

Патоновская марка



СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ **4** 2017
июль-август

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

Fronius

**СВІТОВА ПРЕМ'ЄРА: 25-29 ВЕРЕСНЯ,
ВИСТАВКА «ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ»
М. ДЮССЕЛЬДОРФ, НІМЕЧЧИНА**

Цікаво знати
більше?



 facebook.com/FroniusUkraine  twitter.com/FroniusUkraine

ВІЗОК FLEXTRACK 45
ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАННЯ
ПОЗДОВЖНИХ ТА КІЛЬЦЕВИХ ШВІВ

/ ТОВ «ФРОНІУС УКРАЇНА»
/ тел.: +38 044 277-21-41, факс: +38 044 277-21-44
/ sales.ukraine@fronius.com / www.fronius.ua

Дніпропетровська філія: +38 056 372 51 93,

Стрийська філія: +38 032 457 76 01



4(116) 2017

Журнал выходит 6 раз в год.
Издается с апреля 1998 г.
Подписной индекс 22405

Журнал награжден Почетной
грамотой и Памятным знаком
Кабинета Министров Украины

СВАРЩИК^{НТК}

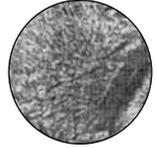
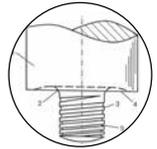
Производственно-технический журнал

№ 4 2017
июль-август

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Технологии сварки трением	
Сварка металлов и сплавов трением. Особенности образования соединения при сварке трением с перемешиванием. <i>Г.И. Лащенко</i>	6
Технологии и оборудование	
Эффективность многокамерного детонационного устройства для нанесения покрытий. <i>Ю.Н. Тюрин, О.В. Колисниченко, И.М. Дуда</i>	13
Технологии ремонтной сварки	
Сопrotивляемость замедленному разрушению сварных соединений при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей. <i>В.Д. Позняков, О.А. Гайворонский</i>	18
Технологии для АЭС	
ПАО «Турбоатом» изготовило конденсатор для блока № 3 Запорожской АЭС. <i>А.В. Вавилов</i>	22
Роботизация сварочного и промышленного производства	
Автоматизация и роботизация в сварочном производстве: состояние и тенденции развития. <i>А.А. Мазур, О.К. Маковецкая, С.В. Пустовойт</i>	24
Машиностроение. Металлургия – 2017. 25-я международная выставка: где и как формируются предприятия будущего.	31
Международная конференция: «Роботизация и автоматизация сварочных процессов»	32
Сварочные роботы: а над Вашим авто потрудились супергерои?	37
Лидеры сварочного производства	
70 лет ЧАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий»	39
Наши консультации	41
Вклад ИЭС им. Е.О. Патона в научно-технический прогресс	
Резервуары в Антарктике: строительство и диагностирование. <i>Ю.Н. Посыпайко</i>	44
Страницы истории	
Новые формы научной и научно-технической деятельности ИЭС им. Е.О. Патона. <i>А.А. Мазур, В.И. Снежко</i>	50
Все для сварки. Торговый Ряд	54



Новини техніки та технологій	4
Технології зварювання тертям	
● Зварювання металів та сплавів тертям. Особливості утворення з'єднання при зварюванні тертям з перемішуванням. <i>Г.І. Лашенко</i> ...	6
Технології та обладнання	
● Ефективність багатокамерного детонаційного пристрою для нанесення покриттів. <i>Ю.Н. Тюрін, О.В. Колісниченко, І.М. Дуда</i> . .	13
Технології ремонтного зварювання	
● Опірність сповільненому руйнуванню зварних з'єднань при ремонтному зварюванні литих конструкцій із високоміцних вуглецевих сталей. <i>В.Д. Позняков, О.А. Гайворонський</i>	18
Технології для АЕС	
● ПАТ «Турбоатом» виготовило конденсатор для блока № 3 Запорізької АЕС. <i>А.В. Вавілов</i>	22
Роботизація зварювального та промислового виробництва	
● Автоматизація та роботизація на зварювальному виробництві: стан і тенденції розвитку. <i>О.А. Мазур, О.К. Маковецька, С.В. Пустовойт</i>	24
● Машинобудування. Металургія – 2017. 25-а міжнародна виставка: де і як формуються підприємства майбутнього.	31
● Міжнародна конференція: «Роботизація та автоматизація зварювальних процесів»	32
● Зварювальні роботи: а над Вашим авто попрацювали супергерої? ..	37
Лідери зварювального виробництва	
● 70 років ЧАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів і скловиробів»	39
Наші консультації	41
Вклад ІЕС ім. Є.О. Патона у науково-технічний прогрес	
● Резервуари в Антарктиці: будівництво та діагностування. <i>Ю.Н. Посипайко</i>	44
Сторінки історії	
● Нові форми наукової та науково-технічної діяльності ІЕС ім. Є.О. Патона. <i>О.А. Мазур, В.І. Снежко</i>	50
Все для сварки. Торговий Ряд	54
CONTENT	
News of technique and technologies	4
Technologies of friction welding	
● Welding of metals and alloys by friction. Features of the welded joint formation at friction stir welding. <i>G.I. Lashenko</i>	6
Technologies and equipment	
● Effectiveness of the multi-chamber detonation device for the coating. <i>Yu.N. Tyurin, O.V. Kolisnichenko, I.M. Duda</i>	13
Technologies of repair welding	
● Resistance to slowed destruction of welded joints in repair welding of cast structures from high-strength carbon steels. <i>V.D. Poznyakov, O.A. Gaivoronskiy</i>	18
Technologies for nuclear power plants (NPP)	
● PAO (PSC) "Turboatom" has manufactured a condenser for the unit № 3 of Zaporozhskoy NPP. <i>A.V. Vavilov</i>	22
Robotization of welding and industrial production	
● Automation and robotization in welding production: state and development of trends. <i>A.A. Mazur, O.K. Makovetskaya, S.V. Pustovoyt</i>	24
● Mechanical engineering. Metallurgy - 2017. The 25-th International exhibition: where and how future enterprises are formed.	31
● International conference: «Robotization and automation of welding processes»	32
● Welding robots: and over of your car worked superheroes?	37
Leaders of welding production	
● 70-th years CHAO «Zaporozhskiy plant of welding fluxes and glassware»	39
Our consultations	41
Contribution of the E.O. Paton EWI in scientific and technical progress	
● Reservoirs in the Antarctic: construction and diagnostics. <i>Yu.N. Posypayko</i>	44
Page of history	
● New forms of scientific and technical activities of the E.O. Paton EWI. <i>A.A. Mazur, V.I. Snezhko</i>	50
All for welding. Trading row	54

СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ 4 2017
июль - август

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

Свидетельство о регистрации
КВ № 21846-11746 ПП от 22.01.2016

Учредители Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, Общество с ограниченной ответственностью «Технопарк ІЕС ім. Е. О. Патона»

Издатель Научно-технический комплекс «ІЕС ім. Е. О. Патона» НАНУ

Информационная поддержка:



Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора

Редакционная коллегия

Редакционный совет

Редакторы

Верстка

Адрес редакции

Телефон

Тел./факс

E-mail

URL

Представительство в Беларуси

Представительство в России

Общество сварщиков Украины
Журнал «Автоматическая сварка»
Национальный технический университет Украины «КПИ»

Журнал издается при содействии UNIDO

В. Г. Абрамишвили
В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко, А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко, О. Г. Левченко, В. М. Литвинов, Л. М. Лобанов, А. А. Мазур, В. И. Панов, П. П. Проценко, С. В. Пустовойт, И. А. Рязцев, А. А. Сливинский

В. Г. Фартушный (председатель), Н. В. Высоколян, П. А. Косенко, М. А. Лактионов, Я. И. Микитин, В. Н. Проскудин

Р. С. Сухомуд
О. А. Трофимец

А. В. Рябов

03150, Киев, ул. Антоновича, 62 Б, 03150, Киев, а/я 337

+380 44 200 53 61, 200 80 18

+380 44 200 80 14

welder.kiev@gmail.com
trofimits.welder@gmail.com

http://www.welder.stc-paton.com/

Минск, УП «Белгазпромдиагностика»
А. Г. Стешиц
+375 17 210 2448, ф. 205 0868

Москва, ООО «Специальные сварочные технологии»
В. В. Сипко
+7 903 795 18 49
e-mail: ctt94@mail.ru

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

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 01.08.2017. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Гарнитура PetersburgС. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.

Зак. №1468 от 01.08.2017. Тираж 900 экз.

Печать: ЧП «ИТЕК СЕРВИС», 2017.

Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© НТК «ІЕС ім. Е. О. Патона» НАНУ, 2017

Подписка-2017
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405

Сварка металлов и сплавов трением. Особенности образования соединения при сварке трением с перемешиванием.

Г. И. Лашенко

Приведена схема процесса сварки трением с перемешиванием (СТП), отмечены ее отличия от сварки трением вращением, заключающиеся в отсутствии выдавливания металла за границы шва в виде грата и образования несимметричного соединения. Отмечено, что основная роль в образовании соединения при СТП принадлежит механическому перемешиванию металлов в пластичном состоянии, а роль диффузионных процессов незначительна. В процессе СТП происходит ряд физико-механических явлений: трение, деформирование, вязкое течение и др. Подчеркнуто, что получение качественного шва зависит от правильного выбора параметров режима сварки и совершенства инструмента. Рассмотрены процессы СТП нерасходуемым и расходуемым инструментом. Образование соединения с использованием нерасходуемого и расходуемого инструментов происходит по аналогии с дуговой сваркой неплавящимся и плавящимся электродами.

Эффективность многокамерного детонационного устройства для нанесения покрытий.

Ю. Н. Тюрин, О. В. Колісниченко, І. М. Дуда

Разработано бесклапанное многокамерное детонационное устройство (МКДУ) для газотермического напыления покрытий, работающее с частотой 20 Гц, повышающее эффективность нанесения покрытий. МКДУ обеспечивает коэффициент использования материалов 80–90% для металлокерамических и 50–60% — керамических порошков. Специальная геометрия форкамеры в МКДУ позволила сократить участок перехода горения в детонацию. Использование второй камеры привело к увеличению амплитуды ударной волны в стволе МКДУ и формированию второго ударного фронта в продуктах сгорания, что повысило их скорость на 35%. Скорость напыляемого порошка Al_2O_3 дисперсностью 5,6–22,5 мкм достигает 1200 м/с. На базе МКДУ созданы установки для газотермического напыления покрытий со стандартным и оригинальным оборудованием, позволяющим напылять порошки на изделия со сложной конфигурацией поверхности.

Сопrotивляемость замедленному разрушению сварных соединений при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей.

В. Д. Позняков, О. А. Гайворонский

Исследовано влияние погонной энергии сварки, температуры предварительного подогрева и уровня насыщенности швов водородом на сопротивляемость замедленному разрушению металла зоны термического влияния сварных соединений стали типа 35Л с повышенным содержанием углерода. Выполнена оценка влияния состава наплавленного металла на сопротивляемость разрушению металла швов при сварке электродами АНП-10 (бейнитно-мартенситных швов), УОНИ-13/55 и FOX-EV50 (ферритно-бейнитных швов). Исследовано влияние способа удаления дефектов и формирования кромок на сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин.

ПАО «Турбоатом» изготовило конденсатор для блока № 3 Запорожской АЭС.

А. В. Вавилов

Представлено описание конденсатора «блочно-модульного» исполнения, изготовленного на ПАО «Турбоатом» для турбины К-1000–60/1500–2 мощностью 1000 МВт Запорожской АЭС. Приведены компоновка конденсатора и схема его изготовления. Перечислены работы, предшествующие изготовлению конденсатора. Определены возможности изготовления конденсатора при условиях: наличия необходимого оборудования, аттестации сварщиков и технологии сварки. Описано оборудование, используемое для сварки соединения «труба-трубная доска».

Автоматизация и роботизация в сварочном производстве: состояние и тенденции развития.

А. А. Мазур, О. К. Маковецька, С. В. Пустовойт

Представлена систематизированная экономико-статистическая информация о развитии автоматизации и роботизации в сварочном производстве. В мире наблюдается растущий спрос на сварочные работы в т.ч. и в машиностроении. Уменьшение размеров, повышение быстродействия, снижение стоимости работ, необходимость повышения качества, производительности и гибкости производства приводят к росту спроса на роботов, расширению областей их применения. Робототехника способствует улучшению качества и повышению производительности, экономии материальных, энергетических и людских ресурсов. Показано, что при снижении стоимости робототехники ее производительность будет ежегодно возрастать на 5%, а адекватная стоимость позволит применять ее в малом и среднем бизнесе, что повысит производительность труда.

Зварювання металів та сплавів тертям. Особливості утворення з'єднання при зварюванні тертям з перемішуванням.

Г. І. Лашенко

Наведено схему процесу зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), зазначено його відмінності від зварювання тертям обертанням, що полягає у відсутності видавлювання металу за межі шва у вигляді грату та утворенні несиметричного з'єднання. Зазначено, що основна роль в утворенні з'єднання при ЗТП належить механічному перемішуванню металів у пластичному стані, а роль дифузійних процесів незначна. В процесі ЗТП відбувається ряд фізико-механічних явищ: тертя, деформування, в'язка течія та інші. Підкреслено, що отримання якісного шва залежить від правильного вибору параметрів режиму зварювання і досконалості інструменту. Розглянуто процес ЗТП інструментом, що не витрачається та витрачається. Утворення з'єднань з використанням інструментів, які не витрачаються та витрачаються відбувається аналогічно дуговому зварюванню неплавким та плавким електродами.

Эффективность багатокammerного детонаційного пристрою для нанесення покриттів.

Ю. Н. Тюрін, О. В. Колісниченко, І. М. Дуда

Розроблено бесклапанний багатокammerний детонаційний пристрій (БКДП) для газотермічного напылення покриттів, який працює з частотою 20 Гц, що підвищує ефективність згаданої технології. БКДП забезпечує коефіцієнт використання матеріалів 80–90% для металокерамічних і 50–60% — керамічних порошків. Спеціальна геометрія форкамери в БКДП дозволила скоротити ділянку переходу горіння у детонацію. Використання другої камери привело до збільшення амплітуди ударної хвилі в стволі БКДП та формування другого ударного фронту в продуктах згорання, підвищивши їх швидкість на 35%. Швидкість порошку Al_2O_3 дисперсністю 5,6–22,5 мкм, що напыляється, досягає 1200 м/с. На базі БКДП створені установки для газотермічного напылення покриттів із стандартним та оригінальним обладнанням, яке дозволяє напыляти порошки на вироби зі складною конфігурацією поверхні.

Опірність сповільненому руйнуванню зварних з'єднань при ремонтному зварюванні литих конструкцій із високоміцних вуглецевих сталей.

В. Д. Позняков, О. А. Гайворонський

Досліджено вплив погонної енергії зварювання, температури попереднього підігріву та рівень насиченості швів воднем на опірність сповільненому руйнуванню металу зони термічного впливу зварних з'єднань сталі типу 35Л із підвищеним вмістом вуглецю. Виконано оцінку впливу складу наплавленого металу на опірність руйнуванню металу швів при зварюванні електродами АНП-10 (бейнитно-мартенситних швів), УОНИ-13/55 та FOX-EV50 (ферритно-бейнитних швів). Досліджено вплив способу видалення дефектів та формування кромок на опірність зварних з'єднань до утворення холодних тріщин.

ПАТ «Турбоатом» виготовило конденсатор для блока № 3 Запорізької АЕС.

А. В. Вавилов

Представлено опис конденсатору «блочно-модульного» виконання, який виготовлено на ПАТ «Турбоатом» для турбины К-1000–60/1500–2 потужністю 1000 МВт Запорізької АЕС. Приведено компоновку конденсатору та схему його виготовлення. Перераховано роботи, що передували виготовленню конденсатору. Визначено можливості виготовлення конденсатору за умов: наявності необхідного обладнання, атестації сварників та технології зварювання. Описано обладнання, яке використовується при зварюванні з'єднання «труба-трубна дошка».

Автоматизація та роботизація на зварювальному виробництві: стан і тенденції розвитку.

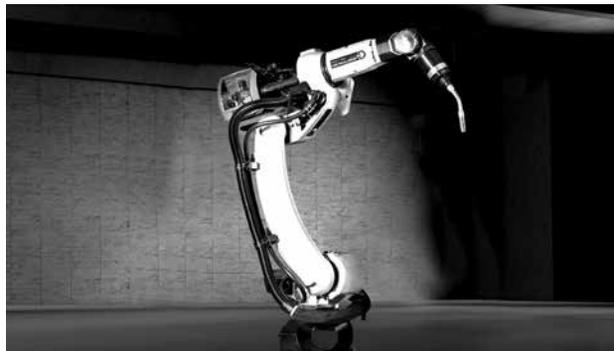
О. А. Мазур, О. К. Маковецька, С. В. Пустовойт

Представлено систематизовану економіко-статистичну інформацію про розвиток автоматизації та роботизації на зварювальному виробництві. У світі спостерігається зростаючий попит на зварювальні роботи у т.ч. і в машинобудуванні. Зменшення розмірів, підвищення швидкодії, зниження вартості робіт, необхідність підвищення якості, продуктивності й гнучкості виробництва зумовлюють збільшення попиту на роботи, розширення областей їх застосування. Робототехніка сприяє покращенню якості та підвищенню продуктивності, економії матеріальних, енергетичних і людських ресурсів. Показано, що при зниженні вартості робототехники її продуктивність буде щорічно зростати на 5%, а адекватна вартість дозволить застосовувати її в малому та середньому бізнесі, що підвищить продуктивність праці.

Современные промышленные роботы практически беззащитны перед хакерскими атаками

Специалисты компании Trend Micro и Миланского политехнического университета провели анализ программных систем современных промышленных роботов, которые все чаще оказываются подключенными к корпоративным и глобальным компьютерным сетям. С помощью поисковых систем Shodan, Zoom Eye и Censys исследователи обнаружили более 83 тыс. роботов производства ABB Robotics, FANUC FTP, Yaskawa, Kawasaki E Controller и Mitsubishi FTP, откликающихся на запросы через Интернет.

Исследователи выяснили, что промышленные роботы часто работают на устаревших и уязвимых версиях программного обеспечения, операционных систем и библиотек (в т.ч. криптографических). В программах 59-ти роботов были найдены уязвимости к вирусам, а более чем у 5 100 роботов отсутствовала система аутентификации. Проникновение в системы промышленных роботов может быть очень опасным. Исследователи продемонстрировали возможность взлома одного из типичных сва-



рочных роботов и изменения алгоритма его работы, ведущего к дефектам сварных швов.

Подключение робота к Интернету имеет свои преимущества, например, возможность дистанционного управления и мониторинга. Но роботы, как и обычные компьютеры, должны быть оснащены всеми основными средствами безопасности.

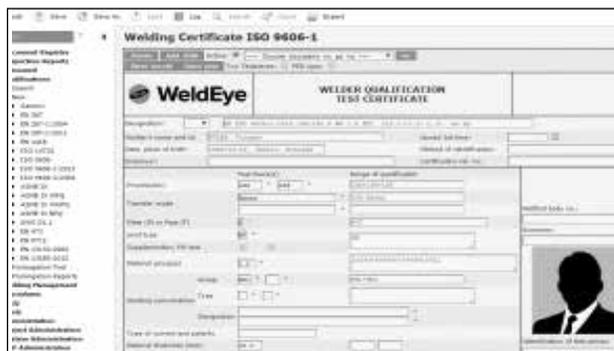
www.computerworld.ru

● #1685

Повышение эффективности управления с помощью Weld Eye

Программное обеспечение Weld Eye упрощает управление сварочными процессами и предлагает единственное эффективное и надежное облачное решение, позволяющее создавать карты технологического процесса и вести их учет, а также работать с базой квалификации персонала. Оно подходит для компаний любых размеров и типа, в которых производятся сварочные операции. Weld Eye ускоряет процесс переаттестации персонала на 85% по сравнению с традиционными методами. Данный пакет имеет удобный пользовательский интерфейс для выполнения эскизов сварочных соединений. Этот инструмент позволяет создавать эскизы за одну минуту, что на 95% быстрее, чем время, затрачиваемое при использовании традиционных методов. Поддержка таких стандартов, как AWS, ASME, EN и ISO дает возможность показать весь потенциал автоматизированного управления сварочными процессами.

«Это самый высший уровень эффективности контроля квалификации персонала и работы с технологическими картами. Программное обеспечение Weld Eye успешно прошло испытания, подтвердившие его превосходную способность координировать деятельность сварщиков, операторов и специалистов по неразрушающему контролю, независимо от отрасли», — подытожил Веса Тииликка,



руководящий в Kemppi Oy разработкой программных продуктов.

Weld Eye представляет собой идеальное решение для случаев, когда требуется контролировать выполнение сварочных работ одновременно на нескольких участках. Данное программное обеспечение имеет функцию копирования шаблонов, благодаря которой можно экономить время. Оно автоматически производит рассылку уведомлений о скором окончании срока действия сертификатов сварщиков и предлагает функцию расширенного поиска и фильтрации контента.

www.kemppi-center.com

● #1686

Компания «Линде Газ Украина» провела «День открытых дверей»

20 июня 2017 г. прошел «День открытых дверей» в компании «Линде Газ Украина» на территории ее офиса в г. Днепр.

Целью проведения «Дня открытых дверей» было в доброжелательной и дружественной обстановке приобщить посетителей к миру «Линде» — миру газов и газовых технологий.

Гостей ожидали интересные презентации, эксперименты, демонстрации по сварке и заморозке, познавательные экскурсии по предприятию «Линде Газ Украина».

По словам директора по маркетингу Руслана Пономаренко, главное в данном мероприятии — показать детали производственных процессов на наших наполнительных станциях и помочь нашим клиентам и партнерам больше узнать о мире газовых технологий.

Продукция компании «Линде» поставляется в жидком виде, при низких температурах и низком давлении — в цистернах, а также в сжатом виде при высоком давлении — в баллонах или бандлах.

Компания «Линде Газ Украина» предлагает своим клиентам самые различные газы в баллонах: кислород (медицинский, технический), азот, аргон, ацетилен, двуокись углерода, защитные сварочные



смеси, пропан, пищевые газовые смеси, аргоно-метановую смесь, поверочные газовые смеси, гелий, водород, лазерные газы и смеси. В сжиженном виде компания поставляет кислород (технический, медицинский), азот, аргон и двуокись углерода.

Сотрудники «Линде» предоставляют каждому клиенту квалифицированную консультацию, помогут выбрать правильный газ и оборудование для своих потребностей, а также подскажут, как использовать его наиболее экономичным и безопасным образом.

www.gorod.dp.ua

● #1687

Аппарат прецизионной электронно-лучевой сварки Focus MEBW-60

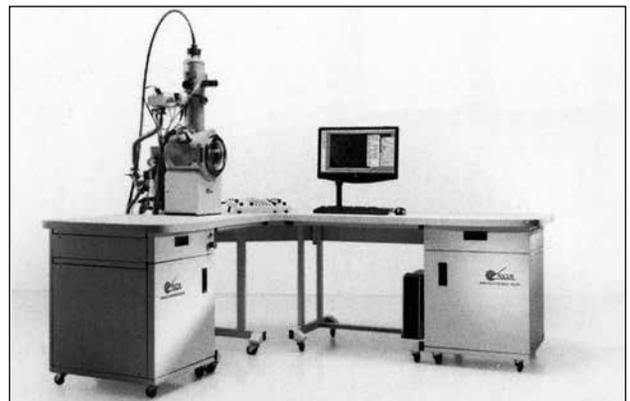
Аппарат Focus MEBW-60 представляет собой уникальное сочетание технологии прецизионной электронно-лучевой сварки и высокоточной механики. Он подходит для сварки разнообразных материалов, включая материалы, которые непригодны для сварки другими методами, например для сварки тугоплавких металлов (вольфрам, платина и тантал).

Процесс сварки. С помощью блока управления Focus MEBW-60 сваривают радиальные и осевые, прихваточные швы. Система сканирования обеспечивает позиционирование электронного пучка относительно зазора между свариваемыми кромками для всех режимов сварки.

В стандартную комплектацию аппарата входят: компактная рабочая камера и вращающийся зажимной держатель с моторизованным приводом по оси Z. Внешние габариты могут быть от 3 до 135 мм.

Существует возможность задания более сложных процессов сварки при подключении внешнего ПК со специальным программным обеспечением. Например, можно указать линию сварки непосредственно на изображении изделия, полученном в режиме сканирования.

