 200
Азия (включая Австралию)	69 833	88 698	98 900	116 700	520 831	576 545	621 500	841 300
Европа	30 741	43 826	44 100	47 200	352 142	369 965	383 800	422 500
Африка	259	323	350	500	2 232	66 640	74 000	93 200

мышленности, включая производство компьютеров, медицинских, прецизионных и оптических инструментов, телекоммуникационного оборудования и др. Объем продаж ПР здесь возрос в 2011 г. на 20% и достиг нового пика – 37 500 ед., а доля в отраслевой структуре продаж ПР составила 23%.

В 2011 г. был отмечен также значительный рост продаж ПР в химической, резиновой и пластмассовой промышленности, пищевой промышленности, включая производство напитков, и металлообрабатывающих отраслях. На *рис. 1* показано количество ежегодно устанавливаемых ПР в 2008–2011 гг. в отраслях – основных потребителях ПР в мире.

В настоящее время на мировом рынке ПР представлено четыре основных конструктивных типа ПР: декартовы (или картезианские, портальные, линейные), роботы СКАРА (SCARA), шарнирные и параллельные роботы. На *рис. 2* показана структура мирового рынка ПР по основным конструктивным типам ПР [2, 3].

Декартовы (картезианские, портальные, линейные) роботы (*рис. 3*) представляют собой простейшую конструкцию ПР. Обычно эти манипуляторы имеют три линейные оси перемещения, ориентированные перпендикулярно друг к другу. Рабочее пространство, обслуживаемое роботом, имеет форму параллелепипеда. Декартовы роботы могут быть оснащены четвертой осью, располагающейся на конце вертикальной направляющей. Этот тип робота наиболее прост для программирования. Простота конструкции обуславливает и достаточно низкую стоимость такого оборудования. Доля продаж на мировом рынке этих роботов составила в 2011 г. 20% (32 306 ед.).

К недостаткам этих конструкций следует отнести не самую удобную форму обслуживаемого пространства, низкое соотношение размеров обслуживаемого и занимаемого роботом пространства, сильно ограниченные возможности ориентации инструмента и невозможность выполнения операций в пространствах с ограниченным доступом.

Однако в промышленности существует достаточно много работ, при выполнении которых изменение положения инструмента не только не требуется, но и нежелательно. К таким работам относятся операции обработки листовых материалов, например, сверление, резка, пайка, склеивание, операции по укладке и фасовке изделий. Для увеличения производительности при выполне-

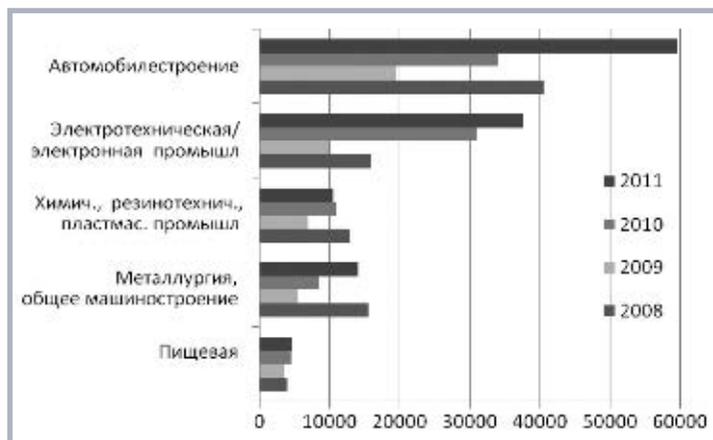


Рис. 1. Количество ежегодно устанавливаемых ПР в отраслях – основных потребителях ПР

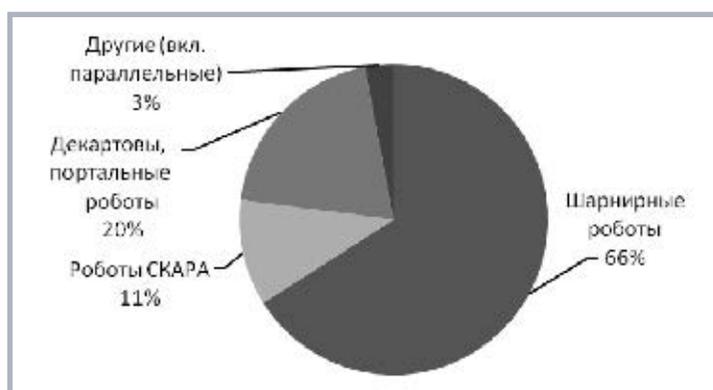
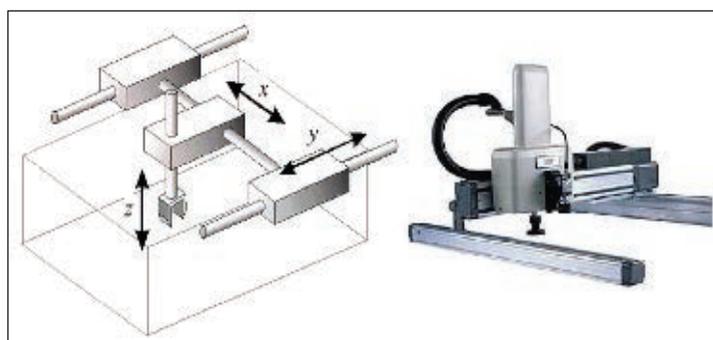


Рис. 2. Структура мирового рынка ПР по основным типам ПР, 2011 г.

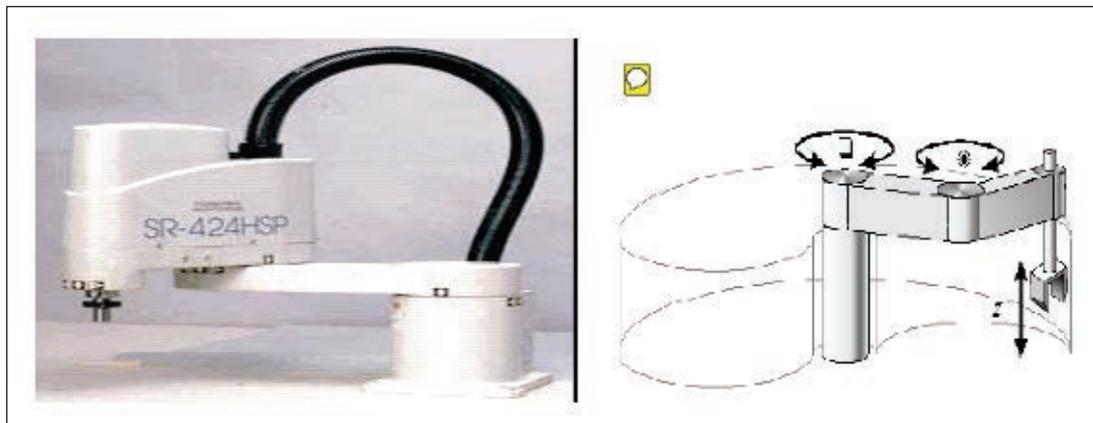


нии некоторых видов работ этот тип роботов допускает одновременное использование нескольких захватов или обрабатывающих головок, работа которых координируется специальной программой. При наличии функции синхронизации с линейным транспортером такие автоматы позволяют вести технологические процессы в непрерывном режиме.