Аппарат MEBW-60 используется при следующих процессах: электронно-лучевая сварка,



«сверление» отверстий, легирование поверхности и наплавление, микроструктурирование поверхности и микрогравировка, закаливание поверхностного слоя.

Аппарат идеально подходит для штучного и мелкосерийного производства в микромеханике, медицине, сверхвысоковакуумных технологиях, криотехнологии, создании турбин, в авиационной, космической технике и др.

www.focus-e-welding.com

● #1688

Сварка металлов и сплавов трением. Особенности образования соединения при сварке трением с перемешиванием*

Г.И. Лещенко, канд. техн. наук, НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ (Киев)

Сварка трением с перемешиванием (СТП) нерасходуемым инструментом была запатентована Британским институтом сварки (TWI) в 1991 г. (патент G B92/02203). При СТП используют инструмент, один из возможных вариантов которого приведен на *рис. 15*. Процесс сварки происходит следующим образом (*рис. 16*): первоначально вращающийся инструмент в месте стыка погружают так, чтобы стержень специального профиля внедрил в заготовки, а опорный бурт коснулся их поверхности. После полного погружения стержня на всю толщину свариваемого металла в результате трения стержня и бурта о заготовку выделяется тепло, которое доводит металл вокруг инструмента до пластичного состояния. Затем инструменту сообщают поступательное движение со скоростью сварки, а материал заготовок перемещаясь из зоны нагрева в зону охлаждения, огибает стержень и образует соединение. На заключительном этапе выполнения шва, инструмент поднимают до полного выхода стержня из стыка и останавливают. Такой шов несимметричен относительно своей продольной оси, т.к. материал вытесняется инструментом с одной стороны на другую.

В сварных соединениях различают сторону набегания и сторону отхода (*рис. 16*). Сторона набегания — это сторона, где направление вращения инструмента совпадает с направлением сварки, а сторона отхода — противоположная. В связи с такой особенностью сварки швы несимметричны.

Главным отличием СТП от традиционной (конвенционной, инерционной) сварки трением вращением (СТВ) деталей является отсутствие выдавливания нагретого металла за пределы сварного шва в виде грат.

Первоначально возникающие опасения о том, что по этой причине нельзя получить качественные сварные соединения не подтвердились. Многолетняя практика использования СТП при изготовлении ответственных металлоконструкций и изделий из алюминиевых, магниевых, медных, никелевых, титановых сплавов и некоторых ста-

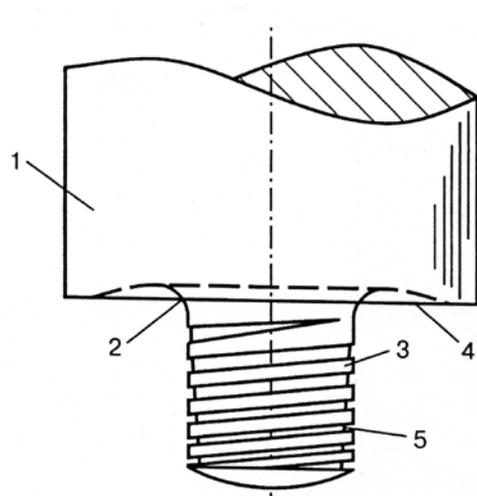


Рис. 15. Схема нерасходуемого инструмента (1) с плавным сопряжением (2) поверхностей рабочего стержня (3) и опорного бурта (4) по внутреннему диаметру витка (5)

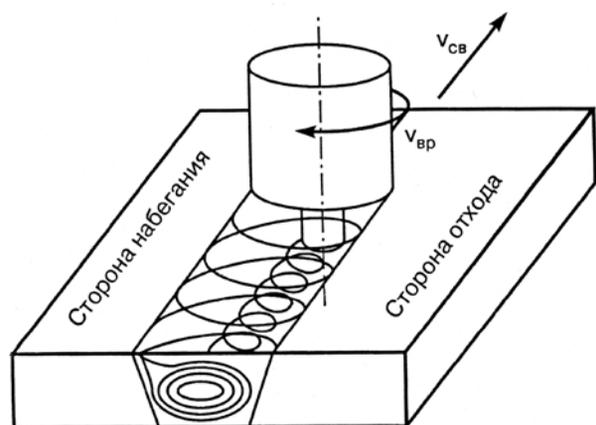


Рис. 16. Схема процесса СТП

лей дает основания считать такие опасения беспочвенными.

Экспериментальные исследования, проведенные TWI и другими организациями, показали, что максимальная температура при сварке трением с перемешиванием различных материалов не превышает 70% от температуры их плавления. Поэтому в металле шва и зонах термического влияния (ЗТВ) степень фазо-структурных превращений намного ниже, чем при сварке плавлением. Это

* Продолжение публикации серии статей «Сварка металлов и сплавов трением». Начало в № 1, 2, 3–2017.

позволяет получать сварные соединения с меньшим уровнем остаточных напряжений, деформаций и лучшими механическими свойствами.

Основным отличием макроструктуры швов, выполненных СТП, является образование в центре соединения ядра, которое независимо от сплава содержит так называемые «годишные кольца» или «луковые кольца» (рис. 16, торец соединения). Форма ядра несколько отличается в зависимости от состава свариваемого сплава. Однако все ядра имеют участки, вытянутые в направлении вращения инструмента.

Схема зон сварного соединения, выполненного СТП, приведена на рис. 17 [15]. К ядру примыкает сложный профиль, который образует верхнюю часть шва и по ширине несколько превышает ширину заплечика. В этой зоне наблюдается некоторое уменьшение толщины металла (0,1–0,2 мм) за счет контакта заплечика, инструмента и поверхности заготовок.

На основании исследования микроструктур сварных соединений различных алюминиевых сплавов выделяют четыре зоны сварного соединения, выполненного СТП. Непосредственно к зоне А (основному металлу) примыкает зона В, где металл заготовок остается недеформированным и изменяет свою структуру только под воздействием нагрева. Поэтому зона названа ЗТВ. Примыкающая к ЗТВ зона С, в которой металл подвергается значительным пластическим деформациям и нагреву, названа зоной термомеханического влияния (ЗТМВ). Последующая зона Д ограничена ядром сварного соединения и ее называют зоной динамической рекристаллизации.

Основная роль в процессе образования соединения при СТП принадлежит механическому перемешиванию металлов в пластичном состоянии. Роль диффузионных процессов менее значительна [16]. Даже при СТП разнородных материалов, меди и никеля не обнаружена значительная взаимная диффузия элементов вглубь чередующихся полос меди и никеля. В случае сварки стали с алюминиевым сплавом на расстоянии 10–15 мкм от ядра взаимная диффузия элементов не зафиксирована. В то же время установлено, что в этом случае диффузионные процессы происходят на глубину, равную толщине образовавшихся скоплений интерметаллидных частиц и окантовок (до 25 мкм).



Рис. 17. Схема зон стыкового соединения при СТП

Вследствие прохождения процессов перекристаллизации в зонах пластического перемешивания металла происходит измельчение зерна и создается плотная микроструктура, сопоставимая с основным материалом.

В [17] оценивались особенности макро- и микроструктуры соединяемых листов из термоупрочняемого алюминиевого сплава 1570 (Al – 5,9 Mg – 0,42 Mn – 0,24 Sc – 0,1 Zr – Ве, в %), полученных при различных режимах СТП. Установлено, что выявленные в ядре шва (зона Д) на макроуровне так называемые «луковые кольца» (onion rings), в зависимости от параметров сварки различаются не только оптическим контрастом и геометрией, но и дисперсностью структуры зерна. На микроуровне обнаружено, что в зоне соединения типичная волокнистая структура прокатки трансформируется непрерывной динамической рекристаллизацией в ультрамелкозернистую с равноосными зернами размером от 1 до 3 мкм. Более однородная структура, причем с близким размером зерна в смежных кольцах, формируется при низких скоростях перемещения инструмента. С повышением этой скорости отмечается тенденция к увеличению степени разнородности соединения, выражающаяся в формировании структуры с чередующимися кольцами ультрамелких и почти вдвое более крупных зерен. Кроме того, у поверхности, контактирующей с плечевой частью инструмента, могут появляться аномально крупные зерна около 10–20 мкм.

В [17] высказывается предположение, что такие зерна могут формироваться во время постдеформационного отжига (при остывании) сваренных заготовок, несмотря на присутствие в структуре сплава высокой плотности, однородно распределенных когерентных наноразмерных дисперсоидов $Al_3(Sc, Zr)$.

При СТП алюминиево-магниевого сплава различной толщины макро- и микроструктура швов содержит как общие признаки, так и особенности, обусловленные влиянием температурно-временных условий процесса [18]. Обнаружено, что при сварке толстых листов сплава наряду с динамической полигонизацией, ответственной за образование равноосной мелкозернистой структуры, имеет место частичная рекристаллизация деформированной структуры.

В процессе СТП протекает ряд физико-механических процессов: трения, деформирования, вязкого течения и др.

На первой стадии процесса в начале контакта стержня с поверхностью заготовки происходит трение в зоне контакта. Вследствие вращения стержня и действия силы трения элементы его поверхности увлекают за собой частички материала

заготовки. В результате она деформируется в виде перемешивания материала в той части ее объема, которая находится вблизи зоны контакта стержня с заготовкой. Погружение стержня в заготовку также приводит к ее деформированию. Описанные явления деформирования заготовки происходят одновременно, что приводит к вязко-пластическому течению материала заготовки относительно рабочего элемента. На второй стадии, когда погруженный в заготовку стержень движется параллельно ее поверхности, процесс трения, как и на первой, происходит по поверхности контакта буртика с заготовками. Перемешивание материала заготовок происходит в объеме вблизи поверхности контакта стержня заготовки и буртика.

На обеих стадиях в результате трения в зоне объема заготовок, находящегося вблизи поверхности стержня и буртика (ЗТМВ), существенно повышается температура. При этом диаметр бурта инструмента играет весьма важную роль, поскольку он дает наибольшее количество тепла, пластифицирующего материал и в большой степени определяет поле потока материала [19, 20].

В результате изучения особенностей массопереноса на моделях было установлено [19], что формирование неразъемного соединения происходит вследствие переноса наконечником инструмента определенного объема пластичного материала со свариваемой кромки со стороны набегания инструмента к пластифицированному материалу, расположенному на противоположной кромке, их смешивания и перемещения под давлением в пространстве, которое освобождается позади стержня при его движении вдоль стыка. Конструктивные особенности стержней инструментов обуславливают траекторию движения пластичного материала в зоне образования сварного соединения. В частности для обеспечения качественного формирования швов при увеличении толщины соединяемых кромок свыше 3 мм целесообразно применять инструменты со стержнями, имеющими развитую боковую поверхность, что обеспечивает интенсивное перемещение материалов по всей толщине стыка.

Конфигурация рабочей поверхности бурта инструмента оказывает влияние на характер перемешивания соединяемых материалов только на лицевой поверхности шва. Она же определяет степень уплотнения пластичного материала позади наконечника инструмента. Наличие на рабочей поверхности бурта конической или полусферической канавки способствует равномерному непрерывному перемещению пластичного материала и деформированию практически гладкой

поверхности шва с едва различимыми по толщине чешуйками, наличие которых свидетельствует о чередовании слоев соединяемых материалов.

При СТП действие сил трения вызывает деформирование материала в ЗТМВ и его вязкопластическое течение, возникают большие механические деформации. Действие сил трения и деформирование материала заготовок приводит к интенсивному выделению тепла и повышению температуры рабочего инструмента и соединяемых заготовок, что является причиной изменения физико-механических свойств последних, это в свою очередь влияет на процессы деформирования, тепловыделения и теплопередачи.

Получение качественного шва зависит от правильного выбора параметров режима сварки и совершенства инструмента.

С увеличением частоты вращения инструмента температура в зоне сварки повышается, а с увеличением скорости сварки — понижается.

Температурное поле в зоне сварки существенно зависит от механических усилий, действующих на стержень с буртиком со стороны привода. Изменение во времени механических нагрузок, действующих на стержень и буртик в процессе СТП меди представлено на рис. 18 [20]. Согласно этим данным, первая стадия (погружение штыря) заканчивается на 124-й с: до этого времени штырь полностью погружается в деталь; на штырь действует лишь вертикальное усилие, которое постепенно уменьшается и становится почти вдвое меньше своего максимального значения. На 124-ой с начинается процесс сварки. В это время на систему стержень-буртик действует касательное усилие и резко возрастает вертикальное усилие, спадающее к завершению процесса сварки после достижения своего максимума. Через 50 с после начала поступательного движения

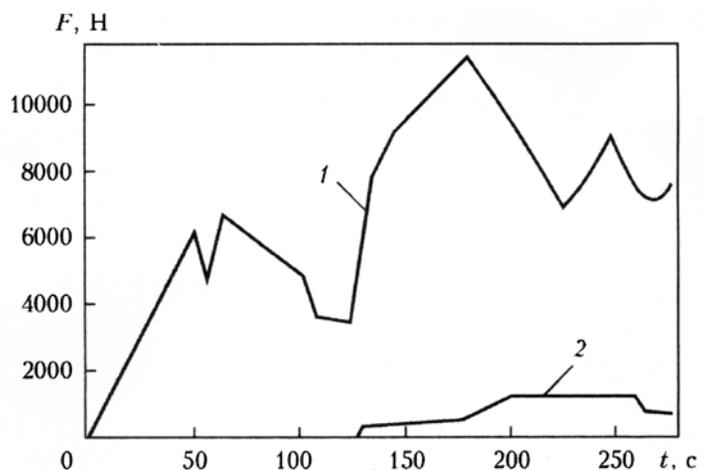


Рис. 18. Механические нагрузки, действующие на штырь и буртик в процессе СТП (эксперимент): 1, 2 – вертикальная и горизонтальная составляющие усилия

инструмента с целью повышения скорости сварки его увеличивают, что приводит к возрастанию усилий (рис. 18), действующих на стержень с буртиком. На первой стадии вертикальное усилие приложено лишь к стержню, оно вызывает возникновение тепловых источников на поверхности контакта стержня с деталью. На второй стадии вертикальное и горизонтальное усилия приложены как к стержню, так и к буртику. В этом случае именно они являются причиной действия тепловых источников на поверхностях контакта стержня и буртика с деталью. Замеры и расчеты температуры в зоне сварки на первой стадии показали, что по мере углубления стержня в деталь максимальная температура постепенно смещается от вершины стержня вдоль его боковой поверхности к плоскости заплечика. В момент окончания углубления стержня (124 с) максимальная температура находится в плечевой зоне соединения стержня с буртиком. С момента полного погружения стержня, т.е. на второй стадии процесса СТП, зона максимальных температур располагается теперь на поверхности буртика. На этой стадии основное количество тепла генерируется в зоне контакта буртика с деталью, поэтому в этой зоне на протяжении второй стадии поддерживается максимальная температура. Согласно [20] максимальная температура в рабочем инструменте и термомеханической зоне при сварке меди стабилизируется в интервале 1 050–1 080 К (температура плавления 1 356 К). При этом вертикальная составляющая нагрузки составляет около 8 000 Н, а горизонтальная — 1 200 Н (максимальное значение).

В установившемся процессе элементы инструмента контактируют с соединяемым материалом, доведенным силами трения до пластического состояния и формируют потоки материала. При этом сам инструмент и особенно его рабочий стержень подвергаются высоким термомеханическим нагрузкам. По некоторым данным, на тепловложение в инструмент в начальной стадии процесса приходится до 50% вводимой мощности. При установившемся процессе тепловложение в инструмент может снижаться до 10% общей производимой энергии.

Как отмечалось выше, одновременно с вращением рабочий стержень инструмента, погруженный в массу разогретого металла, продвигается со значительным усилием вдоль стыка, преодолевая сопротивление материала. При этом он испытывает высокотемпературный нагрев и находится в сложном напряженном состоянии: кручение, знакопеременный изгиб, трение [21, 22]. Максимальные напряжения от крутящего момента

и изгибающих сил приходится на основание рабочего стержня инструмента.

При сварке материалов со сравнительно низкой температурой плавления, прежде всего алюминиевых сплавов, задача создания инструмента требуемой прочности несколько упрощается. Что касается СТП меди, никелевых и титановых сплавов, а также сталей различных классов, то обеспечить высокую прочность инструмента значительно сложнее.

Приведенные выше обстоятельства обусловили два основных направления при разработке конструкции инструмента [21, 22]:

- повышение эффективности термомеханического взаимодействия с материалом свариваемого изделия;
- использование для инструмента более прочных и износостойких материалов (кубический нитрид бора, вольфрам с добавками рения, молибдена, тантала или ниобия и др.).

В рамках реализации первого направления был предложен процесс СТП с генерированием теплоты только вращающимся рабочим стержнем инструмента (рис. 19) [23, 24]. При этом опорный бурт не вращается, а только скользит по поверхности, удерживая грат, оказывает давление на пластифицированный рабочий стержнем металл и формирует поверхность.

Авторы [23] различают два основных механизма износа СТП — инструмента: абразивный (отделение частиц с поверхности рабочего стержня

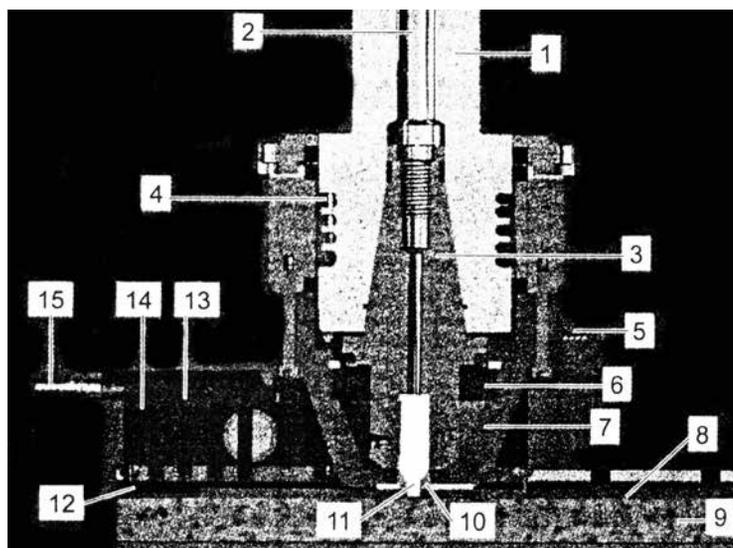


Рис. 19. Схема инструмента с неподвижным опорным буртом: 1 – вращающийся шпиндель; 2 – оправка; 3 – держатель инструмента ISO 50; 4 – рубашка для водяного охлаждения; 5 – подача инертного газа; 6 – опора инструмента; 7 – неподвижная головка инструмента; 8 – титановые заготовки; 9 – опорная плита; 10 – рессорный скользящий башмак; 11 – вращающийся рабочий стержень; 12 – скользящее уплотнение; 13 – трубы с охлажденным газом; 14 – камера с газом; 15 – подача инертного газа

в более холодных, корневых зонах шва) и химический (взаимодействие верхней (горячей) части рабочего стержня инструмента с материалом соединяемых заготовок).

СТП с неподвижным опорным буртом позволяет минимизировать оба вида износа инструмента, а также повысить скорость сварки титанового сплава в 2 раза (со 100 до 200 мм/мин).

Износ инструмента является важным параметром, влияющим на качество шва путем изменения тепловых потоков. Нагрев инструмента до высокой температуры ускоряет износ инструмента, что ограничивает его рабочий ресурс. Износ инструмента может увеличиваться и в том случае, если его материал вступает в химическую реакцию с соединяемым материалом.

В ряде работ, анализируемых в [22], оспаривается необходимость наличия нарезки на рабочем стержне, мотивируя тем, что инструмент с нарезкой через некоторое время достигает оптимальной («самоустанавливающейся») формы, утратившей нарезку, но остается работоспособным инструментом даже при СТП металлокерамических композиций с их твердыми абразивными частицами.

Тем не менее, подавляющее большинство авторов считают, что эффективность СТП в значительной мере зависит как от конструктивной формы инструмента, так и материала. При этом требования к геометрии инструмента и его материалу существенно повышаются при переходе к сварке сталей, титановых сплавов и др. материалов с высокой температурой перехода их в пластичное состояние. Автор [22] считает, что для каждого конкретного материала и сварной конструкции должна быть выбрана своя оптимальная форма и материал инструмента.

Сварка трением с перемешиванием расходным инструментом — при наплавке торцовым прутком была запатентована в 1941 г. [25]. Суть способа заключается во вдавливании расходного прутка в перемещаемую подложку, вследствие чего на ее поверхности образуется наплавленный слой. В этом патенте содержатся предложения по соединению (сварке) пластин с V- или U-образной подготовкой кромок и др. Для понимания процесса образования соединения при сварке (наплавке) трением следует первоначально рассмотреть процесс образования T-образного соединения в случае приварки прутка конвенционным процессом к плоской поверхности другой детали. Основной особенностью сварки таких соединений является асимметрия температурного поля. От плоского источника на поверхности трения тепло распространяется фронтально вдоль оси стержня и в направлениях нормальных к некоторой сферической поверхности в теле другой детали (рис. 20) [13]. Это различие

в интенсивности теплоотвода по обе стороны от поверхности трения вызывает асимметрию температурного поля; градиенты температур оказываются различными; по разному идет процесс износа сопряженных деталей. В стержне градиент температур и механических свойств металла вдоль оси детали оказывается меньше, чем в контртеле; в стержне наблюдается процесс глубинного вырывания частиц металла, тогда как в массивном и менее прогретом контртеле имеет место лишь эффект поверхностного полирования с минимальным износом металла в глубину.

Вырванные из тела стержня частицы металла привариваются к поверхности контртела; образуется сперва тонкий слой перенесенного со стержня металла. Затем этот слой постепенно утолщается: между поверхностью детали и торцом стержня образуется столбик нанесенного металла, имеющего тонкую, мелкозернистую структуру без дефектов с высокими механическими характеристиками (рис. 21). Естественно, что в случае перемещения прутка или подложки может наноситься на деталь непрерывный слой материала (рис. 22) [21, 25].

Технологические особенности сварки (наплавки) вращающимся прутком достаточно подробно

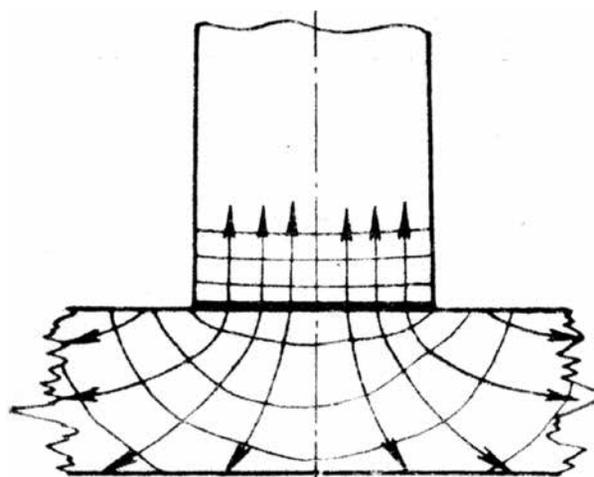


Рис. 20. Температурное поле в T-образном соединении, выполненном конвенционной сваркой трением

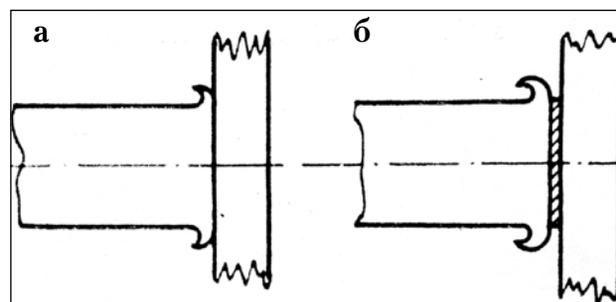


Рис. 21. Схема процесса переноса металла со стержня на пластину: а – начало процесса трения; б – большое время нагрева (перенесенный металл заштрихован)

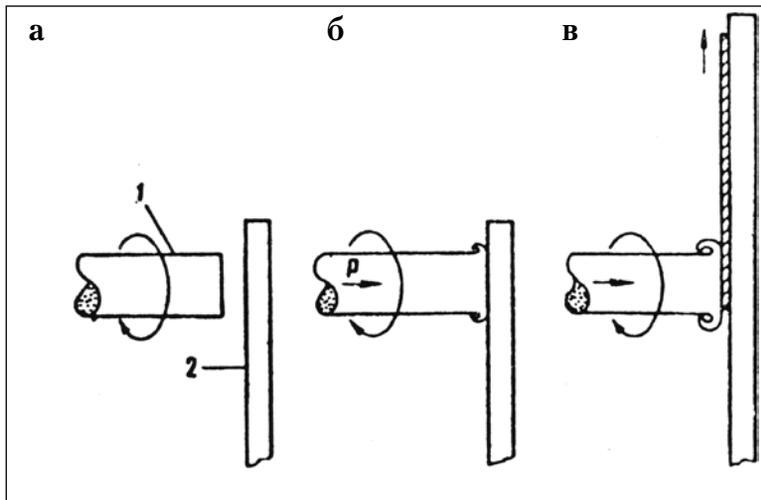


Рис. 22. Схема процесса наплавки трением: а – исходное положение вращающегося расходуемого прутка – 1 и пластины-подложки – 2; б – начало образования пластифицированного слоя под действием осевой нагрузки P; в – нанесение пластифицированного слоя

исследовал в 1950-х гг. в СССР Х. А. Тяяр. Позже этот процесс изучался в TWI и в др. организациях [25].

В процессе сварки торцевым прутком одна часть металла наносится на подложку, а другая выдавливается в виде грата («воротника»). В экспериментах, проводимых Х. А. Тяяром, этот грат срезался резцом и уходил в отходы. Он установил, что подобно приварке прутка к подложке при конвенционном процессе тепло распространяется в небольшой области. При повышении давления количество наплавляемого металла возрастает до некоторого предела, после которого дальше не увеличивается.

Потери металла в виде грата также зависят от режима наплавки. С повышением частоты вращения прутка и давления на него эти потери увеличиваются: происходит выдавливание части металла прутка в радиальном направлении и образуется грибовидная головка, удаляемая с помощью резца.

В случае, когда непрерывно образующийся грат не удаляется, одновременно с формированием наплавленного слоя происходит увеличение диаметра

прутка (рис. 23) [26]. При заданном сочетании параметров режима сварки такое увеличение диаметра расходуемого инструмента происходит до определенного максимального размера, а далее, в результате саморегулирования тепловыделения, процесс стабилизируется. Согласно исследованиям В. И. Вилля, интенсивность тепловыделения определяется линейной скоростью вращения nR , величиной номинального удельного давления $p = P / \pi R^2$, свойствами материала, коэффициентом трения и величиной поверхности трения πR^2 (n – частота вращения, R – радиус прутка, P – давление нагрева).

Авторы [26] отмечают, что на процесс сварки (наплавки) расходуемым инструментом влияет множество факторов, в частности:

- увеличение давления приводит к расширению наплавленного слоя, что ведет к неоднородному осаждению материала и его вытеснению за пределы зоны модификации;
- скорость вращения влияет на качество сцепления, ширину и чешуйчатость слоя. Низкая скорость вращения способствует улучшению качества соединения наносимого слоя с подложкой, при высокой скорости улучшается формирование слоя;
- скорость наплавки существенно влияет на толщину, ширину наносимого слоя и определяет производительность;
- увеличением угла наклона можно улучшать сцепление покрытия по краям наплавки;
- тепловыделение – функция диаметра прутка.

Отличие процесса образования соединений с использованием нерасходуемого и расходуемого инструментов аналогично дуговой сварке неплавящимся и плавящимся электродами.

В случае сварки нерасходуемым инструментом



Рис. 23. Возможности наплавки торцевым прутком: нанесение нескольких слоев – а, покрытие поверхности по кривой линии – б

шов образуется за счет основного металла. При использовании расходного инструмента шов формируется преимущественно за счет материала этого инструмента.

Если бы удалось совместить эти два процесса, то возможности такой технологии позволили бы реализовать новые технологические эффекты.

Литература

15. Третяк Н.Г. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов // Автомат. сварка.— 2002— № 7.— С. 12–21.

16. Особенности структуры соединений материалов Cu-Cu, Ni-Cu, Сталь-Cu, полученных внахлест способом сварки трением с перемешиванием / Г.М. Григоренко, М.А. Полещук, Л.А. Авдеева и др. // Автомат. сварка.— 2016.— № 5–6.— С. 82–87.

17. Особенности структуры соединений листов из алюминиевого сплава 01570, выполненных сваркой трением с перемешиванием / Е.В. Автократова, Р.Р. Ильясов, О.Ш. Ситдииков и др. // 5-я Межд. конф. «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов», Москва, 26–29.11.2013: Сборник материалов.— М.: 2013.— С. 224–225.

18. Разрушение стыковых соединений алюминиево-магниевого сплава, выполненного способом сварки трением с перемешиванием / О.В. Сизова, А.В. Колубаев, Е.А. Колубаева и др. // Обработка металлов. Технология. Оборудование. Инструменты.— 2014.— № 3.— С. 14–20.

19. Покляций А.Г. Изучение особенностей массопереноса процесса сварки трением с перемешиванием с помощью физического моделирования // Автомат. сварка.— 2011.— № 6.— С. 18–22.

20. Моделирование тепловых процессов для улучшения структуры металлов и сплавов методом трения с перемешиванием / А.М. Майстренко, В.М. Нестеренков, В.А. Дутка и др. // Автомат. сварка.— 2015.— № 1.— С. 5–14.

21. De A., Deb Roy T. Recent advances in the quantitative understanding of friction welding // Автомат. сварка.— 2013.— № 10–11.— Р. 43–47.

22. Штрикман М.М. Тенденции развития процесса фрикционной сварки вращающимся стержнем // Сварочное пр-во.— 2014.— № 3.— С. 34–44.

23. Russel M., Blignault C. Recent developments in FSW of Ti alloys // 6th International Friction Stir Welding Symposium Canada, 2006.

24. Russel M., Thomas M. Static shoulder friction stir welding of Ti-6Al-4V; process evaluation. // 11th Conference on Titanium, Kyoto, Japan, 2007.

25. Томас В.М., Николас Е.Д. Наплавка трением и новые методы плакирования трением // Автомат. сварка.— 1994.— № 3.— С. 55–60.

26. Nasciment F., Quintino L. Rozwoj technologii zgrebania tarcowego z mieszanicm materialu – FSW // Biullityn Instytutu Spawalnictwa.— 2014.— № 5.— С. 17–24.

● #1689

2017

МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА

ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ,
МЕТАЛООБРОБКИ, ЛИТВА
ТА ЕНЕРГЕТИКИ

11-13

ЖОВТНЯ

2017

ПАРК
РОЗВАГ
«ЛАВИНА»

М. ДНІПРО, ВУЛ. КОСМІЧНА, 20



МАШПРОМ



ЛІТЕКС



ЕНЕРГОПРОМ

ТОВ ЕКСПО-ЦЕНТР «МЕТЕОР»™

+38 (056) 373-93-72,
+38 (067) 639-86-79

litex@expometeor.com



Эффективность многокамерного детонационного устройства для нанесения покрытий

Ю.Н. Тюрин, О.В. Колисниченко, И.М. Дуда, ИЭС. им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Многокамерное детонационное устройство (МКДУ) отличается простотой в эксплуатации, низкой стоимостью и высокой эффективностью использования. Устройство является универсальным и обеспечивает покрытия высокого качества из различных материалов. Пульсирующий с частотой 20 Гц поток продуктов сгорания имеет скорость до 1 800 м/сек; что достигается за счет создания дополнительной ударной волны, следующей за основной, имеющей давление ~ 3,5 МПа. Порошок дозируется и вводится в струю специальным порошковым питателем и приобретает скорость до 1 200 м/с. МКДУ обеспечивает коэффициент использования материалов (КИМ) 80–90% для металлокерамических и 50–60% – керамических порошков. Расход компонентов горючей смеси – 0,6–1,2 м³/ч пропана и 2,0–5,0 м³/ч кислорода. Производительность МКДУ: до 3 кг/ч – металлы, 2 кг/ч – металлокерамика, 1 кг/ч – керамика. МКДУ может комплектоваться стандартными узлами и приборами, используемыми в устройствах газотермического напыления покрытий. МКДУ может закрепляться вертикально, горизонтально или на «руке» робота.

Методы газотермического напыления покрытий широко используют как при восстановлении деталей машин, так и для создания изделий с заданными физико-механическими свойствами поверхностных слоев (износостойкие, коррозионностойкие, теплозащитные, антифрикционные). В последнее время получили развитие методы высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF). Возможность создавать плотные покрытия с минимальной пористостью, высокой адгезией и минимальным окислением материала является основным преимуществом HVOF процесса. Это достигается за счет высокой скорости частиц напыляемого порошка и минимального времени их пребывания в струе продуктов сгорания. HVOF напыление широко используется для нанесения металлокерамических и металлических покрытий, его можно с успехом применять и для нанесения плотных керамических покрытий [1].

Спектр предлагаемых HVOF устройств огромен. Лидерами в производстве данного оборудо-

вания являются такие компании как Sulzer-Metco, GTV, Praxair. Современные установки HVOF работают при давлении в камере сгорания 0,7–1,2 МПа. В качестве горючего используется пропан, этилен, пропилен, водород или керосин. Расход горючего достаточно велик: для обеспечения высокой скорости (до 750 м/с) частиц Al₂O₃ необходимо сжигать 4,7 м³/ч C₃H₈; расход кислорода при этом составляет 17 м³/ч. На нагрев и ускорение 1 кг порошкового материала приходится до 25 м³ продуктов сгорания. В таких условиях образуется избыток тепловой мощности, что обуславливает необходимость усложнять технологию, применять системы охлаждения мощностью до 40 кВт, увеличивать дистанцию напыления и т.д. Для формирования высокоскоростной струи продуктов сгорания в горелках используют сопла с внутренним диаметром 9–12 мм. Высокая плотность тепловой энергии в соплах ограничивает их работоспособность до 6–12 ч. Высокое давление компонентов горючей смеси и большой объем продуктов сгорания отрицательно влияют на надежность технологических устройств и стоимость оборудования. Примером успешной модернизации HVOF является устройство TopGun® Airjet и горелка HVAF, которые охлаждаются компонентами горючей смеси. Высокая адгезия, когезия, микротвердость, низкая пористость покрытий, нанесенных HVOF устройствами, напрямую зависят от скорости напыляемых частиц [2]. Использование детонационных систем напыления позволяет еще больше увеличить скорость напыляемых частиц и, как следствие, увеличить адгезию, когезию, понизить пористость покрытий. Расход горючей смеси при этом значительно ниже, что предотвращает перегрев напыляемой поверхности. Известно множество модификаций установок детонационного напыления: «Обь», «Прометей», «Днепр», «Перун», УДН-2М, АДМ-2, «Корунд-3», «Гром». Массовое использование технологии детонационного напыления сдерживается высокими требованиями к квалификации персонала и повышенными требованиями к мерам безопасности. Новое поколение детонационных установок отличается высокой степенью автоматизации и контролем за технологическим процессом, например, компьютеризированный детонационный

комплекс CCDS «Dragon» [3, 4]. Классические детонационные устройства используют клапанную систему подачи горючих газов и напыляемого материала. К общим недостаткам данных устройств можно отнести – низкую работоспособность узлов ввода порошков, недостаточную точность дозирования и синхронизации ввода порошка с иницированием детонации. Решение вопроса эффективности использования материалов, повышения производительности и надежности устройств является основной задачей при их эксплуатации. Как следствие, перспективным направлением развития является создание надежных бесклапанных и экономных детонационных установок, работающих на повышенных (до 100 Гц) частотах. Представляет интерес высокочастотное импульсно-детонационное устройство HFPD. Замеры скорости частиц Al_2O_3 , имеющих фракцию 40 мкм, показали возможность ускорения частиц порошкового облака до 1200 м/с при средней его скорости 820 м/с [5]. Высокая частота детонации позволяет также увеличить коэффициент использования порошка и упростить систему его подачи.

В детонационных устройствах разгон и разогрев частиц порошка осуществляются, в основном, продуктами сгорания. Большинство разработанных устройств работает на принципе самоподдерживающейся детонации. Использование пересжатого детонационного режима сгорания перспективнее для реализации более высоких параметров (давление, скорость, температура) продуктов сгорания за фронтом детонационной волны. Это позволяет уменьшить размеры установок, применять сильно разбавленные смеси, существенно уменьшить диаметр выходного отверстия ствола.

Разработанные на этих принципах устройства позволяют создавать качественные покрытия с высокими физико-механическими свойствами, что стимулирует их дальнейшее развитие [6]. Существенно улучшить условия напыления порошкового материала возможно также применяя многокамерные детонационные установки (МКДУ), которые используют преимущества бесклапанных систем, работающих на повышенных частотах. Было разработано МКДУ для напыления порошкового материала, в котором детонационное горение газовой смеси происходит в специально спрофилированных камерах [7]. Аккумуляция энергии сгорания от двух камер в цилиндрическом стволе обеспечивает формирование высокоскоростной струи продуктов сгорания, которая ускоряет и нагревает порошковый материал. Результаты моделирования процессов сгорания

в двухкамерной конструкции устройства показали, что эпюра давления продуктов сгорания в сопле имеет «двугорбый» характер. Первый «горб» от цилиндрической камеры и второй от дисковой. Оценочная скорость продуктов сгорания от открытой части сопла достигает 1,8 км/с. Такие условия позволяют эффективно ускорять порошковый материал до скоростей 1,2 км/с.

К особенностям МКДУ следует отнести наличие нескольких специально профилированных детонационных камер, повышенную частоту детонации (20–30 Гц) горючей смеси, газодинамический узел дозирования и синхронизацию ввода порошка в сопло с иницированием детонации.

Макет МКДУ (рис. 1) содержит: узел смешивания газов 1, электроразрядное устройство 2, форкамеру 3, детонационную 4 и кумулятивную 5 камеры сгорания, систему непрерывной подачи порошка 6, узел для дозирования и ввода порошка 7, водяную рубашку для охлаждения 8, цилиндрическое сопло для ускорения и нагрева дозы порошка 9, узел смешивания газов 10.

Иницирование детонации горючих газов осуществляется в форкамере 3 с помощью электрического разряда. Развитие детонационного режима сгорания в цилиндрической камере 4, а затем и в кумулятивной 5 сопровождается кумуляцией энергии продуктов сгорания на входе в сопло 9, куда вводится доза порошкового материала из устройства 7.

Вид сверхзвуковой импульсной струи при использовании двух камер приведен на рис. 2. Структура газовой струи характерна для сверхзвукового истечения в режиме недорасширения и согласуется с взрывным характером работы детонаци-

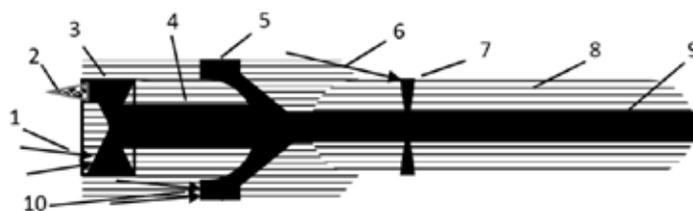


Рис. 1. Многокамерное детонационное устройство для нанесения покрытий

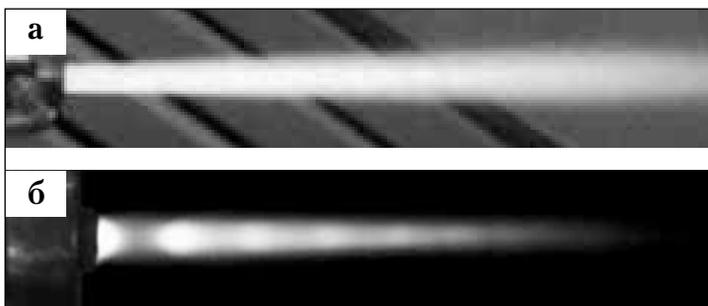


Рис. 2. Истечение сверхзвуковой импульсной струи из сопла детонационного устройства: а – с порошком, б – без порошка

онного устройства, при котором давление в камере значительно превышает давление в окружающей среде (рис. 2, б). Струя нагретого порошка от обреза сопла имеет длину более 200 мм без расхождения и потери светимости. На дистанции 400 мм и более наблюдаются красные треки от порошка, который охлаждается и тормозится в воздушной среде (рис. 2, а).

Для нагрева и ускорения керамических порошков использовали ствол диаметром 16 мм и длиной 520 мм; для металлических порошков — ствол длиной 300 мм. Регистрация давления и скорости в продуктах детонационного сгорания осуществлялась пьезоэлектрическими датчиками давления ЛХ-611. Расстояние между осями датчиков — 525 мм. Работы проводили с использованием горючей смеси пропана и кислорода в стехиометрическом соотношении.

Исследования показали, что использование второй (кумулятивной) камеры позволяет значительно изменить физические параметры продуктов сгорания. Датчик фиксирует на входе в сопло три пика давления в продуктах сгорания (рис. 3). Первый пик на уровне 35, второй 20 и третий 15 бар. Затем давление плавно понижается до 3 бар в течение 1 мс. Амплитуда давления на втором датчике, на выходе из сопла, составляет 20 бар, через 0,25 м/сек от образования максимальной амплитуды давления продуктов сгорания на входе в сопло. Анализ результатов показал, что время прохождения волны давления в продуктах сгорания между датчиками составляет в среднем 0,25 м/сек, а их скорость 2100 ± 100 м/сек (рис. 3). Проведенные исследования подтверждают, что скорость продуктов сгорания существенно повышается при подключении второй камеры сгорания. При этом в сопле формируется большой по длине и плотности поток продуктов сгорания, имеющий три максимума давления и более высокую скорость.

Такой поток более эффективен при ускорении дозы порошка в сопле. При напылении покрытий происходит обгон ударными волнами и продуктами детонационного сгорания порошковых частиц и опережающее их взаимодействие с материалом подложки или напыленным слоем.

При вводе порошков, светимость газопорошковой струи резко увеличивается (рис. 2, а). Скорость порошка определяли по фиксации светимости нагретого порошкового облака. В качестве фотоприемных устройств использовались два быстродей-

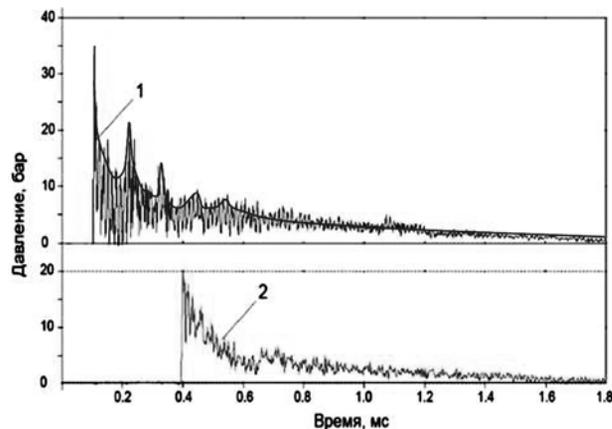


Рис. 3. График изменения давления в продуктах сгорания: 1 — в начале, 2 — в конце сопла МКДС

ствующих германиевых фотодиода ФД287 (время нарастания фронта импульса 10 нс) с рабочим спектральным диапазоном $\lambda = 0,5-1,7$ мкм.

Визуализация интегрального излучения нагретой порошковой струи позволяет оценить ее протяженность. Скорость порошковой струи определялась с учетом временного сдвига сигналов от первого и второго фотодатчиков. Типичное изменение во времени излучения от газопорошковой струи показано на рис. 4. В эксперименте использовали порошок Al_2O_3 , имеющий фракцию 5,6–22,5 мкм (AMPERIT® 740.0, Н. С. Starck).

Исследования показали, что скорость газопорошкового облака на расстоянии размещения напыляемой поверхности (до 60 мм от среза сопла) достигала, в среднем, величин 1200 ± 200 м/сек. Это позволяет получать качественные покрытия с минимальной пористостью. В качестве примера на рис. 5 приведены поперечные шлифы покрытий из порошков: а) AMPERIT 740.0 Al_2O_3 ; б) AMPERIT 554.074WC+12%CoCr (Н. С. Starck). Покрытия наносились на образец из стали 12Х18Н10Т. Исследования выявили, что материал керамического слоя имеет твердость 1320 ± 25 HV_{0,3} и пористость < 1%. Максимальная твердость получена в верхних слоях покрытия. Твердость плавно снижается

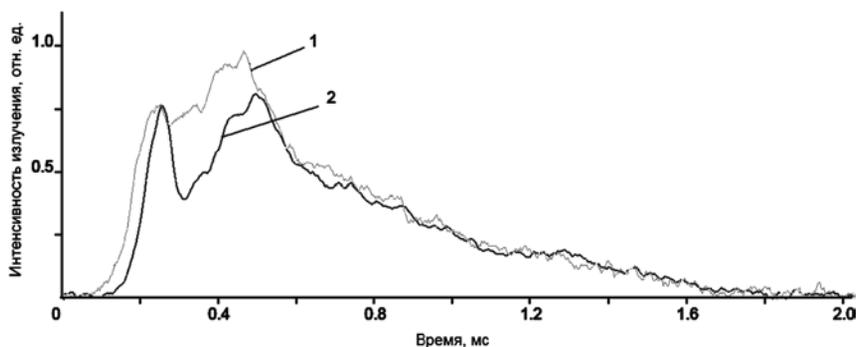


Рис. 4. Излучение газопорошкового облака, фиксируемое с использованием германиевых фотодиодов ФД287, на расстоянии от среза сопла: 1 — 30 мм, 2 — 60 мм

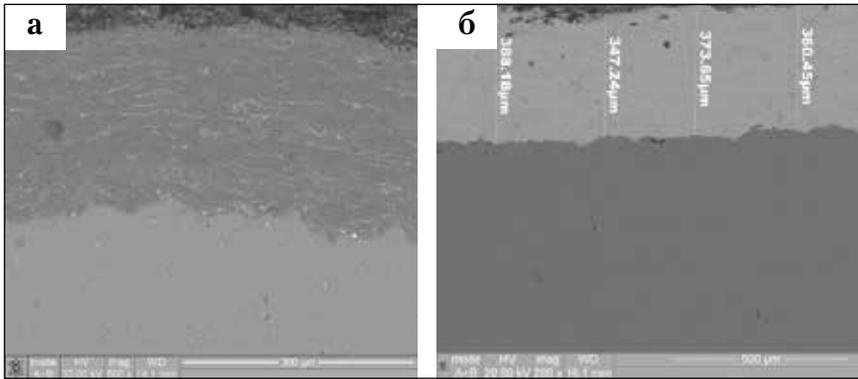


Рис. 5. SEM фотография поперечных шлифов покрытий из порошков: а) AMPERIT 740.0 Al₂O₃; б) AMPERIT 554.074 WC + 12 % CoCr (H.C. Starck)

на ~ 30% и в слоях, прилегающих к границе, имеет значение $900 \pm 25 \text{ HV}_{0.3}$. Состав материала покрытия – корунд кристаллической формы ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) до 47%; остальные фазы – пластичные модификации $\Theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ [8].

Материал покрытия из порошка AMPERIT 554.074WC + 12% CoCr имеет среднюю твердость 1 100 HV300 (от 1 600 до 800 HV300). Пористость покрытия < 1%; толщина до 400 мкм. Коэффициент использования материалов (КИМ) 86% при производительности 1,5 кг/час. Анализ показывает, что дефекты материала покрытия на поверхности раздела отсутствуют, что обуславливает высокие показатели адгезии к подложке.

Напыление покрытий осуществлялось с использованием горючего газа пропан + бутан в смеси с кислородом и воздухом. Энергоэффективность технологии составляет до 5–10 м³ продуктов сгорания на 1 кг материала покрытия. На базе разработанного МКДУ создано оборудование для нанесения покрытий, которое состоит из стандартных узлов и устройств: манипуляторы, приборы для управления газами, системы безопасности, вентиляции и защиты от звука. Оборудование комплектуется многокамерным детонационным устройством, специальным порошковым питателем и автоматизированной системой управления.