Робот СКАРА (SCARA, *рис. 4*) получил название от аббревиатуры «сборочная роботизированная рука с избирательной гибкостью» (Selective Compliance Assembly Robot Arm). Доля таких роботов на мировом рынке в 2011 г. составила 11% (17 425 ед.). Эта

Рис. 3. Декартовы роботы

Рис. 4.
Робот СКАРА



новая концепция сборочного робота была разработана в Японии в 1981 г. Роботы СКАРА обладают более высокой скоростью выполнения операций, чем декартовы манипуляторы равного класса. Также в отличие от декартовых роботов СКАРА удобны для синхронизации работы не только с ленточными, но и с круговыми конвейерами.

Достоинство роботов СКАРА состоит в параллельном расположении осей соединений, обеспечивающем легкую подвижность руки в плоскости XY, но жесткость в направлении Z. Такая конструкция позволяет автоматизировать многие операции сборки узлов, заключающиеся в простом вкладывании круглых стержней в круглые отверстия без их соединения.

Второй важной особенностью роботов СКАРА является двухзвенная конструкция соединения манипулятора, часто называемая шарнирной и позволяющая ему вытягиваться в определенных пределах и снова втягиваться или «сворачиваться», освобождая занимаемое пространство. Это дает возможность удобно перемещать детали из одного производственного модуля в другой

или загружать-выгружать их в рабочую зону станка, имеющую ограниченный доступ.

Роботы с шарнирным манипулятором (рис. 5) занимают ведущую позицию на мировом рынке ПР. В 2011 г. их доля составила 66% (104 755 ед.). Механическая конструкция такого манипулятора по возможности перемещения напоминает действия руки человека и отличается очень высокой гибкостью. Рука робота может занять любое положение и направление внутри зоны обслуживания. Типовые шарнирные роботы имеют пять или шесть программируемых звеньев или осей. Эти роботы удобны для выполнения многих видов операций: сборки, сварки, нанесения покрытий, управления или наладки машин непрерывного литья и др.

Робот с шарнирной рукой для получения требуемого качества сварки может изменять углы ориентации головки сварочного аппарата в любых положениях, что позволяет выполнять сварку в самых труднодоступных местах. Кроме этого, шарнирные роботы компактны и обслуживаемая ими рабочая зона намного больше пространства,

Рис. 5. Робот с шарнирным манипулятором

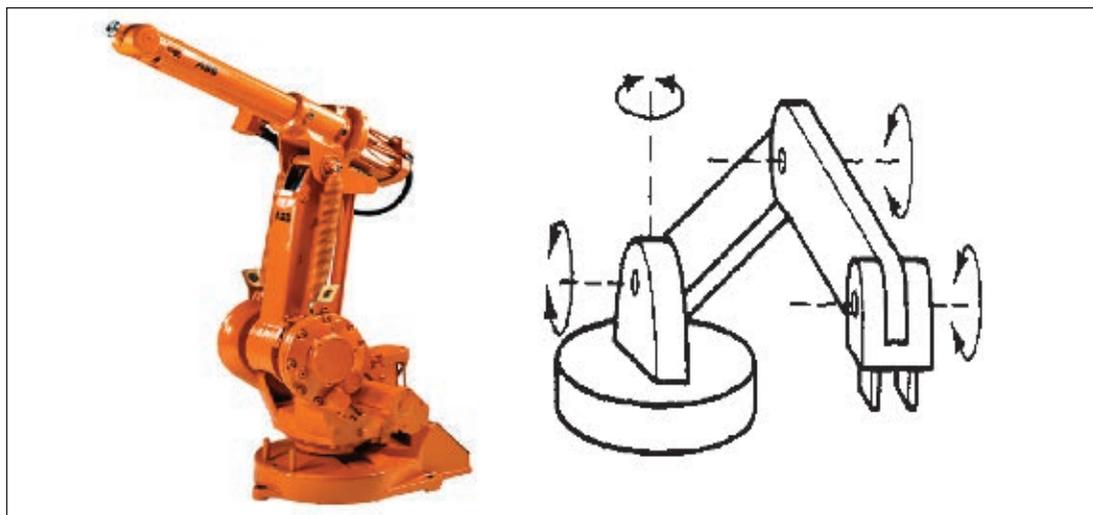




Рис. 6. Параллельный робот

занимаемого роботом. Отличительной особенностью шарнирных роботов является возможность координированного взаимодействия друг с другом, что дает возможность значительно уменьшить размеры производственных площадей.

Параллельные роботы (рис. 6) появились на рынке относительно недавно, в конце XX века. Роботы параллельной структуры характеризуются тем, что их выходное звено (платформа Стюарта) связано с основанием несколькими кинематическими звеньями, работающими параллельно в отношении передачи движения. Такие механизмы очень точны, так как в отличие от традиционных кинематических схем манипуляторов имеют замкнутые кинематические звенья, что позволяет параллельно управлять усилием, скоростью и перемещением по одной координате выходного звена. Каждое из шести кинематических звеньев имеет свой привод и определяет положение выходного звена в пространстве. Зона обслуживания такого манипулятора относительно невелика и имеет вид полусферы, рабочий орган устанавливается в центре верхней платформы сверху или снизу.

Наиболее широко распространенный тип параллельного робота — **дельта-роботы**, предназначенные для манипулирования с большой скоростью небольшими по массе предметами, в основном для выполнения операций «поднять-положить». В настоящее время опыт применения параллельной компоновки ПР накапливается. Например, предложены модели мобильных параллельных роботов для выполнения хирургических операций в медицине, для лазерной сварки и резки, орбитальной сварки трубопроводов, механической обработки и нанесения покрытий на поверхности больших размеров, дробления, смешивания сыпучих материалов, упаковки и др.

В 2011 г. доля продаж параллельных роботов на мировом рынке составила немногим более 1% (2093 ед.), но динамика ежегодного роста рынка этого типа ПР постоянно растет. В 2011 г. увеличение продаж параллельных роботов на рынке ПР составило 61% по отношению к предыдущему году, что в два раза превышает средний показатель роста продаж всех типов ПР. Для сравнения: рост продаж шарнирных роботов в 2011 г. составил 46%, СКАРА — 26%, картезианских — 13%, продажи других типов сократились на 71% [2].

Несмотря на значительный рост рынка ПР, средний уровень автоматизации промышленного производства в мире остается достаточно низким. В 2011 г. среднемировой показатель плотности роботов (количество ПР на 10 тыс. занятых в промышленном производстве) составил 55 ед. Республика Корея, Япония и Германия по показателю плотности ПР относятся к числу стран, промышленное производство которых в наибольшей степени автоматизировано. Показатель плотности ПР в этих странах в 2011 г. составил соответственно: Республика Корея — 347 ед., Япония — 339 ед. и Германия — 261 ед.

Автомобилестроение по сравнению с другими отраслями промышленности является наиболее автоматизированной отраслью. В наибольшей степени предприятия автомобилестроения роботизированы в Японии, Республике Корея, Германии и США.

Основную долю мирового парка ПР (более 80%) составляют роботы, предназначенные для выполнения операций загрузки-разгрузки (около 40%), сварки (около 30%) и сборки (около 10%).

В 2010 г. в мире было установлено более 30 тыс. сварочных роботов, а парк сварочных роботов превысил 300 тыс. ед. В табл. 2 приведены данные о ежегодных продажах и парке различных видов сварочных роботов [1].

Таблица 2. Количество ежегодно устанавливаемых и общая численность (парк) сварочных ПР всех типов и назначений в мире в 2008–2010 гг., ед.