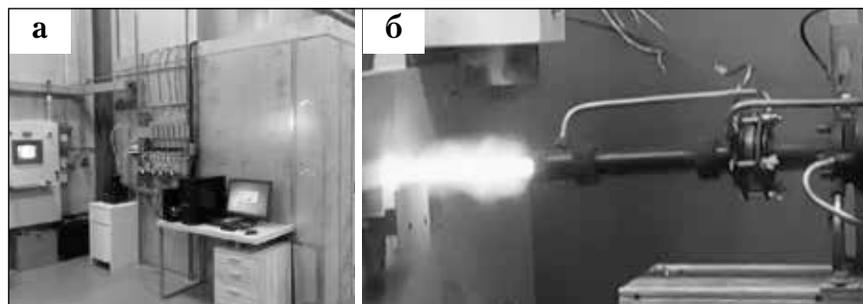


Рис. 6. МКДУ, установленная в стандартном боксе на неподвижной станции: а) вид на пульта управления, вкл. ЧПУ манипулятора, порошковый питатель, пульт управления газами, электронный блок управления МКДУ; б) детонационная установка в режиме напыления твердого сплава

Конструкция МКДУ и системы подачи порошка предусматривают возможность работы устройств при любой пространственной ориентации. МКДУ может находиться в стационарном положении (рис. 6), может быть установлено на «руке» робота и использоваться взамен горелки HVOF (рис. 7).

При высокой частоте инициирования детонации (20 Гц и выше), технологию можно рассматривать как «квазине-

прерывную» и, соответственно, осуществлять непрерывную подачу газов и порошков на большие (> 10 м) расстояния; обеспечивать качество покрытия независимо от позиционирования технологического устройства. Небольшие размеры МКДУ, а также непрерывная подача компонентов горючей газовой смеси и порошков обеспечивают условия для технологического манипулирования при использовании стандартных автоматизированных установок и роботов.

Возможно использовать стандартные боксы и системы для нейтрализации шума, апробированные порошковые питатели, газобаллонные системы подачи газов, пульта управления и системы контроля за технологией напыления и качеством покрытия (рис. 6, а).

Установка горизонтального типа (рис. 6) используется для формирования покрытий на изделиях типа ролик, вал, ротор (рис. 8, б, з). Изделия с более сложной конфигурацией (рис. 8, а, в) целесообразно напылять на установках с манипулятором в виде робота (рис. 7).

МКДУ отличаются простотой в эксплуатации и низкой стоимостью. Устройство является универсальным и обеспечивает формирование покрытий из металлических и керамических материалов. Проведенные исследования показали эффективность раз-



Рис. 7. МКДУ, установленная в стандартном боксе на «руке» робота и используемая для напыления керамического покрытия на цилиндрическую поверхность

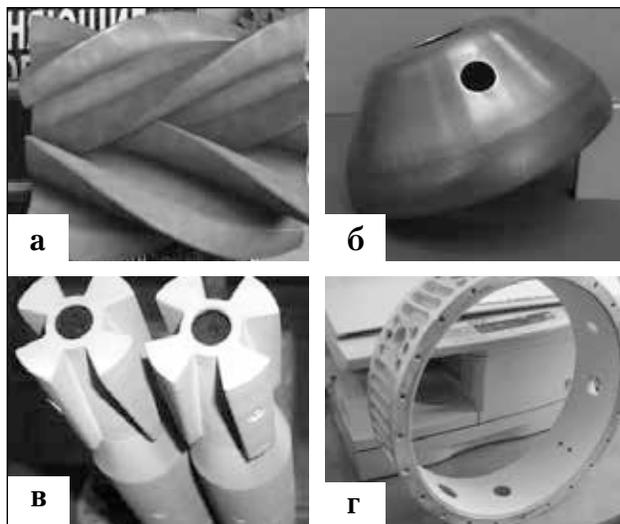


Рис. 8. Детали, напыленные порошком AMPERIT 554.074 WC+12 %CoCr на установке с горизонтальным закреплением устройства (а, б) и порошком AMPERIT 740.0 Al₂O₃; на руке робота (в, г): а) ротор высокоскоростного компрессора; б) направляющий ролик для металлургии; в) корпус геофизического прибора; г) корпус авиационного двигателя

работанного устройства и высокое качество получаемых покрытий различного назначения. МКДУ обеспечивает коэффициент использования материалов 80%—для металлокерамических и 50–60%—керамических порошков. Расход компонентов горючей смеси—0,6–1,2 м³/ч пропана и 2,0–5,0 м³/ч кислорода. Производительность МКДУ: до 3 кг/ч—металлы, 2 кг/ч—металлокерамика и 1 кг/ч—керамика.

Исходя из изложенного выше, можно сделать следующие выводы:

1. Разработано бесклапанное МКДУ для газотермического напыления, работающее с частотой 20 Гц и выше. Это повысило надежность самой конструкции и эффективность технологии нанесения покрытий в целом по сравнению с традиционными устройствами детонационного напыления.

2. В МКДУ используются принципы пересжата детонационного режима сгорания. Специальная геометрия форкамеры позволила сократить участок перехода горения в детонацию. Использование второй камеры привело к формированию дополнительного ударного фронта и к значительному увеличению амплитуды давления в стволе устройства. На выходе из ствола давление продуктов сгорания достигало 20 атм.

3. Использование второй камеры позволило поднять скорость продуктов сгорания в стволе устройства на 35%. Максимум скорости напыляемого порошка Al₂O₃ дисперсностью 5,6–22,5 мкм, достигал 1200 м/с.

4. На базе МКДУ разработаны и созданы установки для газотермического напыления покрытий

различного функционального назначения. Установки комплектуются различными манипуляторами, стандартным оборудованием и оригинальными узлами, позволяющими напылять порошки с различными физическими свойствами на изделия со сложной конфигурацией поверхности.

Литература

1. Er. Turunen, T. Varis, T.E. Gustafsson, J. Keskinen, T. Fa.lt, Simo-PekkaHannula Parameter optimization of HVOF sprayed nanostructured alumina and alumina–nickel composite coatings // *Surface & Coatings Technology*, Vol. 200, Iss. 16–17, 27.04.2006, P. 4987–4994.
2. Wielage B., Rupprecht C., Paczkowski G., Menzen R., Weissenfels G., Bernhardt H.—U., Runkel M.A. New way in HVOF technology—CFD optimized TOPGUN® AIRJET for powder and wire. // *Proc. ITSC2008 Intern. Thermal Spray Conf. Maastricht, Netherlands, 2008*, P. 147–152.
3. V. Ulianitskii, A. Shtertser, S. Zlobinand, I. Smurov: *Computer-Controlled Detonation Spraying: From Process Fundamentals Toward Advanced Applications*. *J. Therm. Spray Technol.*, 20 (2011), Iss. 4, pp. 791–801.
4. T. Endo, R. Obayashi, T. Tajiri, K. Kimura, Y. Morohashi, T. Johzaki, K. Matsuoka, Hanafusa, S. Mizuna. *Thermal Spray Using a High-Frequency Pulse Detonation Combustor Operated in the Liquid-Purge Mode*. *J. of Thermal Spray Technology* February 2016, Vol. 25, Iss. 3, P. 494–508.
5. M. Parco, G. Barykin, I. Fagoaga, C. Vaquero. Development of wear resistant ceramic coatings by HFPD // *Proc. ITSC2008 Intern. Thermal Spray Conf. Maastricht, Netherland, 2008*, P. 142–146.
6. Tyurin Y.N., Pogrebnjak A.D. Advances in the development of detonation technologies and equipment for coating deposition. *Surface and Coatings Technology*.— 111. (1999). P. 269–275.
7. Пат. (11) 83831 Україна. Спосіб детонаційного наплення покриття і прилад для його здійснення/ Ю.М Тюрін, О.В. Колісніченко: Заявник та патентовласник Ю.М Тюрін, О.В. Колісніченко. — № а 2000510593; заявл. 09.11.2005; опубл. 26.08.2008, Бюл. № 16.
8. Kovaleva M., Tyurin Yu., Vasilik N., Kolisnichenko O., Prozorova M., Arsenko M. Deposition and characterization of Al₂O₃ coatings by multi-chamber gas-dynamic accelerator. *Surfaceand Coatings Technology* 232 (2013), P. 719–725.

Сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей*

В. Д. Позняков, чл.-кор. НАНУ, д.т.н., О. А. Гайворонский, д.т.н., ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Исследовано влияние погонной энергии сварки, температуры предварительного подогрева и уровня насыщенности швов водородом на сопротивляемость замедленному разрушению металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений стали типа 35Л с повышенным содержанием углерода. Выполнена оценка влияния состава наплавленного металла на сопротивляемость разрушению металла швов при сварке электродами АНП-10 (бейнитно-мартенситных швов), УОНИ-13/55 и FOX-EV50 (ферритно-бейнитных швов). Исследовано влияние способа удаления дефектов и формирования кромок на сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин.

В настоящее время эксплуатируется много инженерных сооружений и механизмов, исчерпавших назначенный термин службы или близких к этому состоянию. В большинстве случаев такие конструкции уникальны. Масса некоторых из них превышает 100 т, а толщина металла — 80 мм. Примером таких конструкций являются узлы дробилок и гидравлических и механических прессов, которые являются основным технологическим оборудованием горно-обогатительных комбинатов, металлургических и машиностроительных заводов. Большинство из них изготовлены из литых сталей типа 25Л и 35Л с содержанием углерода 0,25–0,40%.

В процессе долгосрочной эксплуатации металл способен изменять свои физико-механические свойства, в результате чего в нем образуются микро- и макротрещины. Когда трещины достигают критических размеров, возникает потребность в восстановлении конструкции. Как правило, ремонт выполняется с использованием дуговых процессов сварки. Проблемам сварки при ремонте уделяется все больше внимания, это видно из исследований отечественных и зарубежных специалистов [1–5].

* По материалам сборника: «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин», ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ

Повышенное содержание углерода в литых сталях 25Л и 35Л предопределяет значительные трудности при их сварке. Они связаны прежде всего с тем, что при значительных скоростях охлаждения в металле ЗТВ сварных соединений таких сталей формируются закалочные структуры, вследствие чего в них могут образовываться холодные трещины.

Для предупреждения возникновения отмеченных трещин сварка таких сталей обычно выполняется с предварительным подогревом соединений до температур 200–300 °С. Однако, из-за сложной конфигурации и большой толщиной металла, из которого изготовлены конструкции, а также учитывая тот факт, что во время ремонтной сварки доступ к отдельным местам, подлежащим восстановлению, усложнен, и работы выполняются в ограниченном пространстве, реализовать такую технологическую операцию в полной мере достаточно проблематично.

В связи с этим возникла необходимость в проведении исследований, направленных на нахождение эффективных технологических решений по повышению сопротивляемости замедленному разрушению сварных соединений сталей с содержанием углерода больше чем 0,25%, снижению при этом температуры предварительного подогрева до 80–100 °С.

Для решения поставленной задачи исследовали влияние следующих факторов:

- погонной энергии сварки, температуры предварительного подогрева и уровня насыщенности швов водородом на сопротивляемость замедленному разрушению металла ЗТВ соединений стали с повышенным содержанием углерода;
- состава наплавленного металла на образование в сварных соединениях поперечных трещин;
- способа удаления дефектов и формирования кромок на сопротивляемость корневого слоя сварных соединений образованию холодных трещин.

Сопротивляемость металла ЗТВ замедленному разрушению изучали при помощи метода «Имплант», который описан в работе [6]. Образцы для проведения испытаний изготавливали из специально отобранной части конструкции дробилки,

более 12 лет эксплуатировавшейся на одном из горно-обогатительных комбинатов. Ее металл имел такой химический состав (в %): 0,42 С, 0,41 Si, 0,67 Mn, 0,34 Cr, 0,36 Ni, 0,025 S, 0,035 P.

Наплавку связующего шва выполняли электродами марки УОНИ-13/55 диаметром 4,0 мм на режимах, обеспечивающих погонную энергию сварки в диапазоне 10–21 кДж/см. Температуру предварительного подогрева образцов изменяли от 20 до 100 °С, а концентрацию диффузионного водорода в наплавленном металле от 7,0 до 15,0 мл/100 г (оценивали хроматографическим способом). Обобщенные полученные данные проведенных опытов представлены на рис. 1.

Установлено, что наиболее высокую сопротивляемость замедленному разрушению имеют образцы, сварку которых выполняли с предварительным подогревом 80–100 °С на режимах, обеспечивающих погонную энергию сварки на уровне 10 кДж/см, при содержании диффузионного водорода в наплавленном металле до 8,0 мл/100 г. Критические напряжения, при которых исследуемые образцы не разрушались на протяжении 24 ч, составляли $\sigma_{кр} = 325$ МПа. Анализ термокинетической диаграммы превращений аустенита в стали 35Л (рис. 2) свидетельствует, что при данных условиях охлаждения сварных соединений ($W_{6/5} \leq 10$ °С/с) в металле ЗТВ образуется структура, состоящая главным образом из бейнита и перлита. При более высоких скоростях охлаждения, характерных для сварки без подогрева ($W_{6/5} \approx 12$ °С/с) и с подогревом до 60 °С ($W_{6/5} \approx 20$ °С/с), в металле ЗТВ образуется преимущественно мартенситная структура, которая имеет низкую сопротивляемость образованию холодных трещин [6]. Уже при скоростях охлаждения 12 °С/с она почти на 50% состоит из мартенсита. При $W_{6/5} \geq 20$ °С/с содержание мартенсита вырастает до 80%. Именно этим, на наш взгляд, объясняется тот факт, что при таких условиях сварки, даже при относительно небольших концентрациях диффузионного водорода в наплавленном металле

($\approx 7,0$ мл/100 г), уровень критических напряжений ЗТВ стали 35Л был небольшим и составлял 150 МПа.

При ограниченном содержании диффузионного водорода в наплавленном металле (до 8 мл/100 г) достаточно высокую сопротивляемость замедленному разрушению ($\sigma_{кр} \approx 300$ МПа) имеют образцы, сварка которых выполняется на повышенных режимах ($Q_{св} \approx 21$ кДж/см). Однако, как известно [7], увеличение погонной энергии сварки способствует росту уровня остаточных напряжений в сварных соединениях, поэтому данный технологический вариант сварки, по нашему мнению, не позволит избежать образования в них холодных трещин.

Существенное влияние на замедленное разрушение имеет диффузионный водород. Повышение его содержания в наплавленном металле до 15 мл/100 г приводит к ухудшению сопротивляемости металла ЗТВ стали 35Л замедленному разрушению. Даже при $Q_{св} \approx 21$ кДж/см критические напряжения, при которых в соединениях образование холодных трещин маловероятно, составляли 150 МПа. Менее ощутимо его влияние при сварке с предварительным подогревом до 100 °С ($\sigma_{кр} \approx 200$ МПа), но и при таких условиях сварки вероятность образования холодных трещин в металле ЗТВ сварных соединений стали 35Л достаточно высокая.

Установлено, что наиболее благоприятными с точки зрения сопротивляемости сварных соединений стали 35Л образованию холодных трещин являются условия, когда сварку проводят с предварительным подогревом до 80–100 °С на режимах, обеспечивающих $Q_{св} \approx 10$ –14 кДж/см, при ограниченном (до 8,0 мл/100 г) содержании диффузионного водорода в наплавленном металле и уровне напряжений, которые не превышают 325 МПа.

Оценку сопротивляемости замедленному разрушению металла шва проводили в соответствии с методикой, описанной в работе [8], на образцах толщиной 30 мм с X-подобным раскрытием кромок. Исследовали однослойные швы, выполненные

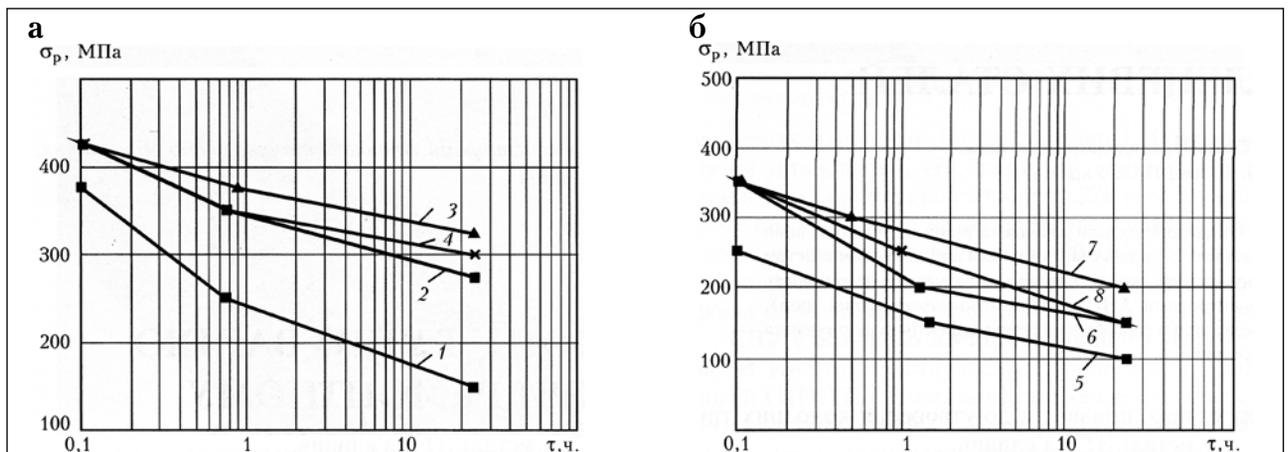


Рис. 1. Сопротивляемость замедленному разрушению металла ЗТВ стали 35Л при содержании диффузионного водорода в наплавленном металле: а – 8,0, б – 15,0 мл/100 г, в зависимости от температуры предварительного подогрева (1–4) и погонной энергии сварки (5–8): 1, 4 – $T_{пл} = 20$; 2 – 60; 3 – 100 °С; 5 – 7 – $Q_{св} = 10$; 8 – 20 кДж/см

электродами АНП-10 (бейнитно-мартенситные швы), УОНИ-13/55 и FOX-EV50 (ферритно-бейнитные швы). Сварку образцов выполняли без предварительного подогрева на таких режимах: $I_{св} = 160-180$ А; $U_{д} = 25-27$ В; $V_{св} = 10$ м/час. Химический состав, параметры структуры и механические свойства исследуемых швов представлены в табл. 1. Представление про замедленное разрушение таких швов дают кривые на рис. 3.

Как показали результаты испытаний, наиболее высокие показатели сопротивляемости замедленному разрушению имеют швы, выполненные электродами FOX-EV50 и УОНИ-13/55. Критические уровни напряжений, при которых образцы не разрушались на протяжении 24 ч, составляют соответственно 425 и 375 МПа. Относительный показатель стойкости этих швов к образованию холодных трещин, определяемый по соотношениям между критическим уровнем напряжений и пределом текучести швов, ориентировочно составляет $\sigma_{кр}/\sigma_{0,2} = 0,75-0,8$. Это свидетельствует о том, что металл с ферритно-бейнитной структурой имеет достаточно высокую стойкость против образования поперечных трещин, образование которых возможно только при условии, что уровень напряжений в сварных соединениях будет близок к пределу текучести таких швов. Более низкой сопротивляемостью замедленному разрушению как по абсолютным значениям, так и относительным показателям трещиностойкости, обладает металл шва, выполненный электродами марки АНП-10. Напряжения, при которых в металле швов сварных соединений могут образоваться поперечные трещины, не превышают 325 МПа ($\sigma_{кр}/\sigma_{0,2} = 0,5$). Наиболее вероятно это связано с тем, что швы с бейнитно-мартенситной структурой менее пластичны ($\delta_5 = 18\%$), чем с ферритно-бейнитной ($\delta_5 = 25-30\%$) и обладают меньшей способностью деформироваться без разрушения.

На сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин может также влиять способ подготовки кромок для сварки. По этой причине при изготовлении металло-

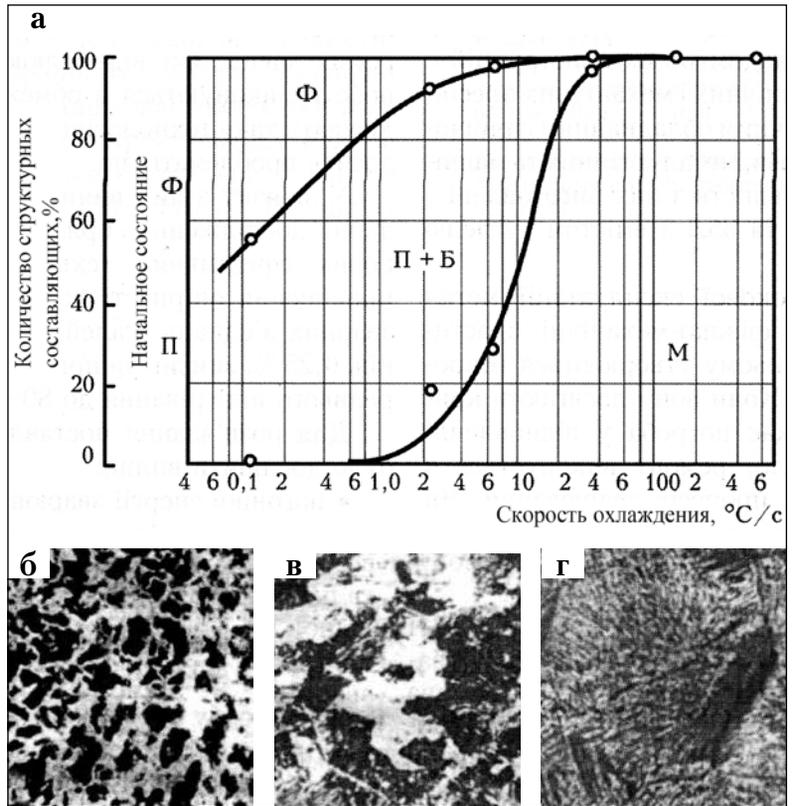


Рис. 2. Диаграмма структурного состава металла стали 35Л – а, характерные микроструктуры (x250), которые он имеет в выходном состоянии – б, при сварке на режимах, обеспечивающих скорость охлаждения 7 °C/c – в, 25 °C/c – г

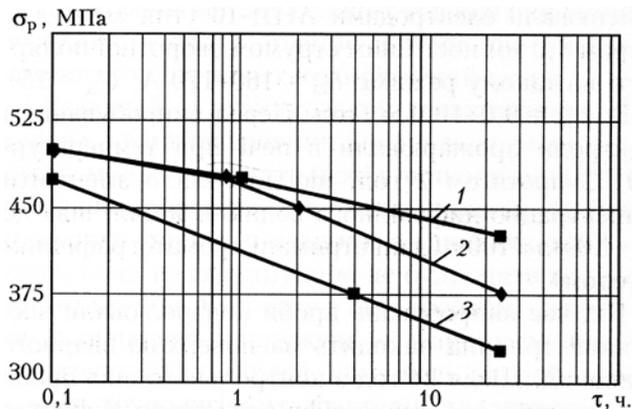


Рис. 3. Сопротивляемость замедленному разрушению металла швов, выполненных ручной дуговой сваркой электродами: FOX-EV50 – 1, УОНИ-13/55 – 2, АНП-10 – 3

Таблица 1. Химический состав, параметры структуры и механические свойства металла швов, наплавленных электродами АНП-10, FOX-EV50 и УОНИ-13/55

Марка электрода	Химический состав, %					$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5 , %	Фазовый состав структуры, %
	С	Мn	Si	S	р			
АНП-10	0,11	1,8	0,5	0,020	$\leq 0,023$	640	18	90 Б + 10 М
FOX-EV50	0,07	1,1	0,5	0,009	0,012	530	30	30 Ф + 70 Б
УОНИ-13/55	0,09	1,2	0,45	0,022	0,018	500	25	50 Ф + 50 Б

конструкций из высокопрочных сталей кромки сварных соединений обычно подготавливаются одним из механических способов, например фрезерованием. При ремонтной сварке металла малой толщины трещины можно удалить также механизированным способом. Что касается ремонтной сварки конструкций, изготовленных из металла большой толщины, то здесь при удалении дефектов чаще всего применяется газокислородная резка.

Известно, что кислородная резка негативно влияет на состояние поверхности металла. Как правило, в средней части разреза происходит насыщение металла углеродом и может образоваться узкая зона с твердостью до $HV\ 700$. Вследствие чего механические свойства и сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений, выполненных по кромкам после газовой резки, могут существенно снижаться сравнительно с соединениями кромок, которые обрабатывались механическим способом. Поэтому возникает необходимость в разработке технологических решений, позволяющих компенсировать негативное действие на металл газокислородной резки.

Учитывая это обстоятельство, для нахождения эффективных способов повышения сопротивляемости ремонтных сварных соединений замедленному разрушению, были изучены способы подготовки кромок с целью проверки влияния на этот процесс. Исследования проводили с использованием широко известной пробы Теккен относительно стали 14Х2ГМРЛ толщиной 60 мм. Сварку технологических проб осуществляли электродами АНП-10 (тип Э70) диаметром 4,0 мм постоянным током обратной полярности на таком режиме: $I_{св} = 160-170\ А$; $U_{д} = 25-26\ В$; $V_{св} = 9,0-10,0\ м/ч$. Перед испытанием электроды прокаливали в печи при температуре $450\ ^\circ\text{C}$ на протяжении 2 ч, что позволило уменьшить концентрацию диффузионного водорода в металле шва до 3,5–4,0 мл/100 г (данные получены хроматографическим методом).

Во время испытаний проб контролировали время выхода трещины на поверхность сварного соединения. После 24 ч из контрольного шва пробы Теккен вырезали макрошлифы для металлографических исследований. Критерием оценки стойкости сварных соединений замедленному разрушению при проведении испытаний была минимальная температура предварительного подогрева, при которой в сварных соединениях не образовывались трещины. Обобщенные результаты проведенных испытаний приведены в *табл. 2*.

Из рассмотренных вариантов (*табл. 2*) наиболее трудоемким является последний, предусматривающий предварительную механическую обработку

Таблица 2. Обобщенные результаты испытаний проб Теккен при разной подготовке кромок

Технологический вариант подготовки кромок	$T_p, ^\circ\text{C}$	Наличие трещин, %	Место расположения трещин	Примечание
Газокислородная резка	120	100	ЗТВ, металл шва	Непригодный вариант
	180	30–40		
	210	15–20		
Газовая резка, зачистка кромок шлифмашиной	90	100	–	–
	150	10–15		
	180	0		
Газовая резка, механическое фрезерование кромок	60	100	ЗТВ, металл шва	Базовый вариант
	90	20–25		
	120	0	Не имеет	
Газовая резка, зачистка кромок, наплавка переходного слоя с зачисткой шлиф-машиной	20	90–95	ЗТВ, металл шва	Оптимальный вариант
	40	70–80		
	60	50–55		
	90	0	Не имеет	

кромки шлифовальной машинкой, наплавку предварительного слоя электродами типа Э50 и последующую их механическую обработку. Однако, он обеспечил значительное снижение температуры предварительного подогрева проб (приблизительно на 55–60%), что дает основание рассчитывать на то, что именно такой подход позволит существенно снизить температуру предварительного подогрева при сварке во время ремонта массивных металлоконструкций.

Литература

1. Timossi L., Servetto C. Inspection and repairing methodology on cracks in steel manufacturing plants. — S. 1, S.a. — Intern. Inst. of Welding; Doc. XV-908–96.
2. Bowers R.J., Letts M.W. Weld-repair simulation in 2.25Cr-1Mo steel. — S. 1, S.a. — 21 p. — Intern. Inst. of Welding; Doc. IX-1856–96.
3. Gregory E.N., Slater G., Woodley C.C. Weld repair of cracks in steel bridge members // Rept. Nat. Coop. Highway Program. — 1989. — N 321. — P. 1–4.
4. Lai M.O., Fong H.S. Effect of repeated repairs on the strength of welded joints // Welding J. — 1989. — N 6. — P. 28–30.
5. Lai M.O., Fong H.S. Fatigue performance of repaired pipelines steel weld // J. Mater. Sci. Lett. — 1988. — N 12. — P. 1353–1354.
6. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. — М.: Машиностр., 1981. — 247 с.
7. Корольков П.М., Дикун В.Н. Влияние технологических процессов сварки и объемной термообработки на уровень сварочных напряжений в шаровых резервуарах жидкого аммиака // Монтажные и спец. работы в стр-ве. — 1993. — № 8. — С. 24–26.
8. Миходуй Л.И., Мельник И.С., Позняков В.Д. Сопротивляемость замедленному разрушению низколегированных швов при сварке высокопрочных сталей с пределом текучести свыше 600 МПа // Автомат. сварка. — 1990. — № 2. — С. 14–19.

● #1691

ПАО «ТУРБОАТОМ» изготовило конденсатор для блока № 3 Запорожской АЭС

А.В. Вавилов, начальник отдела сварки, ПАО «Турбоатом» (Харьков)

ПАО «Турбоатом» изготовило и отгрузило, согласно условиям контракта, для Запорожской АЭС конденсатор «блочно-модульного» исполнения с охлаждающими трубками из нержавеющей стали для турбины К-1000–60/1500–2 мощностью 1000 МВт.

Конденсатор состоит из трех корпусов, содержащих по шесть модулей.

Каждый модуль состоит из двух наружных трубных досок из нержавеющей стали, промежуточных трубных досок и труб охлаждающих из нержавеющей стали, которые привариваются к наружным трубным доскам.

Сборка и сварка модулей выполнялись в специальном сборочно-сварочном стенде. После сварки, зачистки и контроля сварных швов модуль передавался на набивку трубками с последующими вальцовкой, подрезкой, торцовкой и аргоно-дуговой сваркой.

Контроль соединения «труба – доска трубная» осуществлялся в соответствии с требованиями конструкторской документации.

После изготовления каждого модуля выполнялась контрольная сборка корпуса конденсатора (6 модулей вместе) с предъявлением ОТК и представителю Заказчика.

Работам по изготовлению конденсатора предшествовали ознакомление и анализ требований конструкторской документации к самой сварной конструкции и конкретно к каждому сварному шву.

По результатам анализа «Технического задания» была определена возможность изготовления конденсатора при следующих условиях:

- наличия необходимого оборудования;
- аттестации сварщиков;
- аттестации технологии сварки.

Сварка соединения «труба – доска трубная» выполнялась на специальном оборудовании для орбитальной сварки фирмы «Polysoude» (Франция), было приобретено 15 единиц этого оборудования (фото 1).

В комплект оборудования входят (фото 2): автомат для орбитальной сварки PS164, сварочная головка TS-34.

Дополнительно были закуплены две машины для заточки и отрезки вольфрамовых электродов.

Для развальцовки, порезки и торцовки было за-

куплено три единицы специального оборудования, состоящие из:

- системы для развальцовки труб MATEXPRO2300 (Италия),
- переносной автоматической трубоподрезной кромкострогательной машины Mini Auto (Италия).

Аттестации сварщиков и технологии сварки проводились до начала изготовления конденсатора, для чего были выполнены следующие работы:

- разработана программа производственной аттестации сварки в соответствии с требованиями ПНАЭ-Г-7–010;
- разработано контрольное сварное соединение (КСС);



Фото 1. Аппараты для орбитальной сварки фирмы «Polysoude» (Франция)



Фото 2. Комплект оборудования фирмы «Polysoude» (Франция)

- разработана технологическая инструкция по сварке (WPS);
- под наблюдением контролирующего лица подготовлено и сварено КСС;
- согласно требованиям конструкторской документации выполнены необходимые контроль и испытания;
- результаты аттестации технологии сварки оформлены протоколом.

Было выполнено пять процедур по аттестации технологии сварки.

Остановимся на одной из аттестованных технологий сварки соединения «труба — доска трубная».

Сварное соединение труба Ø 23 x 0,5 мм из стали TP316L и доска наружная из стали TP316L толщиной 30 мм выполняется аргонодуговой сваркой на специально изготовленном макете, на вертикальной стенке, без разделки кромок и присадки (фото 3).

Перед сваркой выполнялась развальцовка конца трубы по длине 25 мм для плотного прилегания трубы к отверстию трубной доски; затем проводилась подрезка припуска трубы и ее торцовка заподлицо с трубной доской.

Сварка выполняется автоматом для орбитальной сварки с программированием всех параметров сварки (фото 4).

После изготовления «макета» сварное соединение подвергается разрушающему и неразрушающему видам контроля:

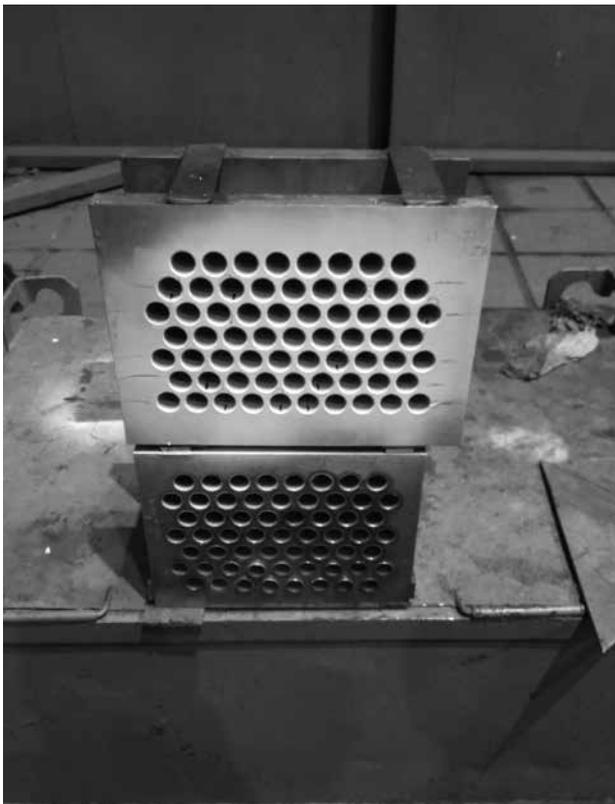


Фото 3. Сдача ЦД на Макете



Фото 4. Сварка образцов

- визуальный измерительный — 100%;
- капиллярный контроль — 100%;
- пневматические испытания — 100%;
- металлографическое исследование (определение параметров сечения сварного шва приварки трубы к доске наружной) (фото 5);
- замер микротвердости в металле шва, ЗТВ и в основном металле (фото 6).



Фото 5. Макроструктура сварного соединения труба — доска наружная



Фото 6. Замер микротвердости в образце

По результатам производственной аттестации технологии сварки соединения «труба — доска трубная» оформлен протокол с формулировкой: сварное соединение «труба — доска трубная» удовлетворяет требованиям указанной документации и может применяться при изготовлении конденсатора.

● #1692

Автоматизация и роботизация в сварочном производстве: состояние и тенденции развития

А.А. Мазур, канд. экон. наук, О.К. Маковецкая, канд. экон. наук, С.В. Пустовойт, к.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

В статье представлена систематизированная экономико-статистическая информация о развитии автоматизации и роботизации в сварочном производстве. Использование передовых автоматизированных (роботизированных) систем является главной особенностью мировой экономики на современном этапе. Уменьшение затрат на переоснащение предприятий, вследствие снижения стоимости роботов, компьютерных систем, аппаратных средств автоматизации и программного обеспечения, способствует инвестированию в автоматизацию промышленного производства.

Широкое использование информационных и компьютерных технологий в экономически развитых странах изменило концепцию автоматизации современного производства, создало условия для ее глобального роста и привлечения инвестиций в разработку и производство средств и технологий автоматизации. Вследствие этого средний ежегодный рост продаж на мировом рынке автоматизации производства за последние 10 лет составил около 6,6%; объем продаж в 2015 г. превысил 185 млрд. долл. США, а к 2024 г., по прогнозу [1], достигнет 352 млрд. долл. США.

Снижение стоимости роботов, компьютерных систем, аппаратных средств автоматизации (датчики, процессоры), программного обеспечения уменьшает затраты на переоснащение предприятий и становится основной причиной привлекательности инвестирования в автоматизацию промышленного производства. Так средняя цена робота в 2015 г., по сравнению с 2000 г., снизилась на 30%. В качестве примера можно привести показатели стоимости робота для точечной сварки: согласно данным Бостонской исследовательской компании (BSG) его стоимость снизилась на 27% – в среднем от 182 до 133 тыс. долл. США (по сравнению с 2005 г.). К 2025 г. ее снижение составит еще 22%. В ближайшее десятилетие более, чем на 20% ожидается снижение цен на аппаратное и программное обеспечение.

Динамика изменения структуры стоимости типичного робота для точечной контактной

сварки в автомобилестроении в США, согласно [2, 3], приведена на рис. 1 [3]. К 2025 г. ожидается снижение затрат на внедрение роботов на производстве, уменьшение расходов на системную инженерию, т.к. в основном достигнуты преимущества онлайн программирования. За счет устранения защитных ограждений и датчиков будут сокращены затраты на периферийные устройства. Незначительно снизится стоимость самих роботов (включая программное обеспечение), поскольку она становится близка к издержкам на материалы, а объем их производства для автомобильной промышленности уже высок.

При снижении стоимости робототехнических систем в ближайшем будущем их производительность будет ежегодно возрастать примерно на 5%. Сейчас роботы выполняют более 10% всех производственных операций в промышленности, к 2025 г. этот показатель вырастет до 40%.

Приемлемая стоимость и производительность робототехники позволяют применять ее в малом и среднем бизнесе; это повысит производительность труда.

Дефицит рабочей силы, наблюдающийся на мировом рынке труда, также является весомой причиной внедрения робототехники в промышленности. По данным Американского сварочного общества дефицит сварщиков в США в 2020 г. составит около

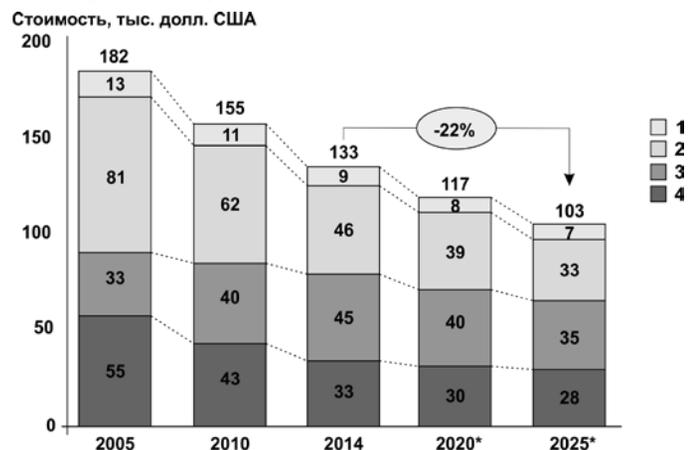


Рис. 1. Динамика изменения структуры стоимости типичного робота для точечной сварки в автомобилестроении в США (* – прогноз): 1 – управление, 2 – системная инженерия, 3 – периферийные устройства, 4 – робот

290 тыс. рабочих и эти рабочие места будут замещены роботами. Согласно данным ARK Invest «Будущее автоматизации» к 2035 г. примерно половина рабочих мест в США будет автоматизирована и роботизирована. Это позволит увеличить добавочную стоимость труда, добавив 12 трилл. долл. США к общему реальному ВВП. Повышение производительности за счет автоматизации, окажет существенное влияние на экономический рост, причем реальный ВВП на одного рабочего в США удвоится с 113 тыс. долл. в 2013 г. до 236 тыс. долл. США в 2035 г. или в годовом исчислении на 3,4%. [3, 4].

Робототехника уже является экономически жизнеспособной альтернативой труда человека во многих отраслях промышленности США (рис. 2 [3]).

Успех в конкурентной борьбе на мировом рынке достигается за счет сокращения цикла производства продукта, быстрой смены линейки выпускаемой продукции, учета индивидуальных потребностей и пожеланий заказчика при производстве продукции. Все это требует быстрой адаптации, большей точности и согласованности на производственной линии, что сложно осуществить, используя труд рабочих, но становится возможным при автоматизации процесса производства, что также определяет увеличение потребности в универсальном и программируемом автоматизированном оборудовании. Одним из решений этих задач стало создание нового поколения робототехники – коллоборативной, направленной на совместную работу робота и человека, которая уже начинает вытеснять «изолированные» роботы. Современные исследования показывают, что совместная работа робота и человека на 80% продуктивнее, чем работа каждого по отдельности. Короботы – это новые роботы, созданные пионерами рынка (Baxter от компаний Rethink Robotics, Universal Robot) и мировыми лидерами – АВВ, КУКА. Разработчики короботов доказали, что фактически любой современный робот можно превратить в сертифицированный коробот,

полностью безопасный для человека – достаточно лишь перестроить его систему управления, научив ее «слушать» новые сенсоры.

Сегодня самым быстрорастущим сегментом мирового рынка робототехники является производство короботов, созданных Universal Robots в 2008 г. По прогнозу аналитиков он будет ежегодно увеличиваться на 50% и ожидается, что в 2020 г. его объем достигнет 3 млрд. долл. США [5].

В сегменте средств автоматизации наиболее динамично растет спрос на промышленные роботы (ПР), которые в структуре мирового рынка автоматизации составляют около 4%, а в структуре мирового рынка средств автоматизации на их долю приходится 17%. ПР выполняют технологические операции быстрее и точнее людей, обеспечивают повышение производительности и снижение общих издержек производства.

Динамика развития и роста дохода от продаж мирового рынка средств автоматизации за 2011–2015 г. представлена в табл. 1 [6].

Таблица 1. Динамика роста дохода от продаж основных продуктовых сегментов на мировом рынке средств автоматизации 2011–2015 гг., млрд. долл. США

Доход от продаж, млрд. долл. США	2011	2012	2013	2014	2015
Средства автоматизации, всего	5,9	4,3	5,3	5,3	5,5
включая: роботы	6,6	8,3	8,6	7,5	7,5
средства «машинного зрения»	6,6	3,7	7,1	6,2	6,7
сенсоры	5,6	3,6	3,6	4,2	4,2
реле и переключатели	5,5	3,5	3,6	4,2	4,3
устройства движения	4,9	1,5	3,7	4,3	4,4
другие	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0

Рост доходов от продаж в сегменте робототехники более чем на 40% превышает средний рост доходов от продаж в сегменте средств автоматизации и на 15% средний рост доходов на рынке автоматизации в целом.

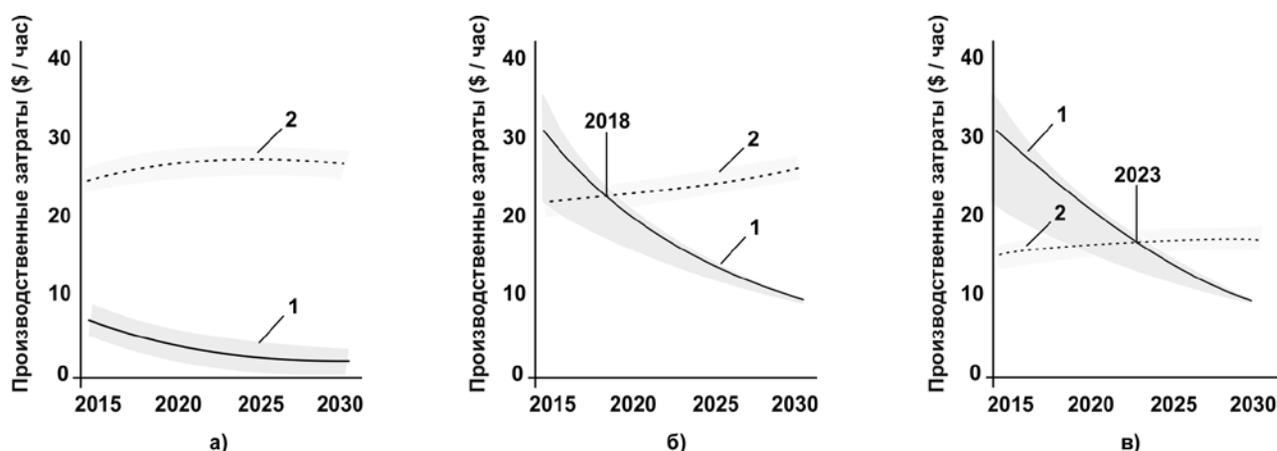


Рис. 2. Сравнение производственных затрат: при использовании роботов – 1, труда рабочего – 2, в промышленности США: а – автомобилестроение, б – электрооборудование, в – мебельное производство

По данным Международной федерации робототехники (IFR) с 2010 г. по 2015 г. средний ежегодный рост продаж ПР на мировом рынке составил 16%, среднегодовые продажи ПР выросли до 183 тыс. ед. Увеличение продаж почти на 60% свидетельствует о значительном росте спроса на ПР и инвестиций в их производство во всем мире. Стоимостной объем рынка ПР в 2015 г. по отношению к 2014 г. увеличился на 9% и достиг нового максимума – 11,1 млрд. долл. США, а с учетом программного и аппаратного обеспечения – составил 35 млрд. долл. США (+15,5%).

Мировой парк ПР в 2015 г. превысил 1 664 тыс. ед., но фактическая численность действующего парка ПР значительно больше, поскольку на практике большинство ПР успешно эксплуатируется и после истечения их нормативного срока службы (12–15 лет). По прогнозу IFR мировой парк ПР в 2019 г. составит 2,6 млн. ед. (+ 1млн. к 2015 г.).

Данные о количественном объеме ежегодных продаж и парке ПР в основных регионах мира в 2010, 2014 и 2015 гг., а также оценка на 2016 г. приведены в *табл. 2* [7].

Мировыми лидерами применения ПР являются Китай, Республика Корея, Япония, а также США и Германия – их суммарная доля составляет более 75% мирового рынка.

За последние шесть лет использование ПР почти утроилось в основном за счет стран Азии. Рынок азиатского региона – крупнейший быстро растущий региональный рынок, который составляет более половины мирового рынка ПР.

В 2015 г. продажи ПР в азиатском регионе выросли на 20% и составили 156 тыс. ед. Китай лидирует по росту продаж как на региональном, так и мировом рынке ПР. В 2015 г. объем реализации ПР в Китае достиг 68,6 тыс. ед., что составило 44% всего объема продаж в Азии. В соответствии с данными China Robot Industry

Alliance (CRIA) в Китае значительно выросло собственное производство ПР. Объем реализации ПР китайского производства на внутреннем рынке в 2015 г. увеличился на 29% и составил 20,4 тыс. ед., по сравнению с 2013 г. производство увеличилось более чем в 2 раза [8]. Данные о динамике реализации в Китае ПР национального и зарубежного производства представлены на *рис. 3* [8].

В 2015 г. продолжился тренд роста продаж ПР и в др. странах азиатского региона – Республике Корея (+55%; 38,3 тыс. ед.), Японии (+20%; 35,0 тыс. ед.), Тайване (+4%; 7,2 тыс. ед.) и др.

На европейском рынке в 2015 г. объемы продаж ПР выросли на 10%. Основными его сегментами являются Германия (20,1 тыс. ед.), Италия (6,7 тыс. ед.) и Испания (3,8 тыс. ед.). Важным региональным рынком ПР является Северная Америка. Объемы продаж в США выросли на 3% и составили 27,5 тыс. ед., а в Мексике – увеличились в два раза и составили 5,5 тыс. ед.

На *рис. 4* [9] приведены данные о ежегодно устанавливаемых ПР в течение 2013–2015 гг. в отраслях – основных потребителях ПР в мире.

Суммарно более 70% всех продаж ПР приходится на отрасли автомобилестроения, электротехническую и металлообрабатывающую промышленность. Основной потребитель ПР и главная движущая сила развития современной робототехники – автомобилестроение, доля которого составляет более 40% всех продаж ПР в мире. В 2015 г. в отрасли было установлено 97,5 тыс. роботов, что является новым рекордом за последние пять лет.

Объем реализации ПР

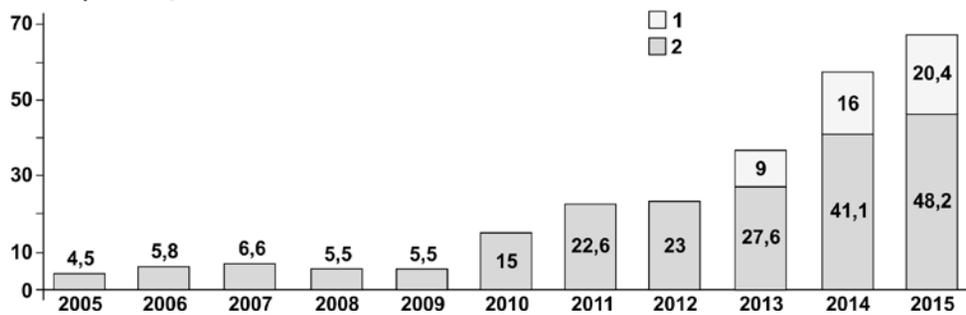


Рис. 3. Динамика реализации ПР в Китае: национальных – 1, зарубежных производителей – 2, тыс. шт.

Таблица 2. Количество ежегодных продаж и общий парк ПР всех типов и назначений в регионах мира в 2010–2016 гг., ед.