Способ сварки	Ежегодные продажи ПР				Парк ПР			
	2008	2009	2010	Доля, 2010 г., %	2008	2009	2010	Доля, 2010 г., %
Дуговая	16 551	7 291	15 654	52	129 748	128 728	134 200	43
Контактная точечная	16 083	7 957	14 172	47	166 819	161 918	164 280	53
Лазерная	330	124	292	1	1 987	2 022	2 186	Около 1
Другие способы	1 052	259	200	–	3 458	3 616	3 564	Около 1
Пайка	531	222	17	–	2 987	2 844	2 509	Около 1
Другие	–	–	–	–	1 966	1 400	1 931	Около 1
Всего	34 547	15 553	30 326	100	306 975	300 528	308 670	100

Таблица 3. Количество установленных сварочных роботов в странах мира и их доля в общей численности установленных в 2010 г. ПР

Страна	Кол-во, ед.	Доля, %	Страна	Кол-во, ед.	Доля, %
Китай	8 000	53	Италия	807	18
Германия	4 129	29	Тайвань	605	18
Северная Америка	3 883	24	Испания	563	30
Республика Корея	3 800	16	Франция	496	24
Япония	3 609	16	Индия	446	57
Таиланд	1 449	59	Бразилия	246	50

Как видно из данных *табл. 2*, мировой парк сварочных роботов растет, несмотря на существенный спад в период кризиса 2009 г. Подавляющее большинство производимых сварочных роботов предназначено для дуговой и контактной точечной сварки. Основные типы конструкций сварочных ПР – это шарнирные и декартовы ПР. Роботы для контактной точечной сварки используют преимущественно в автомобилестроении. Роботы для дуговой сварки, помимо автомобилестроения, широко применяются в металлообрабатывающих отраслях промышленности. Спрос на сварочные роботы особенно велик в странах, имеющих или развивающих отрасль автомобилестроения, что подтверждают данные, приведенные на *рис. 2* и в *табл. 3* [1, 4].

Рынок робототехники наряду с рынком информационных технологий – наиболее быстро растущий сектор мировой экономики. Прогнозируется, что в период 2012–2017 гг. объем мирового рынка ПР увеличится примерно на 30% и достигнет 32,9 млрд. дол. при среднем ежегодном росте 5,5%. Этому способствует как увеличение объема производства в автомобилестроении, особенно в странах Азии и Южной Америки, так и рост спроса на робототехнику в отраслях общего машиностроения. На *рис. 7* показан прогноз роста производства автомобилей в регионах мира в период до 2017 г. [2].

Сегодня наблюдается отставание в уровне роботизации (по показателю плотности ПР) отраслей общего машиностроения от автомобилестроения, в промышленно развитых странах в 7–8 раз, а странах БРИК – в 19 раз, что является стимулом и потенциалом развития рынка робототехники как в промышленно развитых странах, так и в странах с развивающейся экономикой. На *рис. 8* приведены показатели плотности ПР



Рис. 7. Мировое производство автомобилей в 2009–2011 гг. и прогноз на 2012–2017 гг., млн. шт.

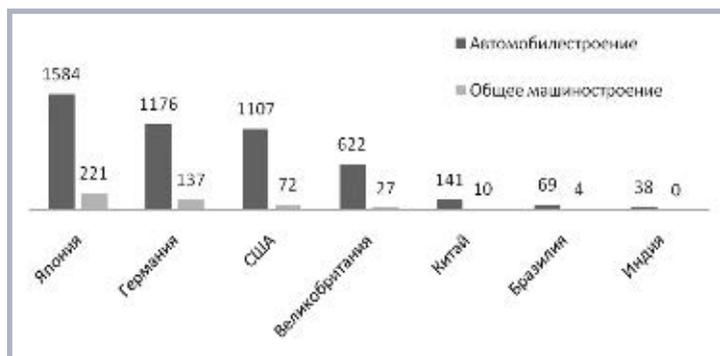


Рис. 8. Показатель плотности ПР в автомобилестроении и отраслях общего машиностроения, ед. на 10 тыс. занятых, 2011 г.

(количество единиц на 10 тыс. занятых в отрасли) в автомобилестроении и отраслях общего машиностроения Японии, Германии, США и ряда других стран мира [1, 2].

Эксперты компании KUKA – мирового лидера в области робототехники, используя данные Международной Федерации Робототехники, оценили уровень роботизации отраслей общего машиностроения в 10 странах/регионах мира по объему продаж ПР в 2011 г. (табл. 4) [2].

Как показывают данные табл. 4, в промышленно развитых и развивающихся странах, имеется значительный потенциал для роста рынка ПР. Так, например, в 2011 г. мировой рынок станков насчитывал 500 тыс. ед. и только 1,2% (6000 ед.) из них составили роботизированные устройства.

Робототехника – динамично развивающаяся отрасль, которая интегрирует инновационные разработки в области многих научных и технологических направлений, таких как информационные (компьютерные) технологии, измерительные устройства и датчики, материаловедение, управляющие и контролирующие устройства, искусственный интеллект. Достижения этих «составляющих» технологий дают толчок развитию робототехники, и наоборот, необходимость решения задач робототехники порождает открытия в «составляющих» технологиях. Ежегодные затраты на проведение научно-исследовательских работ, выполняемых крупнейшими производителями робототехники, составляет 3–6% от суммы продаж. Например, затраты группы ABB на проведение НИОКР в 2011 г. составили 1,3 млрд. дол. (3,6% от суммы продаж). Группа ABB в области НИОКР тесно сотрудничает с 70 ведущими университетами мира, включая Массачусетский технологический институт (США), Королевский институт технологий (Швеция), Университет в Карлсруе (Германия), Федеральный институт технологий (Швейцария) и др. Научно-исследовательские работы по заказам ABB выполняют более 7,5 тыс. ученых во всем мире [5].

Постоянная работа по совершенствованию и разработке принципиально новых конструкций ПР позволила существенно улучшить технико-экономические показатели предлагаемых сегодня на рынке ПР.

Промышленные роботы – это важнейшая составляющая современного производства. Робототехника дает возможность революционным образом изменить процесс

Таблица 4. Оценка уровня роботизации отраслей общего машиностроения по объему годовых продаж ПР в 2011 г.

Страна/регион	Отрасль						
	Пищевая	Электроника	Пластмассы, резина	Литье	Станко-строение	Дуговая сварка	Другие
Китай	■	■	■	■	■	■	■
Германия	■	■	■	■	■	■	■
США	■	■	■	■	■	■	■
Италия	■	■	■	■	■	■	■
Юго-Восточная Азия	■	■	■	■	■	■	■
Тайвань	■	■	■	■	■	■	■
Центральная и Восточная Европа	■	■	■	■	■	■	■
Испания	■	■	■	■	■	■	■
Швеция	■	■	■	■	■	■	■
Франция	■	■	■	■	■	■	■

Примечание. ■ — высокий: ≥ 300 ед., ■ — средний: 150–300 ед., ■ — низкий: ≤ 150 ед.

промышленного производства, способствует комплексному решению задач улучшения качества и повышения производительности, экономии материальных, энергетических и людских ресурсов на новом технологическом уровне. Зачастую применение роботов – это сегодня единственно верный способ выживания в условиях конкуренции не только крупносерийного, но и среднего и малого производства.

Список литературы

1. *World Robotics 2012, United nations, new York and Geneva, 2011.*
2. *Reuter T. Automatica 2012 // KUKA AG. – May 22, 2012.*
3. *К.И. Рахманов. Промышленные роботы // Главный механик. – 2011. – №2. – с. 52–61.*
4. *Karabegovic I., Karabegovic E., Pasic S., Isic S. World Trend of the Industrial Robot Application in the Welding Processes// International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS. – 2012. – vol.12. – N1. – p. 69–74.*
5. *ABB Investor Presentation 2012// www.abb.com.*
6. *Spitzauer A. KUKA AG Company Presentation// KUKA AG. – September 2012.*
7. *Czinki A., Bruhm H. Innovation Outlook for Industrial Robots//Robotica. – 2012. – v. 18. – N2. – p. 114–119.*

● #677

ХІІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2013

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ
ТРЕХ**

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА



**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
ТРЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР
ТРЕХ**

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ



ПОДШИПНИКИ



УКРСВАРКА

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



СУБКОНТРАКТЫ

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗМОВ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ

Генеральные
информационные партнеры:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Министерства промышленной политики Украины

Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"

19-22

НОЯБРЯ 2013 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"



Присоединяйтесь! В Москве!

**WELDING
& CUTTING**



RUSSIA

RUSSIA ESSEN WELDING & CUTTING

25-28.06.2013 МОСКВА / ЭКСПОЦЕНТР

**5-я Международная
специализированная выставка
Сварка. Резка. Наплавка**

Аттестация персонала и... фальшивый диплом IWE

Е.П. Чвертко, IWE, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

В 2012 г. впервые был выявлен поддельный диплом Международного инженера по сварке, причем произошло это в центре Западной Европы — в Бельгии. Дело обстояло следующим образом: обладатель диплома (его имя не названо из этических соображений) в течение почти десяти лет (с 2003 г.) проработал в компании, практически не сталкиваясь с задачами по координации сварочных работ. Другая компания предложила ему контракт, им нужен был координатор, чтобы пройти сертификацию по новым стандартам. Выполняя работы в новой должности, новый координатор принял ряд странных с технической точки зрения решений, которые заставили руководство усомниться в том, что этот человек должным образом прошел обучение в области сварки и родственных технологий. Директор компании запросил копию диплома в Институте сварки Бельгии (поскольку эта организация была упомянута на бланке), в результате чего и была выявлена подмена.

В чем же заключается смысл подделки дипломов такого уровня? И как это может отразиться на деятельности компаний, в которых работает «фальшивый» координатор работ?

В действующих редакциях стандартов в области сварочного производства (напри-

мер, EN 1090-2:2008 «Производство стальных и алюминиевых конструкций — Часть 2: Технические требования к стальным конструкциям», EN 15085-2:2007 «Объекты железнодорожного транспорта — Сварка узлов транспортных средств — Часть 2: Требования к качеству и сертификация сварочного производства» указано, что компания, выполняющая работы по сварке, должна иметь в штате лицо, ответственное за проведение сварочных работ — координатора (в оригинальной англоязычной версии «must have», то есть это обязательное условие, исключений быть не может). В зависимости от объема и сложности работ требуется координатор базового (B), специального (S) или полного (C) уровня (таблица из стандарта EN-1090-2).

Задачи и обязанности координаторов сварочных работ всех уровней описаны в стандарте ДСТУ ISO 14731 «Координация зварювальних робіт. Завдання та функції» (ISO 14731:2006, IDT). В Приложении А этого стандарта приведены ссылки на документы Международного института сварки

Таблица из стандарта EN-1090-2

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			t ≤ 25 ^a	25 < t ≤ 50 ^b	t > 50
EXC2	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C ^c
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C ^c	C
EXC3	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	All	All	C	C	C

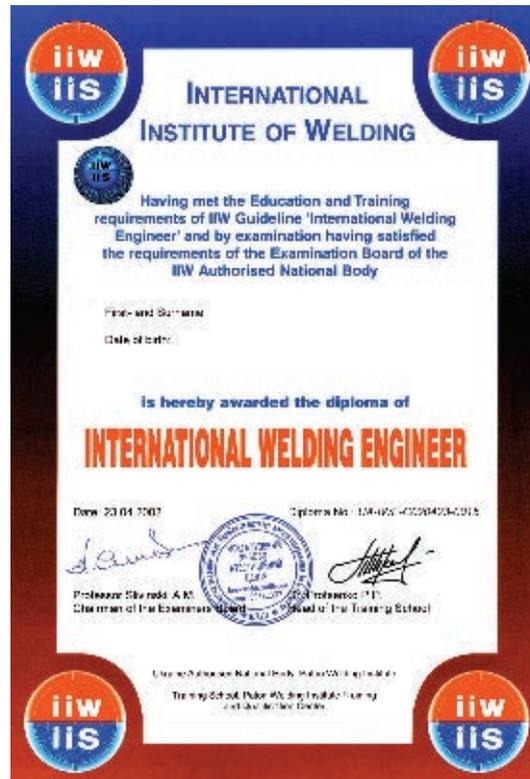
^a Column base plates and endplates ≤ 50 mm.
^b Column base plates and endplates ≤ 75 mm.
^c For steels up to and including S275, level S is suffic ent.
^d For steels N, NL, M and ML, level S is suffic ent.

(МИС), в которых описаны требования к организации обучения и аттестации координаторов. Согласно этим документам, кандидату может быть присвоена квалификация Международного инженера по сварке (IWE, полный уровень), технолога (IWT, специальный уровень) и специалиста (IWS, базовый уровень). В стандарте (п. 6.2) также указаны требования к уровню знаний для каждой категории персонала.

Если же в компании нет координаторов требуемого уровня, участие ее в работах, связанных с производством сварных конструкций определенных видов, будет невозможно.

С другой стороны, количество людей, аттестованных как координаторы сварочных работ, согласно требованиям стандарта ISO 14731, в Украине невелико, а спрос на таких специалистов с каждым годом растет: отечественные компании работают с иностранными партнерами и, соответственно, им необходима сертификация. Нередко возникает ситуация, когда у производителя уже налажены связи с зарубежными партнерами и те, в свою очередь, требуют от наших сотрудников периодического повышения квалификации, в том числе и по программам МИС. Бывают случаи, когда руководство направляет сотрудника на аттестацию, но он не соответствует требованиям руководства по обучению (например, не имеет достаточного опыта работы). Случается, что сами кандидаты не соглашаются ехать в Киев на три недели или, приехав, наплеватьски относятся к учебному процессу, а впоследствии возмущаются отрицательными результатами аттестации. Все это создает соблазн ввести работодателя в заблуждение. В этой ситуации важно даже не то, что человек с «липовой» квалификацией будет незаслуженно получать деньги. Проблема в том, что за его ошибки, которые привели к выходу конструкций из строя, отвечать придется компании. Да и ущерб может быть не только материальным, могут пострадать люди.

Система квалификации персонала МИС. В конце прошлого века институты сварки из нескольких европейских стран — членов Европейской федерации сварки (www.ewf.be) пришли к выводу о том, что необходимо гармонизировать обучение и аттестацию в этой отрасли. В 1992 г. был утвержден первый гармонизированный курс Европейского инженера по сварке (EWE). Потом были разработаны курсы Европейского технолога (EWT) и специалиста



(EWS), за ними последовали две рабочие категории: Европейский практик (EWP) и сварщик (EW).