Регион	Ежегодные продажи ПР, ед.				Парк ПР, ед.			
	2010	2014	2015	2016 оценка	2010	2014	2015	2016 оценка
Всего в мире, в том числе:	120 585	220 571	253 748	290 000	1 059 162	1 467 900	1 664 000	1 824 000
Америка	17 114	32 616	38 134	40 200	179 785	249 500	272 000	281 000
Азия (включая Австралию)	69 833	134 444	160 558	190 200	520 831	777 100	1 417 000	908 500
Европа	30 741	45 559	50 073	54 200	352 142	411 500	519 000	431 700
Африка	259	428	348	400	2 232	4 200	4 500	4 900

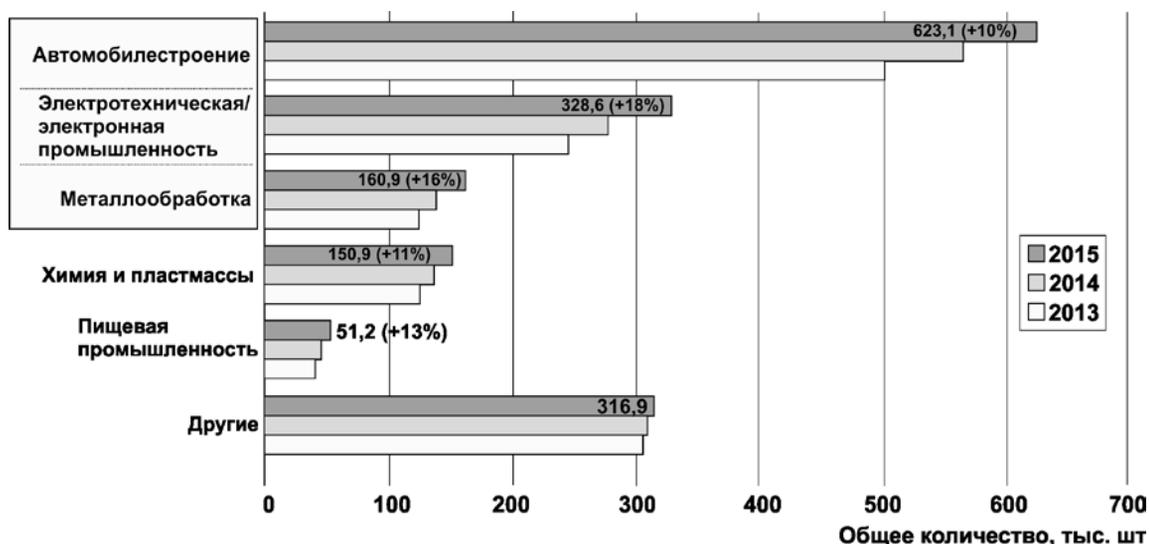


Рис. 4. Количество ежегодно устанавливаемых ПР за 2013-2015 гг. в отраслях – основных потребителях ПР в мире, ед.

Динамика доли продаж ПР в автомобилестроении и др. отраслях машиностроения в 2005–2015 гг. приведена на рис. 5 [10].

С каждым годом непрерывно растет число «профессий», которые успешно осваивают роботы. Если в начале XXI века в автомобилестроении роботы были задействованы в технологическом цикле в 45% всех операций [7], то, согласно данным IFR, к началу 2013 г. этот показатель составил более 80%.

В наибольшей степени предприятия автомобилестроения роботизированы в Японии, Республике Корея, Германии и США.

Значительно возросло потребление ПР и в электротехнической/электронной промышленности: при производстве компьютеров, медицинских, прецизионных и оптических инструментов, телекоммуникационного оборудования и др. продукции. В 2015 г. объемы реализации ПР в этой отрасли увеличились на 41% и достигли нового пика – 64,6 тыс.ед. Высокий уровень роботизации электронной промышленности наблюдается в Японии и Республике Корея.

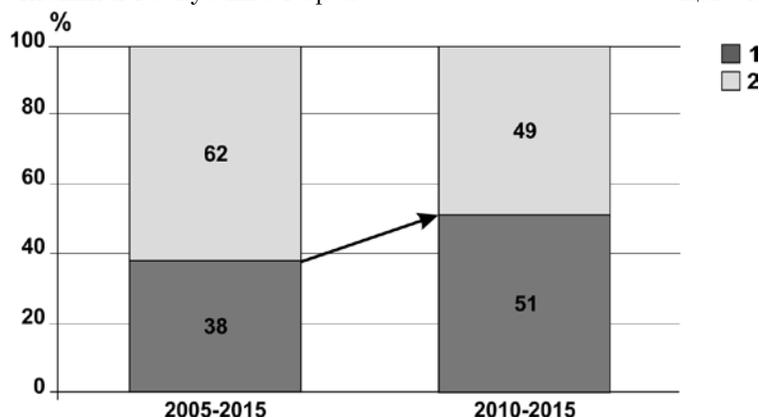


Рис. 5. Динамика доли продаж ПР в 2005-2015 гг.: в автомобилестроении – 1, др. отраслях машиностроения – 2, %

В металлообрабатывающих отраслях промышленности в 2015 г. также был отмечен значительный рост продаж ПР (+39%).

Несмотря на значительный рост рынка ПР средний уровень автоматизации промышленного производства в мире остается достаточно низким. В 2015 г. среднемировой показатель «плотности» роботов (количество ПР на 10 тыс. занятых в промышленном производстве) составил 55 ед. По показателю «плотности» ПР Республика Корея (478 ед.), Япония (314 ед.) и Германия (292 ед.) относятся к числу стран, промышленное производство которых в наибольшей степени автоматизировано.

Наблюдается значительное отставание в уровне роботизации отраслей общего машиностроения по сравнению с автомобилестроением. В промышленно развитых странах уровень роботизации отраслей общего машиностроения в 7–8 раз меньше чем в автомобилестроении, странах БРИК – в 19 раз, что является стимулом и потенциалом развития рынка робототехники в этих регионах. Показатели уровня роботизации в автомобилестроении и отраслях общего машиностроения в ряде стран мира [7, 9] в 2015 г. приведены на рис. 6.

Эксперты компании KUKA, используя данные IFR, оценили уровень роботизации отраслей общего машиностроения в десяти странах/регионах мира, в которых сосредоточено 80% мирового рынка отраслей общего машиностроения, по объему продаж ПР в 2013 г. Результаты проведенного анализа [11, 12] показывают (рис. 7), что в промышленно развитых и развивающихся странах в большинстве отраслей общего машиностроения имеется значительный потенциал для роста рынка ПР.

Уровень роботизации,
ед. / 10 тыс. занятых

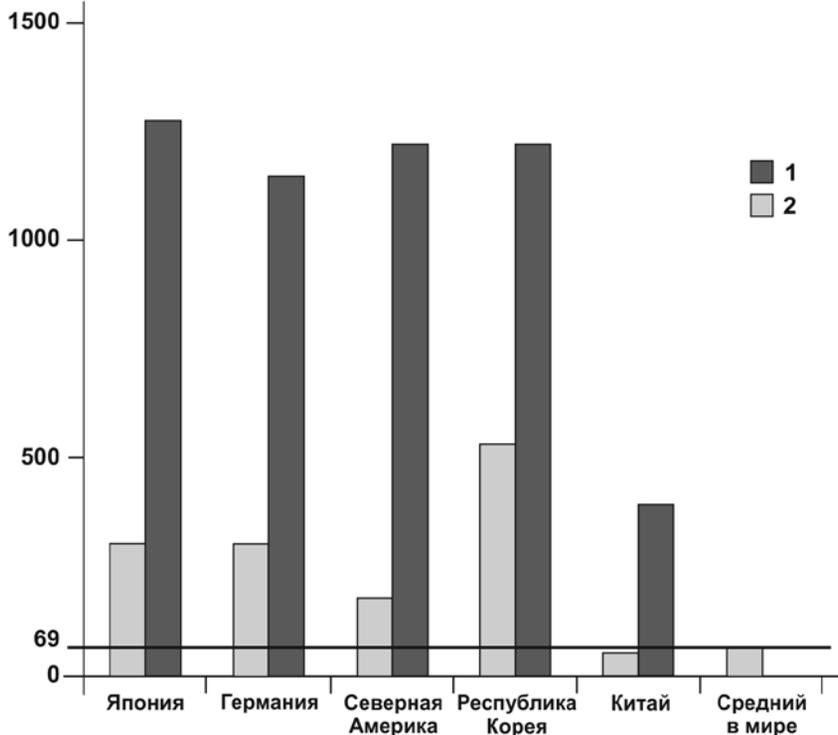


Рис. 6. «Плотности» PR в ряде стран в 2015 г.: в автомобилестроении – 1, отраслях общего машиностроения – 2



Рис. 7. Оценка уровня роботизации отраслей общего машиностроения в 10-ти регионах мира по объему годовых продаж PR: 1 – высокий (более 300 ед.), 2 – средний (150-300 ед.), 3 – низкий (менее 150 ед.)

Наибольшим спросом на мировом рынке PR пользуются роботы для обработки материалов: их доля составляет 38% мирового парка PR и включает роботы для процессов литья, термической обработки, штамповки/ковки.

Роботы для осуществления процесса сборки составляют около 10%, нанесения покрытий – 4%, специальных процессов (лазерная и плазменная резка, гидроабразивная резка и др.) – 2% мирового парка PR (рис. 8 [7]).

В рамках глобального исследования рынка робототехники компания BSG прогнозирует среднегодовые темпы его роста в 10,4% до 2025 г., в т.ч. порядка 10,1% годового роста продаж роботов в производстве: для сварочных, сборочных, покрасочных, погрузочно-разгрузочных и др. видов работ. Объем продаж вырастет с 5,8 млрд. долл. (в 2010 г.) до 24,4 млрд. долл. США (в 2025 г.). Таким образом, данный сегмент робототехники, несмотря на меньшие темпы роста, сохранит за собой большую долю этого рынка. Порядка 8,1% годового роста продаж приходится на роботы, используемые для военных целей – в первую очередь беспилотные летательные аппараты, военные экзоскелеты, подводные аппараты и наземные транспортные средства. Объем их продаж к 2025 г. увеличится до 16,5 млрд. долл. США. Например, в России доля военных роботов составляет около 50% всего парка PR [3].

По оценке IFR и ряда аналитических компаний сварочные роботы составляют 25–30% мирового парка PR или около 500 тыс. ед. Это преимущественно роботы для дуговой и точечной сварки, доля которых как в количественном, так и в стоимостном выражении в структуре мирового рынка сварочных роботов составляет около 50%. На европейском и американском рынке доминируют роботы для точечной сварки (около 70%), на рынках стран Азии – роботы для дуговой сварки (60–70%).

В течение 2008–2015 гг. объем продаж на мировом рынке сварочных роботов увеличился почти на

50% с 33 до более 59 тыс. ед. Основную долю рынка (более 70%) занимают страны Северной Америки (23%), Китай (21%), Европа (18%) и Япония (10,5%) [13].

Объем мирового рынка сварочной техники в 2016 г. достиг 24,2 млрд. долл. США. В ближайшие пять лет ожидается средний ежегодный рост рынка на 5,6%. В его структуре сегмент роботизированного сварочного оборудования составляет

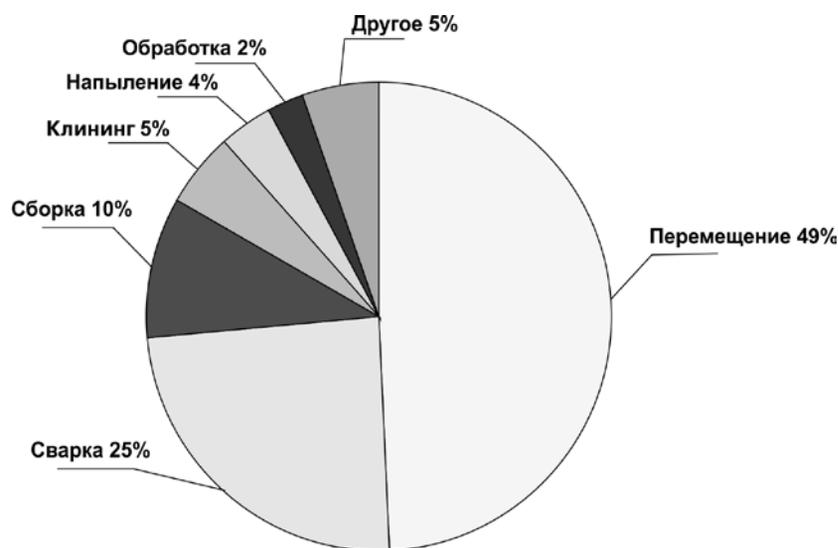


Рис. 8. Структура продаж ПР по видам технологических операций за 2015 г.

около 12% (2,8 млрд. долл. США), при этом ожидается, что средний ежегодный рост составит около 7% [14].

Почти 60% продаж мирового рынка сварочных роботов приходится на страны азиатского региона (на Китай – 21%), Европу и Северную Америку – 18 и 23%, соответственно. Доля сварочных роботов в структуре продаж на национальных рынках ПР колеблется от 20% в Малайзии до 62% в Индии. В Китае этот показатель в 2015 г. составил 36%, Бразилии – 38%, России – 24%.

По данным издания The Japan Welding News for the World в 2015 г. в мире было установлено более 59 тыс. сварочных роботов: 52% – для контактной сварки, 48% – для дуговой сварки. Данные о рынке сварочных роботов в 2015 г. приведены в табл. 3 [13].

Мировой рынок сварочных роботов находится

Таблица 3. Мировой рынок сварочных роботов в 2015 г.*

Страна	Роботы для дуговой сварки		Роботы для точечной сварки		Всего	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Европа	3 400	32,1	7 200	67,9	10 600	17,9
Россия и СНГ	330	60,0	220	40,0	550	0,9
Китай	7 600	61,8	4 700	38,2	12 300	20,7
Корея	3 000	61,9	1 850	38,1	4 850	8,2
Япония	3 520	56,6	2 700	43,4	6 220	10,5
Тайвань	780	75,7	250	24,3	1 030	1,7
Индия	810	40,3	1 200	59,7	2 010	3,4
ASEAN	2 550	54,3	2 150	45,7	4 700	7,9
Ближний Восток	260	47,3	290	52,7	550	0,9
Африка	270	54,0	230	46,0	500	0,8
Океания	320	49,2	330	50,8	650	1,1
Северная Америка	4 800	34,8	9 000	65,2	13 800	23,3
Центральная и Южная Америка	770	50,7	750	49,3	1 520	2,6
Всего	28 410	47,9	30 870	52,1	59 280	100,0

* Source: The Japan Welding News for the World

на подъеме и демонстрирует в последние годы постоянный рост, чему в значительной степени способствуют высокие темпы роста отрасли автомобилестроения в Индии и Китае. Наблюдается значительный спрос на сварочные роботы в отрасли общего машиностроения.

Перемещение мирового промышленного производства в азиатский регион способствовало снижению цен на сварочные роботы в перспективе. Это позволяет сократить время окупаемости роботизации процессов сварки и способствует увеличению применения сварочных роботов на предприятиях малого и среднего бизнеса.

Оснащение современных сварочных роботов системами слежения (машинного зрения) позволяет осуществлять постоянный мониторинг и контроль параметров сварки. Широкое распространение получила интеграция в робототехнические системы для дуговой сварки 3D визуальных систем контроля. В долгосрочной перспективе прогнозируется значительный рост доходов в секторе роботов для дуговой сварки в отрасли общего машиностроения, где ручная и механизированная сварка все чаще заменяются роботизированной.

Поддержание рентабельности в условиях снижения стоимости сварочных роботов стало сегодня серьезной проблемой для производителей ПР во всем мире. Цена становится основным критерием для клиентов при выборе сварочных роботов. Производителям робототехники приходится активнее сотрудничать с разработчиками систем автоматизации производственных процессов, разрабатывать индивидуальные решения в соответствии с требованиями конечных пользователей.

Для повышения совместимости различных компонентов, участвующих в технологическом процессе сварки, производители сварочных роботов устанавливают более тесные отношения с поставщиками сварочной техники. Сегодня на рынке ПР все

большим спросом пользуются гибкие и адаптивные роботы, подходящие для смешанных и многоцелевых производственных линий [13, 14].

Постоянная работа по совершенствованию и разработке принципиально новых конструкций ПР в сотрудничестве с разработчиками позволила существенно улучшить технико-экономические показатели ПР. Примером этого может служить приведенное в *табл. 4* сопоставление некоторых технико-экономических показателей ПР, разработанных компанией KUKA в 2000 и 2010 гг. по сравнению с 1980 г. [11, 15].

Таблица 4. Сопоставление технико-экономических показателей ПР компании KUKA, % (показатели 1980 г. приняты за 100%)

Показатель/ год	2000	2010 (серия Quantec)
Себестоимость изготовления	30	20
Масса	50	40
Количество деталей	30	20
Время сборки	20	15
Затраты на техническое обслуживание	30	30
Производительность	200	300

Промышленные роботы сегодня являются ключевым элементом революционных преобразований производства. Функции, выполняемые ПР, уже давно вышли за пределы выполнения традиционных повторяющихся задач. Новому поколению ПР присущи такие чисто «человеческие» черты и возможности как разум, ловкость, память, обучаемость и распознавание объектов. Уменьшение размеров, повышение быстродействия, снижение стоимости ПР с одной стороны и необходимость повышения качества, производительности и гибкости производства стали основными факторами роста спроса на робототехнику, расширение областей ее применения, которое отмечается во всех отраслях промышленности по всему миру.

Робототехника дает возможность революционным образом изменить процесс 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 уже среднего и малого производства. Применение ПР — уже не прерогатива только крупных промышленных корпораций; адекватная цена и гибкость построения РТК позволяют применять их не только при производстве промышленно-поточным методом, но также на небольших и средних предприятиях.

Литература

1. Global megatrends: automation in emerging markets // RBC Global Assist Management.— Minneapolis. Boston. Chicago.— 2016.— 13 p.
2. Industrial Automation Market— Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2016–2024 // <http://www.prnewswire.com/>.— 2016—186 p.
3. The Robotics Revolution / the net great leap in manufacturing // The Boston Consulting Group Inc. www.bcg.com.— 2015.— 24 p.
4. The Future Automation. White Paper // ARK Invest.— www.ark-invest.com.
5. Universal Robots and... The Cobots // www.universal-robots.com.
6. Global Industrial Automation // Credit Suisse. Global Equity Research.— 14 August 2012.— 102 p.
7. World Robotics 2016 Industrial Robots // International Federation of Robotics.— 2016.— 406 p.
8. Roehricht K. Study on emerging markets, with special focus on Asia // RockEU.— 2016.— 14 p.
9. Heagele M. An outlook for robots (in industry and service) // Fraunhofer IPA, Stuttgart.— 2016.— 16 p.
10. Robots. Режим доступа: <https://www.macquarieresearch.com/ideas/api/static/file/publications/7303318/Robots230916e254524.pdf>
11. Mohnen P. KUKA AG German Corporate Conference Company Presentation // KUKA AG.— January 21, 2012.— 16 p.
12. Hello Future. Annual Report // KUKA— 2015.— 22 p.
13. World demand for welding robots // The Japan Welding News for the World— 2016.— V. 20, N 77.— p. 9.
14. The growing trend toward welding automation and the increase in demand from end-user industries are sparking growth in the global market for welding products // BCC Research reveals in its new report that the laser welding equipment and plasma welding equipment markets should expand significantly, boosting overall growth. Режим доступа: <https://www.bccresearch.com>.
15. Spitzauer A. KUKA AG Company Presentation // KUKA AG.— September 2012.

Машиностроение. Металлургия – 2017. 25-я Международная выставка: где и как формируются предприятия будущего

В Запорожье 23-25 мая 2017 г. состоялась юбилейная 25-я Международная специализированная промышленно-технологическая выставка «Машиностроение. Металлургия-2017». Выставка, организованная Запорожской торгово-промышленной палатой, проходила в формате промышленно-технологического форума и объединила ряд специализированных направлений, такие как выставки «Литье», «Композиты и стеклопластики», серию научно-практических конференций, семинаров, практикумов и круглых столов.

За 25 лет выставка стала одним из ведущих форумов в этих отраслях в Украине, открытой площадкой для диалога между производителями и потребителями, наукой и производством. В этом году в выставке приняли участие более 180 предприятий, среди них ведущие предприятия Украины и зарубежных стран: Австрии, Латвии, Германии, Китая, Польши, Турции, Финляндии, Чехии, Швейцарии, Японии и др.

Новинки можно было найти практически на каждом стенде, большое внимание привлекали промышленные роботы. На выставке в качестве экспонента участвовало и предприятие «Триада-Сварка» (является членом Общества Сварщиков Украины, ТПП Украины). «Триада-Сварка» – предприятие нового поколения, уже много лет представляет роботизированные комплексы, манипуляторы, роботопериферию, интеллектуальное сварочное оборудование и занимается вопросами роботизации промышленного производства Украины.

Автору удалось пообщаться с директором «Триады-Сварки» Красносельским К. В.

– «Запорожская выставка «Машиностроение. Металлургия» – лакмусовый показатель готовности промышленного комплекса Украины шагнуть вперед, – говорит Кирилл Витальевич Красносельский. – 25 лет «Триада-Сварка» наблюдает, исследует, анализирует процессы структурных изменений, происходящих в производстве. Высокие технологии требуют универсальности, многофункциональности, коммуникации, кластерности, постепенного вовлечения множества мелких предприятий, способных придать гибкость всей украинской промышленности. Высокие технологии – это ценная реакция, последовательность деления (делегирования задач более мелким производствам, вовлечение логистических, аналитических, коммуникационных компаний), запущенная однажды во имя единой высокой цели. Стира-



ние границ и расстояний. И все это должно происходить в питающей ее интеллектуальной среде. Совершенно ясно – грядут перемены, в стране необходимо создавать единый промышленно-производственный комплекс.

Разрозненность, неумение консолидировать силы для достижения общей задачи, отсутствие поддержки на законодательном уровне – вот главная болезнь украинской промышленности сегодня. Нужна система, а не локальные изменения (частично там, точно здесь – это не оздоровление). Но силами многих и многих предприятий развиваются подобные площадки для общения, проходят выставки, форумы, это дает надежду увидеть наконец на горизонте возделанную землю всем тем, кто плывет вперед.»

– Хорошо, когда же у нас в стране появятся роботы собственного производства? – задает вопрос автор.

– «Сегодня «Триада-Сварка» комплектует промышленные роботизированные комплексы (РТК) японскими роботами YASKAWA MOTOMAN, интеллектуальным оборудованием FRONIUS (Австрия) и роботопериферией ABICOR BINZEL (Германия). Однако, всю оснастку, манипуляторы, системы защиты сварщика мы уже производим сами, и что очень важно – создаются технологии сварки, пишутся программы для РТК. Это очень ответственно – создавать интеллектуальный продукт в Украине.

Да, и еще очень важно, когда выпускники украинских вузов (в коллективе «Триады-Сварки» 80% работников – выпускники кафедры сварки ЗНТУ)



остаются на родине, с интересом работают по специальности и создают что-то новое в своей стране.»

ТПП Украины наградила предприятие «Триада-Сварка» почетным знаком «Могучность краю» за значительный вклад в развитие промышленности Украины и дипломом в честь 25-летия «Триады-Сварки». Простота, емкость, доступность, новое мышление – вот основные черты предприятия, устремленного в будущее, открытого к общению, интегрированного в пространство развития города-области- страны- мира.

Масштабная деловая программа выставки удивила широтой обсуждаемых вопросов – начиная вопросами культуры производства и заканчивая глобальными: аддитивные технологии, интеллектуальное производство, интеллектуальные сварочные системы и роботизация.

Быковский О.Г., д-р техн. наук, Запорожский НТУ

● #1694

Международная конференция: «Роботизация и автоматизация сварочных процессов»

13, 14 июня 2017 г. в ИЭС им. Е.О.Патона НАНУ состоялась международная сварочная конференция. Она была посвящена роботизации и автоматизации сварочных процессов. Организаторами конференции выступили НАН Украины, ИЭС им. Е.О.Патона, ассоциация «Сварка». В работе конференции приняли участие свыше 120 специалистов из Украины, Китая и Польши.

Среди участников – ученые и специалисты из ИЭС им. Е.О.Патона, «Фрониус Украина», «Фанук Украина», «Бинцель Украина», Польского института сварки в Гливицах, АО «Мотор Сич», НТУУ «КПИ им. И.Сикорского», Гуандунского института сварки (КНР), компании «Вэйхань наука и технология» (КНР) и др. (40 компаний).