В 2000 г. положительный опыт Европейской федерации перенял Международный институт сварки (www.iiwelding.org). Европейские программы стали международными, соответственно изменились и их названия. На сегодняшний день в Европе оба диплома признаются наравне, а человек, имеющий диплом Европейского инженера, может без дополнительной аттестации получить диплом международного, и наоборот. Международные же дипломы признаются во всем мире. В 2011 г. Европейская федерация сварки разработала руководство для малых и средних компаний по приведению производства в соответствие с требованиями стандарта EN 1090-2 (оно находится в открытом доступе на сайте организации). В нем, в частности, приведена информация и относительно координаторов сварочных работ.

В каждой стране за корректное внедрение гармонизированных курсов отвечает одна организация — Уполномоченный национальный орган — и только она имеет право проводить аттестацию персонала и выдавать международные дипломы. В Украине это Межотраслевой учебно-аттестационный центр ИЭС им. Е.О. Патона (<http://muac.kpi.ua>). Обучение можно проходить также в уполномоченных учебных

центрах. На сегодняшний день таких центров в Украине два: МУАЦ ИЭС им. Е. О. Патона и Сварочный факультет НТУУ «КПИ» (<http://weld.kpi.ua>).

Перечень программ МИС, внедренных в Украине. В МУАЦ ИЭС им. Е. О. Патона в такой перечень входят: Международный инженер (IWE), технолог (IWT), специалист (IWS), практик (IWP) по сварке, сварщик (IW) угловых швов, пластин и труб, инспектор полного (IWI-C), стандартного (IWI-S), базового (IWI-B) уровня.

Сварочный факультет НТУУ «КПИ» проводит обучение и аттестацию по квалификациям Международный инженер (IWE) и технолог (IWT) по сварке.

Следует также отметить, что для Украины разработаны и утверждены сокращенные курсы для людей, имеющих высшее и среднее специальное образование в области сварки. Преподаватели специальных дисциплин и мастера производственного обучения профтехучилищ при прохождении повышения квалификации могут получить

дипломы Международных специалистов и практиков соответственно. Студентам Сварочного факультета НТУУ «КПИ», обучающимся по интегрированному плану, предоставляется возможность получить диплом Международного технолога по окончании курса бакалавра. Диплом бакалавра по направлению «Сварка» дает право на сокращение программы Международного инженера. В стадии внедрения находится аналогичная программа для учащихся ПТУ по профессии «Сварщик» с получением квалификации Международного сварщика.

Каждому выданному диплому присваивается уникальный код, который впоследствии вносится во всемирный реестр. В случае сомнений в подлинности документа (независимо от того, в какой стране он был выдан), для его проверки можно обращаться в МУАЦ ИЭС им. Е.О. Патона (e-mail: paton_muac@ukr.net).

В статье использованы материалы, предоставленные Р. Веннекенсом, директором ABS-BVL.

● #678

«СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ» в рамках выставки



СТАНКОСТРОЕНИЕ

15-18 октября 2013 Крокус Экспо, Москва

при поддержке Торгово-Промышленной палаты РФ и Московской торгово-промышленной палаты



Тематика выставки:

- Оборудование для термической обработки (сварки, резки, пайки, наплавки);
- Оборудование для термической газовой и плазменной резки металла;
- Лазерная сварка, резка, наплавка;
- Дуговая и аргонная сварка металла;
- Контактная сварка. Оборудование и технологии;
- Клейка металла и других материалов. Оборудование, технологии, материалы;
- Ковка металла. Оборудование для создания неразъемных соединений.

Современное оборудование от ведущих компаний

Организатор
выставки:



ООО «Райт Солюшн»
info@stankoexpo.com

+7 (495) 988-27-68

www.stankoexpo.com

Генеральный информационный партнер





Х Международный конкурс сварщиков «Золотой кубок Бенардоса»

состоится 12–16 августа 2013 г.
в г. Южный Одесской обл. (Украина)

На конкурс приглашаются сварщики из Украины и других стран,
имеющие опыт работы.

Конкурс будет проходить в следующих номинациях:



РДЭ (111)

ручная дуговая сварка
покрытым электродом



МАГ (135)

дуговая сварка металличе-
ским плавящимся электродом
в активных газах



ВИГ (141)

дуговая сварка вольф-
рамовым электродом
в инертных газах



ГС (311)

газовая сварка

Победители и призеры конкурса в личном и командном зачетах награждаются:

Памятным кубком Бенардоса.

Дипломом Общества сварщиков Украины.

Ценными подарками и денежными премиями.

Международным сертификатом сварщика.

Организаторы конкурса:

Общество сварщиков Украины

Одесское областное Общество сварщиков Украины

Одесский припортовый завод

Полная информация о конкурсе представлена на сайтах: www.tzu.key.ua и www.tzu.od.ua.

Заявки на участие в конкурсе принимаются **до 10 мая 2013 г.** по адресу:

Украина, 65003 г. Одесса, Газовый переулок, д. 4, Одесское областное ОСУ,

Оргкомитет конкурса, факс: + 380-48-758-61-41,

тел.: + 380-48-758-62-12, 741-14-85, 723-37-40; e-mail: osu-odessa@ukr.net

К 80-летию Уралмашзавода

История сварочного производства Уралмаша

В.И. Панов, д-р техн. наук, ОАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург)

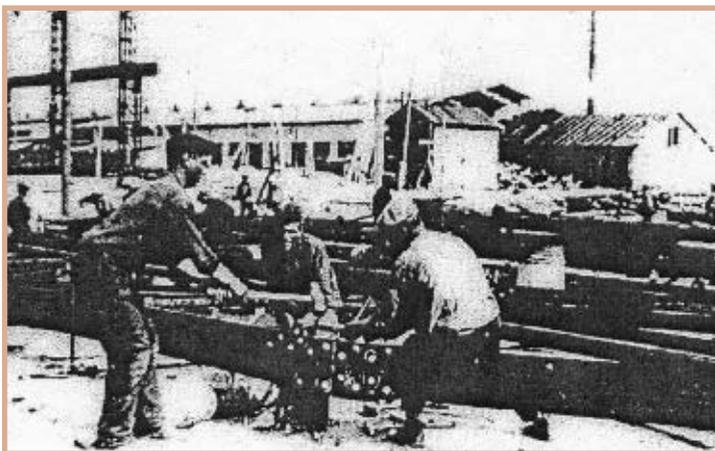
О показателем сварочном производстве Уралмашзавода сказано много, работы его ведущих специалистов и рабочих отмечены высокими государственными наградами. Приведем лишь отдельные моменты истории, малоизвестные широкому читателю.

Сварочное производство Уралмашзавода пережило несколько этапов.

Первый этап создания сварочного производства (1928–1933 гг.) начался одновременно со строительством завода. Специалисты, проектировавшие завод, предложили начать его строительство с сооружения цеха металлоконструкций (ЦМК). Эту идею горячо поддержал начальник строительства Александр Петрович Банников. 15 июля 1928 г. состоялась торжественная закладка первого камня в основание фундамента первого цеха — цеха металлоконструкций.

В изготовлении металлоконструкций дуговая сварка в те времена почти не применялась. Сварные конструкции были большой редкостью. Металлоконструкции выполнялись с помощью клепки (рис. 1). Возле ЦМК размещался огромный плац для производства клепальных работ. Это был тяжелый малопроизводительный труд. К тому же клепальные молотки издавали такой шум, что рабочие быстро теряли слух. Клепальщиков называли «глухарями».

Рис. 1. Рабочий момент изготовления клепаной конструкции на плацу цеха металлоконструкций



Также 15 июля 1928 г. Управление строительством Уралмашиностроя организовало отдел по проектированию, производству и возведению металлических сооружений. Его возглавил молодой инженер Григорий Петрович Михайлов.

Первый производственный цех будущего завода вошел в строй 15 июля 1929 г. на три месяца раньше намеченного срока: группа проектировщиков во главе с Г.П. Михайловым заранее подготовила чертежи конструкций каркасов цехов.

Г.П. Михайлов родился 1 января 1899 г. в Елабуге. Первоначальное образование он получил в реальном училище (1916 г.), а в 1924 г. окончил Московский институт инженеров путей сообщения. Молодой специалист прекрасно знал, что такое металлоконструкции. В 1927–1928 гг. Г.П. Михайлов руководил строительством нового мартеновского цеха Пермского пушечного завода, и он начал применять сварку при изготовлении металлоконструкций.

Надо учесть, что Г.П. Михайлов работал на заводе, где его горный управитель Н.Г. Славянов создал дуговую сварку плавлением металлическим электродом. Под его руководством было отремонтировано более 1600 наименований различных деталей особо ответственного назначения: гребные валы пароходов, сосуды давления, лафеты пушек и многое другое. Восстановленные конструкции успешно эксплуатировали долгое время. Поэтому можно предположить, что Г.П. Михайлова захватили разработки Н.Н. Славянова, и он видел в них будущее развитие производства металлоконструкций.

Но его позицию многие не разделяли, сварные конструкции особого энтузиазма не вызывали. Поэтому первоначально с помощью сварки изготавливали хозяйственный инвентарь, емкости, лестницы, ограждения и др. Постепенно задачи усложнялись. В 1930 г. были спроектированы и изготовле-

ны сварные междуэтажные перекрытия. У современного инженера первая сварная ферма, предназначенная для первого механического цеха, вызвала бы улыбку. Она представляла собой смесь элементов, являющихся традиционными составными частями такого рода конструкций (пояса, раскосы и др.), и большого числа дополнительно установленных различных уголков, косяков, накладок. По мере совершенствования ферм число дополнительных крепежных деталей уменьшалось. Таким образом, сварные металлоконструкции стали первой продукцией Уралмашзавода, точнее Уралмашиностроя.

Сооружение будущего гиганта тяжелого машиностроения потребовало большого количества металлоконструкций, которые надо было изготовлять на месте. Однако в то время практически отсутствовала отечественная и зарубежная литература по этому вопросу. Г.П. Михайлов сыграл выдающуюся роль в коренном изменении взглядов на сварку. По его инициативе были организованы курсы по обучению сварщиков и специализации инженерно-технических работников (проектировщиков, конструкторов и технологов). Для проведения занятий были приглашены крупнейшие отечественные специалисты сварочного дела проф. В.П. Вологдин, проф. К.К. Хренов и др. Первый выпуск курсов в 1930 г. насчитывал 39 человек, а в 1932 г. — уже 50 человек. В 1932 г. были созданы курсы для инженеров-сварщиков (рис. 2).

Такая подготовительная работа немедленно дала результаты. Для строящегося завода были изготовлены мачты для прожекторов высотой 24 м, дымовые трубы высотой до 40 м. Была выполнена сварка газопровода протяженностью 3 км. К качеству сварки подобных сооружений предъявляют исключительно высокие требования. Проектирование таких конструкций иначе как технической дерзостью не назовешь. А в то время обоснованных норм и технических условий к сварным конструкциям еще не было. Многие определялись интуицией, грамотностью и смелостью проектанта. Еще до официального пуска завода ЦМК Уралмашиностроя изготовил 27 тыс. т металлоконструкций для строящегося завода тяжелого машиностроения и для других гигантов отечественной промышленности: Магнитогорского металлургического комбината, Первоуральского Ново-трубного завода и других заводов.



Помимо Г.П. Михайлова, большая роль в организации базы по проектированию и изготовлению металлоконструкций на Уралмашзаводе принадлежит конструктору, а затем старшему мастеру Д.Г. Ницбергу (будущему коммерческому директору Уралмашзавода), конструктору Д.И. Беренкову (впоследствии главному инженеру Уралмашзавода), технологам В.Н. Соловьеву, А.А. Кириллову, А.А. Урбанскому и др.

К середине 1930-х годов Уралмашзавод стал признанным лидером по изготовлению сварных конструкций крупных размеров.

На третьем Всесоюзном автогенном съезде (Москва, март 1931 г.) немецкий специалист Шмуклер демонстрировал как крупнейшее достижение сварную подкрановую балку длиной 5 м. Выступивший на следующий день в качестве докладчика от строящегося завода Г.П. Михайлов рассказал об опыте изготовления сварной конструкции подкрановых балок для кранов грузоподъемностью 50 т и длиной пролета 10 м.

Инженер необычайно широкого кругозора, Михайлов известен фундаментальными разработками способов расчетов конструкций экскаваторного оборудования, канатных дорог. Он также занимался проектированием железных дорог и железнодорожных мостов. Г.П. Михайлов был человеком невероятной работоспособности. Не отрываясь от Уралмашзавода, в 1931 г. он по совместительству работает помощником заведующего кафедрой металлоконструкций, а в 1932–1934 гг. — заведующим кафедрой строительной механики и металлоконструкций. В 1933 г. заканчивает еще один вуз — Уральский металлургический институт. Через несколько лет он организовал

Рис. 2. Выпуск первых технологов-сварщиков. Третий ряд (в квадратных рамках), слева направо: А.А. Кириллов, Г.П. Михайлов, В.Е. Волышко

одну из первых отечественных кафедр сварочного производства, которую он возглавлял (с перерывами) до своей кончины в 1958 г.

По инициативе Михайлова в 1932 г. была создана исследовательская группа, которую возглавил Алексей Алексеевич Кириллов. В дальнейшем она переросла в многопрофильную сварочную лабораторию. Когда в 1962 г. был создан научно-исследовательский подотдел отдела главного сварщика Уралмашзавода, она стала основой для создания лабораторий для исследования сварочных процессов, наплавки, механизированных способов сварки, электрошлаковой сварки, проблем металловедения и электротехники.

И снова нельзя не отметить роль Г.П. Михайлова, но на этот раз как крупнейшего ученого-электротехника. Он создает новое научное направление — сварку трехфазной дугой. По сравнению с однофазной сваркой производительность при этом способе возрастает в 1,5–2 раза, а экономия электроэнергии составляет 25–30%.

Основы сварки переменным током разработал академик В.Ф. Мицкевич в 1903–1905 гг. В «Сварочном вестнике» (1927 г.) и в журнале «Электричество» (1932 г.) сообщалось о больших затруднениях, связанных с трехфазной сваркой. Так, инженер И. Зак писал, что схемы, предложенные Гольслэгом в США, Шмидтом в Германии, Бетено во Франции, Клинкамером в Голландии теоретически неправильны и практически неприемлемы. Другие авторы считали, что основная причина, задерживающая внедрение этого способа сварки, — отсутствие специальных сварочных трансформаторов. Эту проблему решил проф. Н.С. Сиунов, будущий ректор УПИ им. С.М. Кирова. Для питания сварочным током был разработан специальный трансформатор.