Открыл конференцию зам. директора ИЭС им. Е.О.Патона академик НАНУ Л.М.Лобанов. поприветствовав участников конференции, он кратко осветил основные направления тематики докладов.

На конференции было заслушано 30 докладов по следующим тематическим направлениям: тенденции в развитии и применении робототехники; пример эффективных решений в автоматизации сварочных процессов; средства геометрической адаптации и мониторинг при дуговой роботизированной сварке; практический опыт внедрения роботизированных комплексов.

13 июня участники конференции (40 человек) посетили компанию «Фрониус Украина», ее представители В.Бондаренко и В.Слюта провели ознакомительные экскурсии по территории компании.

Была представлена лаборатория автоматизации и роботизации, оснащенная сварочными системами для: механизированной и автоматической сварки, орбитальной сварки трубы с трубой и трубы с труб-

ной доской, сварки в различных пространственных положениях; системами с магнитным удержанием в нижнем и вертикальном положениях; для наплавки на цилиндрические тела. Участники ознакомились с лабораторной установкой для двухдуговой сварки продольных швов большой протяженности, процессом СМТ с пульсацией дуги.

В заключение посетители прослушали презентацию на тему «Примеры эффективных решений автоматизации сварочных (наплавочных) процессов, включающей: сварку продольных швов FLW, процесс сварки TIME (2 дуги) консольных колонн, СМТ наплавку горно-шахтного оборудования, наплавку внутренних поверхностей труб длиной 6 и 9 м, СМТ опорных подшипников, работу систем орбитальной сварки открытого и закрытого типа.

Во время конференции ее участники могли посетить демонстрационный зал ИЭС им. Е.О.Патона, где был представлен сварочный робототехнический комплекс на базе робота Fanuc и сварочных систем Fronius. Комплекс оснащен системой технического зрения, разработанной в ИЭС им. Е.О.Патона коллективом под руководством к.т.н. Е.В.Шапалова. В сварочном робототехническом комплексе использовалась проволока «Хорда», предоставленная компанией «Витаполис».

Конференция проходила в творческой, дружеской атмосфере, ее участники могли обсудить в т.ч. в неформальной обстановке (на теплоходе) перспективы сотрудничества и направления работ в области роботизации сварочных процессов.

Труды конференции опубликованы в журнале «Автоматическая сварка», № 5–6, 2017 г.

● #1695

Сварочные роботы: а над Вашим авто потрудились супергерои?

Вы знаете сколько времени занимает процесс создания автомобиля? Приблизительно 16 часов, и еще 2 часа тратится на его тестирование. Таковы данные «ХММР» — российского завода компании Hyundai Motor.

Причем это время полного производственного цикла, т.е. технологический процесс предприятия начинается со штамповки кузовных панелей из цельных листов металла, сварку, окраску кузова и сборку готового автомобиля.

Как такое возможно? Завод «ХММР» оснащен современным высокотехнологичным оборудованием: 80% в цехах штамповки, сварки, окраски автоматизированы и выполняются роботами. Общее количество промышленных роботов предприятия превышает 230 единиц. Только на линии сварки 119 роботов ритмично и последовательно превращают заготовки в будущий кузов.

Сварочные цеха современного автопрома — это магия. В какой-то миг в движение приходят огромные манипуляторы, от чего невольно вздрагиваешь, словно оказываешься в окружении трансформеров. Они двигаются абсолютно бесшумно, быстро, слаженно и точно. Их руки проходят друг от друга буквально в паре миллиметров. Процесс сродни хирургии, он рассчитан по секундам, трудоемкий, технологичный и при этом очень увлекательный. Буквально на глазах появляется кузов будущего автомобиля.

Достаточно посмотреть в YouTube, как роботы штампуют и варят детали кузова. Это работа по металлу высшего уровня. В этом деле людям давно не место.

Ежедневно более 800 машин Honda Accord выезжают с завода Honda, который расположен в Мэривилл (Огайо, США). Стенды для сварки здесь полностью роботизированы.

В этом году с конвейера завода сошел спорткар Honda NSX. Производитель утверждает, что шасси NSX сварены в пределах точности 0,1 мм. Это означает, что рамам Honda не требуется постсварочная



обработка: в каком виде рама NSX выходит после сварки, в таком же виде она идет на авто.

Если везде самому жесткому контролю подвергаются именно сварочные операции, то точность и технологичность работ, произведенных роботами, позволяет не только сократить временные рамки процесса создания автомобиля и снизить стоимость работ, но и улучшить надежность авто в целом.

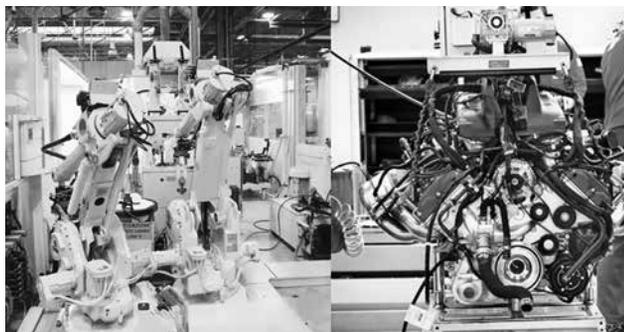
Кузова BMW доверили варить роботам АВВ. На участках сварки кузова завода ГАЗ трудятся промышленные японские роботы Fanuc. Они же варят кузова кроссовера Mitsubishi Outlander на предприятии «ПСМА Рус».

Китайский завод Chery оснащен высокотехнологичной производственной линией сварки, которая состоит из 62-х лазерных сварочных роботов Comau (Италия). На заводе Fiat Chrysler Automobiles (FCA) в Мелфи (Италия) сварочные работы также доверили роботу SmartLaser Comau, который выполняет дистанционную лазерную сварку.

Кузова на заводах Great Wall творят немецкие роботы Kuka. Передовые азиатские автозаводы тратят меньше 20 ч на полный цикл сборки одного экземпляра массовых моделей авто.

Вообще роботы Kuka в автопроме любимцы. Целых 387 роботов Kuka с помощью точечной сварки собирают кузова кроссоверов Porsche. Завод в Лейпциге за сутки производит 650 автомобилей моделей Macan, Cayenne и Panamera. Лишь несколько человек контролируют работу целого цеха — одни





подготавливают крупные детали для подачи на сварку, а другие появляются уже на этапе сборки кузовных деталей перед покраской.

Над передней частью кузова Mercedes CLK трудится 21 робот Kuika, расчетная производительность составляет 430 готовых передних частей кузова в день при работе в три смены. Роботы при помощи своих пневматических сварных клещей выполняют контактную точечную сварку, а также сварку в среде активного газа и приварку болтов.

На заводе Renault в Дуэ (Франция) очень высокий уровень автоматизации — только в сварочном цехе заняты 700 роботов. Но это даёт возможность изготовления пяти моделей на одной линии, ведь роботы можно гибко и оперативно перенастроить по первому требованию.

А вот выпуск одного Ferrari занимает 390 часов. Три четверти всех операций по сборке модели (в т.ч. сварка) выполняется вручную. Компания Ferrari не использует специальных роботов и гордится наличием лучших сварщиков в мире.

Зато на линии сборки двигателя автомобиля трудятся два робота по прозвищу Ромео и Джульетта. Эта романтическая пара, пожалуй, самая известная среди всех на автомобильных заводах. Ромео каждое кольцо клапана двигателя погружает в ванну с жидким азотом, где его температура падает практически до нуля и оно сужается. Джульетта при этом держит головку блока цилиндров. После того как Ромео вставляет кольцо в клапан следует несколько секунд нагрева, и кольцо расширяется, создавая самое прочное соединение.

Роботы, способные выполнять работу нескольких человек, за время своего существования успели заработать уважение и получают всё новые интересные прозвища.

На заводе Tesla во Фримонте (Калифорния, США) роботы на общей сборочной линии названы в честь супергероев Marvel из серии комиксов «Люди Икс». Их зовут Росомаха, Профессор X, Альпинист и Зверь.

Компания Tesla не одинока. На заводах Ford Motor Co, Honda Motor Co., General Motors и Toyota — везде рабочие дают имена самым уважаемым роботам.

Так, на заводе Nissan в Кюсю на юге Японии есть сварочные роботы, названные в честь извест-



ных персонажей аниме. Огромные желтые манипуляторы работают так, что искры летят, в то время как огромные металлические части машин проходят свой путь к окончательной сборке. Среди них Сон Гоку и Вегета — это персонажи из японского аниме-сериала «Драконий жемчуг Зет», в котором искатели приключений защищают мир от зла.

Огромные роботы поднимают алюминиевые электромашины Model S и переносят их на новую линию. Разве они не супергерои, если с легкостью делают сверхчеловеческие вещи?

Здесь есть роботы, которых зовут Дораэмон и Дорами из шоу «Дораэмон», хитового аниме-сериала с сюжетом, относящимся к прошлым десятилетиям. Одного робота зовут Лаффи — это главный герой манги «One Piece. Большой куш», в которой рассказывается о молодом человеке, чье тело имеет свойства резины.

На заводе Honda в Ист-Либерти (Огайо, США) робота Fanuc M-2000 называют Т-Рекс (самый известный динозавр серии фильмов «Парк Юрского периода», а также символ парка), хотя на заводах Toyota, GM его называют Godzilla.

Это самый большой робот в промышленности. Он способен поднять почти 3000 фунтов: он берет автомобиль и перемещает его с одной движущейся линии сборки на другую. По тому, как он открывает и закрывает зажимы, можно легко увидеть сходство с огнедышащим 30-метровым монстром.

Но если на заводе Honda трудятся большие сварочные роботы, которых зовут Биг Мак и Громадина, то на сборочной линии автомобиля Ford в Дирборн (Мичиган, США) работает кроха робот с именем BabyZilla.

Роботы перестают быть чем-то пугающим в современном мире. Им не страшны тяжелые и вредные для человека условия труда. А присвоение им имени и вовсе делает роботов членом команды.

Мин Су Кан, профессор гуманитарных наук из Университета Миссури (Сент-Луис), считает, что люди, как правило, неоднозначно сосуществуют с машинами, но при определенных условиях они могут вызывать чувство комфорта и даже родства. Мы не даем имя ножницам, но когда они начинают действовать как человек, у них есть шанс получить имя».

● #1696



70 лет ЧАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий»



За 70 лет завод прошел сложный путь становления и развития, расширения ассортимента и наращивания объемов производства.

В соответствии с Постановлением СНК УССР и ЦК КПБУ № 107 от 11.11.1944 г. в Запорожье с целью обеспечения листовым стеклом раз-

рушенного войной народного хозяйства на базе брикетного цеха коксохимического завода было начато строительство стекольного завода.

05.08.1947 г. Запорожский стекольный завод был сдан в эксплуатацию, задействован был один цех с ванной стекловаренной печью площадью 14 м². Освоение производства оконного стекла на заводе началось с 30.10.1947 г. Это стало началом большого пути предприятия.

Завод неоднократно перепрофилировали то на производство силиката натрия (1949 г.), то на производство листового стекла. После реконструкции в 1952–1956 гг., когда был построен цех светотехнического стекла и флюсоваренное отделение № 2, завод стал основным производителем сварочных флюсов; рассеивателей фар и подфарников для автотракторной промышленности СССР.

В 1951 г. на заводе было организовано производство электроплавных флюсов и печь по производству силиката натрия переведена на производство сварочных флюсов общего назначения. С этого времени заводчане работают в тесном и плодотворном сотрудничестве с коллективом ИЭС им. Е. О. Патона. Большую часть оборудования и технологий по выпуску сварочных плавных флюсов вводили и осваивали на заводе впервые, например — производство сварочных плавных флюсов общего назначения в газопламенных печах. Сотрудничество двух коллективов оказалось плодотворным для дальнейшего развития сварочного производства в целом. Завод стал базовым предприятием по производству сварочных плавных флюсов.

Увеличение строительства газопроводов, нефтепроводов в 1980-х гг. в районах Сибири и Крайнего Севера предъявляло к сварочным материалам все более жесткие требования. Для решения этой проблемы сотрудниками завода совместно с ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны флюсы с новым химическим составом и технологии их производства в газопламенных печах. С 1982 г. начато массовое производство флюса марки АН-47, а в 1992 г. — АНЦ-1А.

Под техническим руководством и с помощью ИЭС им. Е. О. Патона, а также непосредственно академика НАНУ Б. Е. Патона была выполнена реконструкция завода.

К 1980 г. производство сварочных плавных флюсов увеличилось до 77 тыс. т в год по сравнению с 3,75 тыс.т — в 1951 г. и составляло более 60% выпуска товарной продукции на заводе. Общее производство сварочных плавных флюсов за период с 1955 по 2007 г. включительно составило 2,2 млн. т, что составляет более 2 млн. км — такова общая длина линии сварки, выполненной под флюсом производства завода.

В 1984 г. Запорожский стекольный завод был переименован в Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий, в 1994 г., после приватизации, преобразован в ОАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий», в 2011 г. переименован в ПАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий», а в 2016 г. становится ЧАО «Запорож-стеклофлюс».

Благодаря большому опыту управления производством, глубоким профессиональным знаниям и эрудиции руководства, наличию квалифицированных специалистов и правильно выбранной руководством завода стратегии в освоении новой продукции и технологий, а также политики в области повышения качества в годы перестройки и экономических кризисов, коллектив предприятия не только сберег свою работоспособность, но и за последние 15 лет увеличил производство в несколько раз. Выпуск сварочных флюсов возрос в 1,5 раза, производство растворимого силиката натрия — в 2,5 раза. За это время производительность труда одного работающего увеличилась в 1,5 раза, количество работников — на 3%, среднемесячная заработная плата на одного работника — в 5 раз.

Ежегодно предприятие обеспечивает более чем 15-ти% рентабельного выпуска товарной продукции. За последние 15 лет получено 150 млн. грн. прибыли. Свыше 60-ти% продукции отгружается на экспорт. Отмечается стойкая тенденция увеличения объемов производства, улучшения экономических показателей деятельности предприятия, конкурентоспособности выпускаемой продукции.

В 1973 г. директором завода стал Осипов Н. Я., а в 1994 г. при преобразовании завода в ОАО он был избран председателем правления и генеральным директором. В августе 2017 г. исполнилось 65 лет, как Н. Я. Осипов трудится на заводе, еще с 1952 по 1965 гг. он работал на заводе мастером, инженером-теплотех-

ником, начальником цеха. Самоотверженный труд на благо завода Н.Я. Осипова отмечен высокими Государственными наградами: Орденом Трудового Красного Знамени (1978), орденом «За заслуги» III степени (1997), медалью «За доблестный труд», почетным знаком Крест Почета «За возрождение Украины» II степени. Наряду с этими наградами Н.Я. Осипову в 2003 г. присвоено звание «Почетный гражданин Запорожья». С 2001 по 2006 гг. — он получает звание «Лучший работодатель года», в 2004 г. — «Заслуженный работник промышленности Украины», в 2007 г. — медаль «За развитие Запорожского края», а в 2008 г. — орден облсовета «За заслуги перед Запорожским краем» третьей степени.

С 01.01.2002 г. в производство внедрен инновационный проект «Разработка ресурсосберегающих технологий, оборудования и организация производства флюсов нового поколения методом двойного рафинирования с использованием отходов горнорудных предприятий Украины» технопарка ИЭС им. Е.О. Патона. ЧАО «ЗСФ» становится единственным участником технологического парка в Запорожской области.

Сочетание технологий выплавки флюсов в газопламенных и электрических печах позволило не только улучшить качество продукции, но и снизить ее себестоимость за счет использования минеральных отходов — шлаковой корки, шлака силикомарганца и низкосортных марганцевых руд. Стало возможным расширить номенклатуру продукции за счет использования этой уникальной технологии для выпуска пемзовидных флюсов.

Мировая практика производства плавящихся флюсов не знает такой технологии — она не только снижает энергозатраты, но и потребность флюсового производства в природном сырье, за счет использования вторичного сырья, а также в значительной степени решает проблему охраны окружающей среды. Так, благодаря организации производства инновационного продукта в заводских цехах уменьшены выбросы в атмосферный воздух вредных веществ от флюсоплавильного производства в два раза. Содержание соединений марганца, фтористого водорода, неорганической пыли с содержанием двуоксида кремния в отходящих газах от флюсоплавильной печи снизилось на 45–53%.

Разработан, защищен и внедрен в производство инновационный проект «Разработка синергетических агломерированных флюсов, технологии их изготовления и организации промышленного производства» технопарка ИЭС им. Е.О. Патона. Освоение отечественного производства инновационной продукции синергетических агломерированных флюсов содействует развитию технологии сварочных производств в судостроении, металлургической, машиностроительной, топливно-энергетической и строительной отраслях. Инновационная технология про-



мышленного производства синергетических агломерированных флюсов не имеет аналогов в мире.

Для повышения конкурентоспособности выпускаемых флюсов и растворимого силиката натрия, расширения их рынка сбыта на предприятии создана современная система менеджмента качества, подтвержденная Сертификатами TUV NORD CERT GmbH (Германия) на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2009 и ГП НТЦ «УКР СЕПРОЗ» НАНУ на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). Получены сертификаты соответствия ГП НТЦ «УКР СЕПРОЗ» НАНУ на все сварочные флюсы и растворимый силикат натрия.

Сегодня ЧАО «Запорожстеклофлюс» благодаря высокому техническому уровню, использованию современных инновационных механизмов является одним из крупнейших в мире предприятий по производству сварочных плавящихся флюсов. Предприятие — основной поставщик в Украине сварочных флюсов и силиката натрия, рассеивателей света фар и подфарников, биологических чашек Петри, стеклоизделий из прессованного стекла.

С каждым годом укрепляются деловые связи предприятия с регионами Украины, странами ближнего и дальнего зарубежья. Значительная часть продукции экспортируется в Польшу, Казахстан, Узбекистан, Беларусь, Италию, Турцию, Болгарию, Азербайджан, Россию, Молдову, Литву, Грузию, Чехию и др. страны. Коллектив предприятия достиг стабильности в работе, значительно расширил объемы производства, освоил новые виды продукции, новые технологии. Предприятие имеет базу отдыха, расположенную на берегу Азовского моря, работники предприятия и их семьи, пенсионеры завода обеспечены льготными путевками. «Запорожстеклофлюс» направляет часть средств и на благотворительность.

ЧАО «Запорожстеклофлюс» достойно переживает годы социальных и экономических перемен в нашей стране. Коллектив предприятия полон сил, верит в свои возможности, с оптимизмом смотрит в будущее.



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 337 или e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 205 26 07, м. (050) 331 56 65. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите, пожалуйста, что такое пудлинговое железо и почему оно применялось при сооружении Эйфелевой башни?

В. П. Власенко, Одесса

Для ответа необходимо заглянуть в историю металлургии железа. В ней было как минимум три революционных поворота, которые оказали влияние на весь ход человеческой истории: первый имел место еще в глубокой древности, когда появились сыродутные горны; второй произошел в средние века, после открытия передельного процесса; третий пришелся на вторую половину XIX века и был связан с началом производства литой стали.

Сталь во все времена оставалась самым необходимым и желанным продуктом металлургии железа — только она обладала той твердостью и прочностью, какие требовались для изготовления инструментов, оружия и деталей машин. Но прежде чем превратиться в стальное изделие, металл подвергался целому ряду трудоемких операций. Сначала из руды выплавляли чугун. Потом чугун восстанавливали в мягкое железо. Наконец, путем длительной проковки железной крицы получали из нее необходимую стальную деталь (или заготовку к ней, которую подвергали отделке на металлорежущих станках).

Производство мягкого железа и в особенностиковка долгое время оставались самыми узкими местами в процессе обработки железа. На них уходило больше всего времени и сил, а результаты далеко не всегда оказывались удовлетворительными. Особенно остро эта проблема стала ощущаться в XIX в., когда резко возрос спрос на дешевую сталь. У многих ученых и изобретателей возникала мысль, которую потом высказал Бессемер: каким образом получить металл со свойствами железа и стали, но в жидком виде, чтобы его можно было использовать для отливки?

До конца XVIII в. передел чугуна в мягкое ковкое железо происходил только в кричных горнах. Этот способ, однако, был неудобен во многих отношениях. Получавшийся в ходе него металл был неоднородным — местами приближался по своим качествам к ковкому железу, местами — к стали. Кроме того, работа требовала больших затрат времени и физических сил.

Так как топливо (уголь) находилось в непосредственном соприкосновении с железом, к нему предъявлялись очень высокие требования, ведь любые примеси влияли на качество конечного продукта. Расход угля был очень велик (в среднем, на восстановление 1 кг железа уходило до 4 кг угля). В самых крупных горнах за 24 ч получали не более 400 кг железа. Между тем рынок требовал все больше железа и стали. Для удовлетворения этих запросов необходимо было найти более совершенный способ переделки чугуна.

Значительным шагом вперед на этом пути стал предложенный в 1784 г. англичанином Кортон процесс пудлингования в специально созданной для этого печи. Пудлингование — металлургический процесс преобразования чугуна в мягкое малоуглеродистое железо (сварочное железо). Суть процесса состоит в расплавлении чугуна в специальной печи без контакта с топливом и перемешивании расплавленного металла специальными

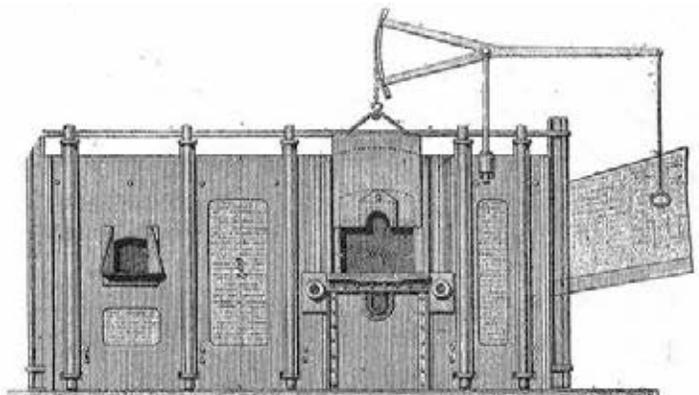


Рис. 1. Пудлинговая печь

штангами, на которые налипают частички расплавленного железа, постепенно формируя тестообразную крицу массой до 40–60 кг. На выходе из пудлинговой печи полученную крицу проковывают и отправляют на плющение. Пудлинговое железо хорошо сваривается, обладает высокой пластичностью, содержит мало примесей (фосфора, серы, неметаллических включений).

Процесс преобразования чугуна в пудлинговой печи состоял в следующем. В топке сжигали топливо. Продукты горения через каменный порог попадали в рабочее пространство печи, где на поду находился загруженный чугун с железистыми шлаками. Шлаки под действием пламени переходили в тестообразное состояние и частично расплавлились. С повышением температуры чугун начинал плавиться и примеси его выгорали за счет кислорода, заключенного в шлаках. Таким образом, чугун обезуглероживался, т.е. превращался в крицу губчатого железа. Важное отличие пудлинговой печи от кричного горна заключалось в том, что она допускала использование в качестве горючего любого топлива, в т.ч. и дешевый неочищенный каменный уголь, а объем ее был значительно больше.

Благодаря пудлинговым печам железо стало дешевле: в отличие от кричных горнов печь Корта не требовала принудительного вдувания. Доступ воздуха и хорошая тяга достигались благодаря высокой трубе. Это была одна из причин, почему пудлинговые печи получили широкое распространение во всем мире. Однако, существенным недостатком этих печей было то, что воздух обдувал только верхнюю часть чугуна. Для того

чтобы восстановление железа шло равномерно и по всему объему, приходилось периодически открывать печь и перемешивать чугун. Это был тяжелый ручной труд. Кроме того, поскольку силы и возможности рабочего были ограничены, печь не могла быть слишком большой. Чтобы допустить помешивание, Корт предусмотрел две трубы, из которых одна находилась под топкой, а вторая — в конце печи. Ее открывали в тот момент, когда требовалось снизить температуру.

К середине XIX в. пудлинговые печи уже не удовлетворяют новые потребности промышленности. Чтобы поспевать за спросом, приходилось строить на каждую большую домну несколько печей (в среднем одну домну обслуживало десять пудлинговых печей). Это удорожало и усложняло производство. Раньше другую задачу замены пудлингования более совершенным способом восстановления железа удалось разрешить английскому инженеру Бессемеру.