Под руководством Г.П. Михайлова был проведен огромный комплекс работ. Он включал исследование трехфазной электрической дуги и ее воздействие на процесс сварки; исследование различных способов сварки трехфазной дугой; разработку сварочных материалов, оснастки и оборудования для трехфазной сварки и другие принципиально важные вопросы.

Ко второму этапу создания сварочного производства относится предвоенный период 1933–1941 гг., когда сварку ста-

ли применять при изготовлении машин и оборудования, она становится процессом, заменившим клепку. С использованием сварки стали производить мостовые и козловые краны, вагранки и другие ответственные конструкции, например станины фанерных прессов. Тогда специальная фанера широко применялась в производстве боевых самолетов.

Описывая два периода становления сварочного производства Уралмашзавода, нельзя не отметить Владимира Евгеньевича Волынка (1900–?). Судя по архивным данным, это была исключительно неординарная личность с совершенно необычной судьбой. Первоначально он учился в Екатеринбурге в горном институте, созданном по прямому указанию Николая II. Во время гражданской войны сначала воюет на стороне белых, затем переходит на сторону красных. В 1920 г. студент третьего курса Московской горной академии уезжает на практику на золотоносные прииски и в вуз не возвращается. На различных приисках он занимает достаточно ответственные должности, а в 1923 г. резко меняет свою специальность: становится электросварщиком. В 1925–1926 гг. В.Е. Волынка выполняет восстановительные работы конструкций особо ответственного назначения на Надеждинском металлургическом заводе (ныне город Серов). Вызывает удивление талант, ум и дерзость этого молодого человека. Даже в наши дни найдется не много специалистов, способных решать задачи на таком высоком инженерном уровне. Свой опыт Волынка обобщил в

цикле лекций для специалистов сварочного производства «Дуговая сварка в ремонтном деле». По оценке крупнейшего авторитета того времени А.Н. Огиевского — это было первое в мире подобное издание.

С 12 января 1930 г. Владимир Евгеньевич — работник Уралмашинстроя в должности инструктора электросварки ЦМК. Затем он работал инженером-проектировщиком, старшим инженером сварки, заведовал курсами по подготовке сварщиков для Уралмашзавода. Среди наиболее ярких работ Волынка, выполненных совместно с А.А. Урбанским и другими электросварщиками, — сварка бака вместимостью 700 м³ водонапорной башни Уралмашзавода, пожалуй, одного из самых значимых памятников эпохи конструктивизма, широко известного под названием «Белая башня» (рис. 3). Подоб-



Рис. 3. Памятник эпохи советского конструктивизма — водонапорная башня архитектора М.В. Рейшера (1929 г.)

ная работа была сделана в Чикаго, но вместимость бака была много меньше.

О признании уникальности работ В.Е. Волинко свидетельствуют многочисленные факты. Он принял участие в работе 1-го Всесоюзного автогенного съезда специалистов сварочного производства. В.Е. Волинко неоднократно избирали членом Уральского областного бюро инженеров и научных работников сварочного дела. К сожалению, В.Е. Волинко повторил печальную судьбу многих людей того времени.

После ликвидации Российской ассоциации пролетарских писателей (РАППП) в Свердловск был сослан Леопольд Авербах, племянник Я.М. Свердлова, дальний родственник видного партийного деятеля В. Бонч-Бруевича. Он был назначен редактором уралмашевской многотиражной газеты, а затем избран секретарем парткома завода. Кстати, именно Авербах послужил для М.А. Булгакова прообразом Воланда в романе «Мастер и Маргарита». Авербах сожалел, что на Уралмашзаводе до сих пор не было публичных политических дел. Случай подвернулся. Из-за элементарной безграмотности и безответственности рабочих — вчерашних крестьян, сгорел кузнечный цех, в те годы крупнейший в Европе. В ходе процесса, на котором Авербах был главным обвинителем, обвинения были предъявлены 10 крупнейшим заводским специалистам. Четверо из них были приговорены к расстрелу. В.Е. Волинко присудили 10 лет. Его дальнейшая судьба неизвестна. В 1956 г. он письменно обратился в отдел кадров Уралмашзавода с просьбой выслать трудовую книжку. На этом следы этого талантливого специалиста потерялись.

Сварщики Уралмашзавода в 1930-е годы приняли участие в реализации одного из самых грандиозных проектов современности.

Эта история началась на Первом съезде Советов СССР, состоявшемся в 1922 г., где С.М. Киров предложил «воздвигнуть новый дворец рабочих и трудящихся крестьян» на месте «дворцов банкиров, помещиков и царей». Но тогда эта идея «еще не вызрела». О ней вспомнили в 1924 г., когда возник вопрос об увековечении памяти В.И. Ленина. «Нужно построить грандиозное здание, которое должно стать одновременно памятником В.И. Ленину, Коминтерну и образованию Союза ССР», — таково было решение руководства Всесоюзной Коммунистической партии (большевиков).

В середине 1930-х годов Уралмашзавод приступил к изготовлению сварных конструкций для Дворца Советов. Для них отечественными металлургами была создана сталь марки ДС («Дворец Советов»). По тем временам она считалась особо прочной. Технологам и рабочим Уралмашзавода нужно было освоить принципиально новую марку стали и в короткие сроки наладить производство сварных конструкций.

Одной из особенностей этой стали было наличие в ней меди. Этот элемент, помимо повышения коррозионной стойкости металла, вызывает красноломкость, то есть при ее сварке возникает повышенная опасность образования горячих трещин, что было недопустимо. Требовалось разработать приемы и режимы заготовительных операций, сборки и сварки особо ответственных конструкций. С 1940 г. начался монтаж каркаса сварных конструкций сооружения, причем он выполнялся очень быстрыми темпами.

Начавшаяся Великая Отечественная война внесла свои коррективы. Уже в сентябре — октябре 1941 г. из подготовленных для монтажных работ сварных металлоконструкций были изготовлены противотанковые ежи для обороны Москвы. В этой работе принимали участие и уралмашевцы.

Уралмашзаводу была поставлена задача в кратчайшие сроки освоить производство броневой стали и обеспечить ее выпуск в требуемом объеме. Задача казалась неразрешимой, так как южные металлургические заводы находились на оккупированной фашистами территории. Поэтому заводскими специалистами было предложено в качестве основы использовать сталь «ДС», которая осталась на Уралмаше. Затем настала очередь собранного каркаса Дворца Съездов. После оккупации Донбасса стальные конструкции Дворца Советов были использованы для сооружения мостов вновь построенных железнодорожных магистралей. По ним перевозили уголь, добытый в северных районах, в центральные районы страны.

Полученный опыт позволил Уралмашзаводу в очень короткие сроки уже в послевоенные годы, в период восстановления разрушенного войной хозяйства, освоить производство особо ответственных конструкций индивидуального тяжелого машиностроения из аналогичной марки стали 10ХСНД, в состав которой также входит медь.

В конце прошлого века при сооружении Храма Христа Спасителя выяснилось, что грандиозный фундамент Дворца Советов сохранился, поэтому цикл работ, связанный с его изготовлением, был коротким. Возможно, в фундаменте храма сохранились изделия первого поколения уралмашевских сварщиков — уникальные металлоконструкции.

Еще студентами мы знали, что на Уралмашзаводе работает легенда отечественной и мировой ремонтной сварки Вячеслав Алексеевич Батманов (рис. 4) и что самым молодым среди уралмашевских начальников цехов является Николай Рыжков — начальник сварочного цеха № 31 (бывший ЦМК), одного из самых сложных цехов. Тогда мы, конечно, не предполагали, что симпатичный долговязый парень будет последним Председателем Совета министров СССР.

В.А. Батманов я увидел летом 1957 г. во время прохождения практики на Уралмаше: невысокого роста, широкоплечий, очень скромно одетый. Тогда 67-летний Вячеслав Алексеевич защищал дипломный проект. Его блестящий доклад был посвящен холодной сварке чугуна, одним из основателей которой он был сам.

После окончания института я начал работать в отделе главного сварщика Уралмашзавода. С Батмановым встречались редко, ко мне он обращался не иначе, как «товарищ Панов». А моим начальником В.А. Батманов, заведующий лабораторией сварочных процессов, стал в 1965 г., мы проработали вместе до его кончины в 1969 г.

Это была ярчайшая личность во всех отношениях. Получил всестороннее домашнее образование, часто цитировал А.С. Пушкина. Его отец А.Н. Батманов — петербуржец, адвокат, народоволец, арестант Петропавловской крепости, высланный в Екатеринбург. Он занимал ведущее положение в культурной жизни Екатеринбурга тех лет, был одним из основателей легендарного Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ).

Осваивать сварку Батманов начал еще до первой мировой войны в Санкт-Петербурге, работая сварщиком на Путиловском заводе и «Северной верфи». Поступил в Императорский электротехнический институт имени Александра III. В 1916 г. окончил военное училище, получил первое офицерское звание — прапорщик. В 1918 г. В.А. Батманов был мобилизован в Белую армию. Гражданскую войну он закончил в Красной армии. Служил в радиотехнических войсках.

Секреты сварочного мастерства В.А. Батманов продолжал осваивать на судоверфи в Николаеве, затем на Верх-Исетском заводе (Свердловск) и других предприятиях.

Сварочная энциклопедия, изданная в США в 1930 г., свидетельствует, что в то время Батманов был мировым лидером в вопросах ремонтной сварки особо ответственных толстостенных конструкций. Его известность не имела границ. Есть предположения, что Батманов имел контакты с Американским сварочным обществом.

Работы Батманова до сих пор поражают воображение: 1926 г. — устранение трещины длиной 2,5 м в чугунном цилиндре реверсивной паровой машины (Надеждинский металлургический завод); с 1935 г. В.А. Батманов — уралмашевец, его трудовая книжка пестрит благодарностями за произведенные восстановительные работы; 1936 г. — ре-



Рис. 4. В.А. Батманов

монтная сварка цапфы валка диаметром 800 мм прокатного стана; 1939 г. — высококачественный ремонт цилиндра парореверсивной машины в короткие сроки.

Ему был вручен аттестат отличника социалистического соревнования (за подписью наркома танковой промышленности Малышева), почетный значок московского Метростроя за разработку технологии ремонтной сварки тубингов для Московского метрополитена, а в 1966 г. он был награжден медалью «За трудовую доблесть».

Как раритет, у меня хранится записная книжка Батманова с перечнем предстоящих и выполненных работ. Работоспособность была потрясающей. Даже в возрасте 72 лет его рабочий день длился не менее 12 часов.

Широко известны книги Вячеслава Алексеевича по ремонтной сварке, они изданы на европейских языках и востребованы и сейчас. Сам В.А. Батманов был прекрасным сварщиком. До войны электроды для устранения крупных дефектов делали следующим образом: прутки диаметром 10–12 мм обматывали асбестовым шнуром, который крепили к стержню проволокой, затем окунали в жидкое стекло и высушивали. Какую физическую силу надо было иметь, чтобы держать в течение смены такую тяжесть. Сила тока доходила до 1000–1100 А. А ведь еще надо было управлять огромной массой расплавленного металла и обеспечивать высокое качество сварки.

Когда Батманов делал ремонтную сварку массивных деталей, рядом лежали пакетики с различными ферросплавами, время от времени Вячеслав Алексеевич производил легирование металла шва большой толщины. Он не просто наугад сыпал порошки, этому предшествовал тщательный расчет.

В декабре 1941 г. сломалась станина прессы, на котором штамповали заготовки валков для прокатки броневых сталей, самолетных пропеллеров, деталей танков и самоходок. Надо было иметь огромное мужество и глубокое понимание поведения металла базовой детали тяжело нагруженного оборудования, чтобы в такой страшной обстановке (в случае неудачи мог грозить тюремный срок) предложить абсолютно новый прием — вварку пакета пластин в жесткий контур. Впоследствии специалисты назовут такой прием «батмановским» швом. Когда же работа была успешно проведена в кратчайшие сроки, Вячеслава Алексеевича спросили, чем его отблагодарить. Он попросил тарелку супа. ● #679



weldex

РОССВАРКА

13-я Международная выставка
сварочных материалов, оборудования и технологий

8 – 11 октября 2013 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

+7 (495) 935 81 00

Более 250 компаний из 20 стран мира!



Всё для сварки, резки и наплавки!

www.weldex.ru

заполните заявку на участие на сайте www.weldex.ru

Организатор:



При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли РФ
Трансформации Москвы
Торгово-промышленной палаты РФ
Трансформации Московской обл. и
Московской Торгово-промышленной палаты

При содействии:



Генеральный
информационный партнер:



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».**

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
637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648
649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660
661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672
673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684

Ф. И. О. _____
Должность _____
Тел. (_____) _____
Предприятие _____
Подробный почтовый адрес: _____
« _____ » _____ 2013 г.

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 2013 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 **200-80-14**, +380 50 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com
www.welder.kiev.ua, www.welder.msk.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 НИИ-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



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, (499) 400-50-00;
(8-4967) 60-55-61, 60-55-62



Новейшая инновационная серия клеммы заземления — центраторы «Корд»

ООО «Компания «Корд» на рынке газосварочного оборудования уже 17 лет.

Особенность оборудования, производимого компанией «Корд», в том, что все изделия — результат инновационных разработок, защищенных патентами. К таким изделиям относятся клеммы заземления — центраторы, не имеющие аналогов.

Новейшая инновационная серия клеммы заземления — центраторы «Корд» предназначены для присоединения сварочного кабеля к заземлению и для центрирования торцов труб (диаметром до 90 мм) при их сварке встык.

Основные преимущества:

- прочная литая конструкция из латуни;
- долговечность;
- минимальное электрическое сопротивление.

Технические характеристики

Наименование	Максимальная сила сварочного тока, А	Наружный диаметр центрируемых труб, мм
КЗ-40С-ЦТ 10,2-48	400	10,2–48,0
КЗ-40С-ЦТ 13,5-60	400	13,5–60,0
КЗ-50С-ЦТ 42,3-60	500	42,3–60,0
КЗ-50С-ЦТ 21,3-75,5	500	21,3–75,5
КЗ-60С-ЦТ 42,3-60	600	42,3–60,0
КЗ-60С-ЦТ 42,3-60	600	42,3–88,5



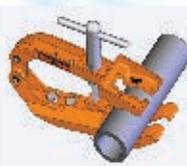
КЗ-40С-ЦТ 10,2-48



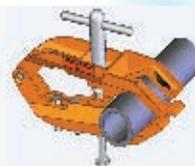
КЗ-40С-ЦТ 13,5-60



КЗ-50С-ЦТ 42,3-60



КЗ-50С-ЦТ 21,3-75,5



КЗ-60С-ЦТ 42,3-60



КЗ-60С-ЦТ 42,3-60