В 1856 г. Бессемер публично демонстрировал изобретенный им неподвижный конвертер. Конвертер имел вид невысокой вертикальной печки, закрытой сверху сводом с отверстием для выхода газов. Сбоку в печи было второе отверстие для заливки чугуна. Готовую сталь выпускали через отверстие в нижней части печи (во время работы конвертера его забивали глиной). Воздуходувные трубки (фурмы) находились возле самого пода печи. Т.к. конвертер был неподвижным, продувку начинали раньше, чем вливали чугун. В противном случае металл залил бы фурмы. По той же причине продувку вели до тех пор, пока металл полностью не был выпущен. Весь процесс длился не более 20 мин. Малейшая задержка в выпуске давала брак. Это, а также ряд др. недостатков неподвижного конвертера заставили Бессемера перейти к вращающейся печи. В 1860 г. он получил патент на новую конструкцию конвертера, сохранившуюся в общих чертах до наших дней.

Способ Бессемера был настоящей революцией в области металлургии. За 8–10 мин. его конвертер превращал 10–15 т чугуна в ковкое железо или сталь, на что прежде требовалось бы несколько дней работы пудлинговой печи или несколько месяцев работы кричного горна. Однако после того как бессемеров метод стал применяться в промышленных условиях,

чтобы восстановление железа шло равномерно и по всему объему, приходилось периодически открывать печь и перемешивать чугун. Это был тяжелый ручной труд. Кроме того, поскольку силы и возможности рабочего были ограничены, печь не могла быть слишком большой. Чтобы допустить помешивание, Корт предусмотрел две трубы, из которых одна находилась под топкой, а вторая — в конце печи. Ее открывали в тот момент, когда требовалось снизить температуру.

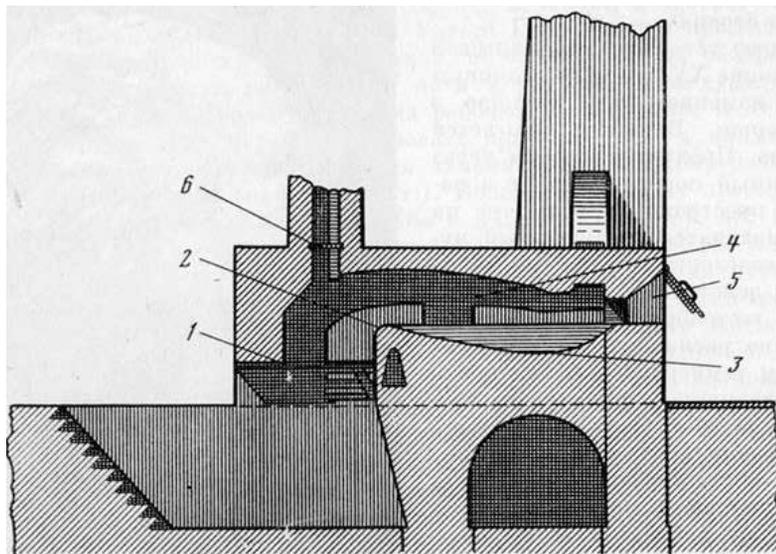


Рис. 2. Устройство пудлинговой печи: 1 — топка; 2 — каменный порог; 3 — под печи; 4 — рабочее пространство печи; 5 и 6 — трубы

результаты его оказались хуже, чем в лаборатории — сталь выходила очень низкого качества.

Два года Бессемер пытался разрешить эту проблему и выяснил, что в его опытах чугун содержал мало фосфора, в то время как в Англии широко использовался чугун, выплавленный из железных руд с высоким содержанием фосфора. Фосфор и сера не выгорали вместе с другими примесями; из чугуна они попадали в сталь и существенно снижали ее качество. Этот фактор, а также высокая стоимость конвертера, привели к тому, что бессемеровский способ очень медленно внедрялся в производство. И потому еще 15 лет спустя в Англии большая часть чугуна переплавлялась в пудлинговых печах. Гораздо более широкое применение конвертеры получили в Германии и США.

Наряду с бессемеровским способом производства стали, вскоре огромное значение приобрел мартеновский способ. Суть его заключалась в том, что чугун сплавляли с железным ломом в специальной регенеративной печи. Эта печь была придумана и построена в 1861 г. немецкими инженерами Фридрихом и Вильямом Сименсами для нужд стекольной промышленности, но наибольшее распространение получила в металлургии. В состав печи входили газопроизводители (или генераторы газа), сама печь с возобновителями теплоты (или регенераторами) для подогрева газа и воздуха и литейного отделения (двора).

Мартеновские печи были дешевле конвертеров и потому имели более широкое распространение. Все-таки ни бессемеровский, ни мартеновский способ не позволяли получать высококачественную сталь из руды, содержащей серу и фосфор. Эта проблема оставалась неразрешенной в течение полутора десятилетий, пока в 1878 г. английский металлург Сидней Томас не придумал добавлять в конвертер до 10–15% извести. При этом образовывались шлаки, способные удерживать фосфор в прочных химических соединениях. В результате фосфор выгорал вместе с другими ненужными примесями, а чугун превращался в высококачественную сталь. Значение изобретения Томаса было огромно. Оно позволило в значительных объемах производить сталь из фосфоросодержащих руд, которые в большом количестве добывались в Европе.

Пудлинговое железо на момент сооружения

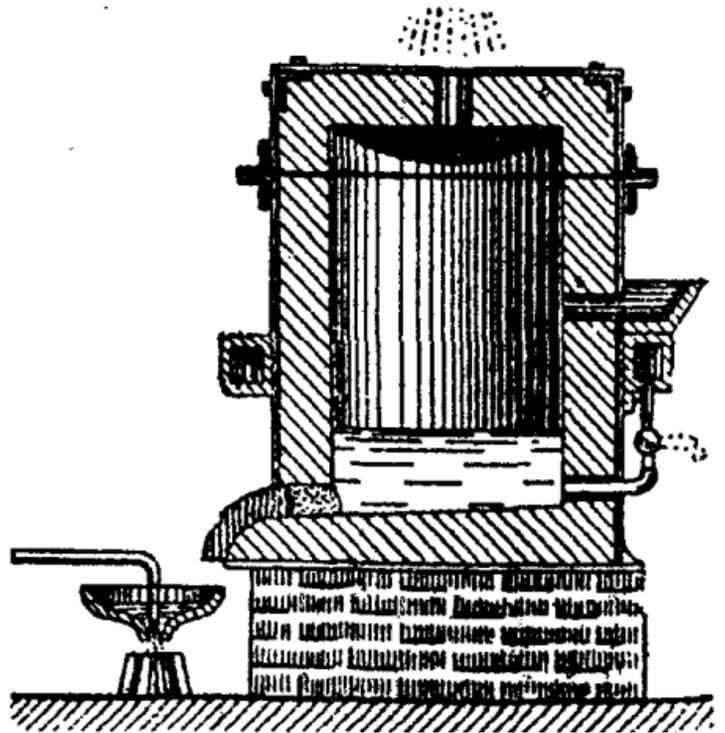


Рис. 3. Получение Бессемером в 1856 г. литой стали продувкой воздуха через металл, находившийся в тигле и помещенный в печь

Эйфелевой башни в конце XIX в. было широко применяемым конструкционным материалом, что и позволило французскому инженеру Густаву Эйфелю спроектировать и построить ее за 2 года, с учетом его свойств и налаженности производства.

На момент официального открытия в 1889 г. башня была самым высоким строением в мире. Ее высота составляет 324 м. В общей сложности она состоит из 18038 частей, соединенных между собой 2,5 млн. заклепок. При ее строительстве использовано около 10000 т пудлингового железа высшего качества.

Для защиты от коррозии Эйфелевую башню окрашивают 1 раз в 7 лет. Технологический процесс проводят вручную с помощью кистей. Удивительно, но факт — башня выкрашена сразу в три оттенка бронзы (от темного снизу, до светлого вверху). За счет перспективы все же возникает иллюзия ее однородности.

Создавая башню, Эйфель не мог предположить, что она простоит более 100 лет. В проекте конструкция должна была простоять 20 лет и строилась исключительно как экспонат для Парижской Всемирной выставки. Однако, учитывая бережное отношение французов к шедевру строительства, она простоит еще не один век.

● #1698

Резервуары в Антарктике: строительство и диагностирование

Ю. Н. Посыпайко, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Описан технологический процесс диагностирования вертикального стального резервуара РВС-200 на украинской антарктической станции Академик Вернадский. Приведены его конструктивные особенности, результаты технического обследования и расчета статической прочности. Выводы и рекомендации позволяют разрабатывать мероприятия по повышению надежности работы резервуара.

Первые стальные резервуары с клепаными соединениями в Антарктике появились в начале XX-го века на острове вулканического происхождения Десепшн в архипелаге Южно-Шетландских островов, где была основана большая база переработки китов и тюленей в жир и другие продукты. Резервуары предназначались для хранения китового и тюленьего жира, а также топливного мазута (рис. 1).

В 1956 г. французская экспедиция, основав станцию Дюмон-Дюрвиль, установила на специальных постаментах привезенные резервуары куда закачали около 50 т горючего.

В 1967 г. на советских станциях Мирный и Молодежная было завершено строительство нескольких рулонных резервуаров объемом по 1 000 м³ и трубопровода протяженностью 3 км. Пришедший танкер перекачал более 9 тыс. т солянки, керосина и бензина.

Крупнейший современный исследовательский центр в Антарктике — американская станция Мак-Мердо (рис. 2) оснащена 4 резервуарами объемом больше 1 000 м³ и несколькими резервуарами по 100 м³. Эта станция принимает суда и самолеты.

На китайской антарктической станции Жонгшан

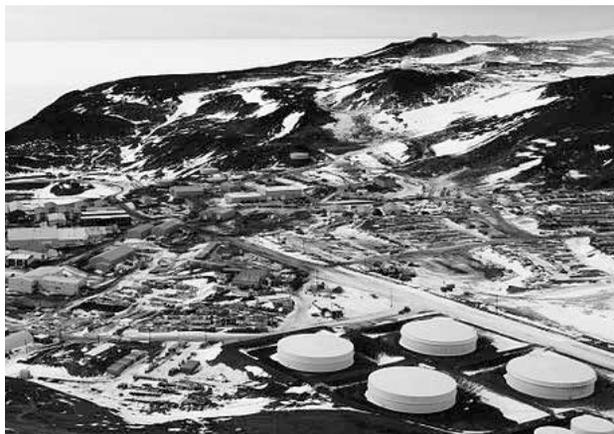


Рис. 2. Резервуары на американской станции Мак-Мердо пять горизонтальных резервуаров собраны на месте из отдельных блоков (рис. 3).

На американской станции Палмер установлены два вертикальных цилиндрических резервуара (рис. 4). Четыре вертикальных цилиндрических резервуара по 100 м³ установлены на британской станции Розера, способной принимать суда и самолеты.

Остановимся подробнее на «резервуарной» истории украинской антарктической станции Академик Вернадский. Автору этих строк выпала удача три месяца работать на станции в 2016 г.

В 1996 г. британская геофизическая станция Фарадей (1960), расположенная на о. Галиндез в архипелаге Аргентинских островов (65°15' S-64°16' W), в 8 км от побережья Антарктического полуострова, была передана украинским ученым и получила новое название — Академик Вернадский.



Рис. 1. Первые стальные резервуары в Антарктике на острове Десепшн



Рис. 3. Резервуары на китайской станции Жонгшан



Рис. 4. Резервуары на американской станции Палмер

Украина вошла в мировую семью государств, выполняющих исследования в Антарктике. Созданный Национальный антарктический научный центр ежегодно снаряжает экспедиции, в состав которых входят ученые геофизики, метеорологи, биологи и инженерно-технический персонал жизнеобеспечения станции.

Основой жизнеобеспечения станции является дизельная электростанция. Три дизель-генератора и два жидкостных котла отопления лабораторных и жилых помещений сжигают ежегодно около 140 т дизельного горючего.

Для хранения дизельного горючего британцами были смонтированы два прямоугольных резервуара объемом $\approx 50 \text{ м}^3$ в 1960 г. и 1980 г. — РГС-150 (рис. 5).

В 2007 г. был построен новый резервуар РВС-200.

Резервуар спроектирован ОАО УкрНИИ — проектстальконструкция им. В.М. Шимановского (металлоконструкции резервуара) и ОАО Институт транспорта нефти (технологическая обвязка резервуара) в 2006 г. в форме двустенного вертикального цилиндра, с двумя днищами и кровлями, по принципу «стакан в стакане».

Металлоконструкции резервуара, изготовленные Кировоградским заводом технологического обо-



Рис. 5. Резервуары на британской станции Фарадей

рудования, перевезены в Антарктику и в течение января—апреля 2007 г. смонтированы из отдельных листов, соединенных между собой сваркой.

Геометрические параметры внутреннего резервуара: высота стенки — 5,96 м; внутренний диаметр — 6,63 м; толщина листов стенки и днища — 5 мм; площадь днища — $34,5 \text{ м}^2$.

Геометрические параметры внешнего резервуара: высота стенки — 6,58 м; внутренний диаметр — 6,96 м; толщина листов стенки — 5 мм; толщина листов днища — 8 мм; расстояние между стенками внутреннего и внешнего резервуаров — 0,16 м.

Кровля резервуара (внутренняя и внешняя) состоит из двух щитов, которые опираются на стенку. Между собой щиты скреплены накладным сварным соединением. Толщина листов настила кровли 4 мм.

Фундаментом резервуара являются 7 взаимно параллельных железобетонных лент высотой 650 мм над каменной основой, шириной 330 мм в верхней части и 460 мм — в нижней. Длина лент 8 300 мм, ширина — 7 600 мм. Основа фундамента — малотрециноватая скала, в которой пробурены на 500 мм шпурсы и в них закреплены арматурные выпуски — около 30 шт. на каждой фундаментной ленте. На поверхности лент есть стальные закладные пластины размером $300 \times 200 \text{ мм}$. По железобетонным лентам, перпендикулярно их длине, установлено 15 стальных балок — двутавров № 14 высотой 140 мм (основа днища резервуара), закрепленных сваркой к закладным пластинам фундамента.

Полное техническое диагностирование (экспертное обследование) резервуара РВС-200, установленного на украинской антарктической станции Академик Вернадский, выполненное в январе—феврале 2016 г. предусматривало проведение следующих основных работ:

- изучение проектной и эксплуатационной документации на резервуар;
- инструментальное обследование состояния фундамента и основы резервуара;
- инструментальное обследование состояния металлоконструкций резервуара методами неразрушающего контроля с целью выявления дефектов и повреждений в конструктивных элементах и сварных соединениях;
- расчетная проверка статической прочности стенки резервуара;
- оценка технического состояния резервуара, обоснование его пригодности для дальнейшей эксплуатации и определение допустимых условий эксплуатации;
- определение срока следующего технического диагностирования резервуара.

Анализ результатов инструментального обследования технического состояния металлоконструкций резервуара, контроля качества его сварных соединений и расчетов статической прочности,

разработка выводов и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации резервуара проведены в мае–июне 2016 г. в ИЭС им. Е. О. Патона при участии специалистов по эксплуатации и ремонту резервуарных металлоконструкций к.т.н. Барвинко Ю. П. и к.т.н. Барвинко А. Ю.

Техническое диагностирование резервуара РВС-200 выполнено по заказу «Национального антарктического научного центра» Министерства образования и науки Украины в соответствии с требованиями нормативных документов Украины [1–6].

При выполнении технического диагностирования резервуара использованы такие методы контроля:

- визуальный контроль металлоконструкций и сварных соединений;
- инструментальный контроль металлоконструкций и сварных соединений;
- контроль герметичности сварных соединений днища;
- ультразвуковой контроль толщины листов днища, стенки и кровли;
- измерительный контроль горизонтальности днища;
- измерительный контроль вертикальности стенки;
- расчетная проверка статической прочности стенки.

Техническое состояние внешнего резервуара.

Полное описание произведенных работ и их результаты приведены в техническом отчете [7]. В настоящей статье мы остановимся на их кратком обзоре.

Две особенности характеризуют конструкцию резервуара. Первая, позитивная, две герметичных оболочки обеспечивают надежную эксплуатацию резервуара в условиях экологически уязвимой Антарктики. Вторая, негативная, резервуар не имеет бокового люка-лаза. Его отсутствие усложняет выполнение работ в резервуаре по его очистке от осадков, грязи, подтоварной воды, а также усложняет

диагностирование и ремонт резервуара. Это не отвечает условиям безопасности персонала при выполнении работ. «Заходить» в резервуар можно только с кровли, через световой люк, по вертикальной лестнице вдоль внутренней стенки.

Поскольку резервуар сооружался в непростых климатических условиях (летняя $t^{\circ} 0 \pm 5^{\circ} \text{C}$, ветер, дождь и снег), то общее техническое состояние резервуара можно считать удовлетворительным.

Стенка резервуара смонтирована из листов размером $3\,000 \times 1\,500$ мм (пятый пояс — $3\,000 \times 620$ мм) и толщиной 5 мм. Все сварные соединения стыковые, односторонние. Соединение стенки с днищем — угловое, без разделки кромок.

Визуальный контроль стенки резервуара не выявил на поверхности металлических листов дефектов проката — трещин, расслоений, закатов, задир, раковин и др. На поверхности стенки имеются отдельные незначительные механические повреждения (царапины, забои) глубиной до 0,5 мм. Коррозия поверхности металла под защитным покрытием незначительна, на уровне прокатной окалины. Защитное покрытие стенки, в основном, в хорошем состоянии. Исключением являются отдельные участки в зоне уторного шва, где в результате коррозионных процессов поверхности листов краска отшелушилась.

Сварные соединения в целом отвечают требованиям проекта, ВБН В. 2.2–58.2–94 [4], ГОСТ 5264–80 [8]. Ширина валиков усиления шва: 12–14 мм (вертикальные швы) и 10–12 мм (горизонтальные швы), высота — 1–2,5 мм. Катеты углового шва стенки и днища 6–8 мм.



Рис. 6. Внешний вид резервуара РВС-200 на УАС Академик Вернадский



Рис. 7. Общий вид внутреннего резервуара

В швах не обнаружены недопустимые дефекты сварных соединений (поверхностные трещины, поры, подрезы, прожоги, не заваренные кратеры и др.), превышающие допустимые нормами размеры.

В сварных соединениях встречаются отдельные отклонения формы валика усиления шва, которые не могут повлиять на эксплуатационные характеристики соединения.

В вертикальных соединениях выявлены:

- линейные смещения кромок до 1 мм \approx 4–5% длины шва;
- превышение выпуклости сварного шва \approx 4–5%;
- брызги металла \approx 15–20 шт./м.

В горизонтальных соединениях обнаружены:

- линейные смещения кромок до 1 мм \approx 5–10% длины шва;
- превышение выпуклости сварного шва \approx 3–4%;
- подрез прерывистый (до 0,5 мм глубиной) верхней кромки \approx 10–20%;
- брызги металла \approx 15–20 шт./м.

В угловом соединении стенки и днища: превышение выпуклости углового шва составляло \approx 3–5%, выявлены брызги металла \approx 5–10 шт./м.

Толщина листов стенки резервуара отвечает требованиям проекта, ВБН В. 2.2–58.2–94 [4], номинальной толщине, принятой в проекте, и составляет (5,0 + 0,2) мм.

Для выполнения измерения горизонтальности днища и вертикальности стенки нивелир и теодолит устанавливались вокруг резервуара на снежных заносах, которые летом не обещали обнажить скалу. Все показатели горизонтальности днища и вертикальности обеих стенок в пределах действующих нормативов, хоть резервуар монтировался в сложных погодных условиях. Максимальное отклонение образующих резервуара от вертикали составляет 22 мм наружу и 26 мм во внутрь. Максимальная разница точек нивелирования контура днища составляет всего 6 мм.

По результатам нивелирования внешнего контура днища определены параметр U_k , который характеризует неравномерность оседания, и Θ_k , характеризующий общий крен резервуара [2].

Параметр U_k определяется для каждой контрольной точки по формуле:

$$\Delta U_i = U_i - 0,5(U_{i+1} + U_{i-1}) \quad (1)$$

где: U_i — отметка i -той точки, которая рассматривается;

U_{i+1} и U_{i-1} — отметки соседних точек соответственно справа и слева от той, которая рассматривается.

Значение параметра U_i неравномерности оседания днища для пустого резервуара типа РВС-200 составляет 4 (допустимое значение — 40) и отвечает требованиям ВБН В. 2.2–58.2–94 [4].

Параметр Θ_k определяется по формулам:

$$\Theta_k = \frac{1}{R} \sqrt{b_k^2 + c_k^2} \quad (2)$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n U_i \cos \varphi_i \quad (3)$$

$$c_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n U_i \sin \varphi_i \quad (4)$$

где φ_i — полярный угол i -той точки;

n — общее количество контрольных точек;

R — радиус резервуара.

Значение параметра Θ_k общего крена для пустого резервуара составляет 0,0004 (допустимое значение — 0,006) и отвечает требованиям ВБН В. 2.2–58.2–94 [4].

Состояние днища внешнего резервуара можно оценивать частично по его окрайку и видимой части листов между фундаментными лентами. Толщина листов окрайка 7,5–7,8 мм. Значительная часть окрайка поражена равномерной атмосферной коррозией на глубину до 0,5 мм, защитное покрытие во многих местах отсутствует.

Окрайок днища закреплен сваркой к каждой балке-двутавру, на которые оно уложено, а балки-двутавры, в свою очередь, приварены к закладным пластинам фундамента. Днище приварено к двутаврам также между фундаментными лентами.

Оценка статической прочности стенки резервуара, выполненная на основе результатов их технического обследования с применением общей схемы расчета строительных конструкций по предельным состояниям показала, что запас прочности составляет 3–4 [2].

Техническое состояние внутреннего резервуара.

Стенка внутреннего резервуара отличается тем, что сварные соединения выполнены с полным проплавлением с двух сторон, т.к. она монтировалась первой. Стенка покрыта осадком — парафином, который образовался во время хранения дизельного горючего.

Визуальный контроль стенки резервуара показал, что на поверхности листов и в сварных соединениях отсутствуют недопустимые дефекты. Ширина валиков усиления шва: 12–14 мм (вертикальные швы) и 10–12 мм (горизонтальные швы), высота 1–2,5 мм.

В сварных соединениях встречаются отдельные отклонения формы валика усиления шва, не влияющие на эксплуатационные характеристики соединений. В вертикальных соединениях выявлены линейные смещения кромок до 1 мм \approx 2–4% длины шва, превышения выпуклости сварного шва \approx 4–6%, брызги металла \approx 10–20 шт./м. В горизонтальных соединениях выявлены линейные смещения кромок до 1 мм \approx 5–10% длины шва, превышения выпуклости сварного шва \approx 2–4%, подрез

прерывистый (до 0,5 мм глубиной) верхней кромки $\approx 10\text{--}20\%$, брызги металла $\approx 15\text{--}20$ шт./м. В угловом соединении стенки и днища обнаружены превышения выпуклости углового шва $\approx 3\text{--}5\%$, брызги металла $\approx 5\text{--}10$ шт./м.

Вертикальность стенки внутреннего резервуара измерена с помощью подвеса, который закреплялся под кровлей П-подобным магнитом на всю высоту стенки с приставной стремянки. Максимальное отклонение образующих стенки от вертикали наружу составляет 38 мм, а внутрь — 31 мм. Максимальная разница точек нивелирования контура днища составляет всего 6 мм.

Днище внутреннего резервуара изготовлено из стальных листов, толщиной 5,0–5,2 мм. Листы собраны в полосы стыковыми сварными соединениями, между собой полосы соединены в нахлест.

Внешний осмотр и визуальный контроль днища резервуара показали, что поверхность металлических листов и сварные соединения поражены язвенной коррозией глубиной до 2,0 мм. Коррозийные язвы разной глубины сгруппированы на отдельных участках площадью 10–20 см² и разбросаны по листам, преимущественно, вдоль сварных соединений.

Схема коррозийных повреждений днища резервуара показана на рис. 8.

Общий вид коррозийных повреждений днища продемонстрирован на рис. 9.

Контроль герметичности сварных соединений днища с целью выявления сквозных повреждений — течей выполнен методом вакуумирования [9]. Использованы вакуумные камеры, разработанные и изготовленные в ИЭС им. Е. О. Патона (проект НК-175) и вакуумный насос 2НВР-1Д. Течи в сварных швах не выявлены.

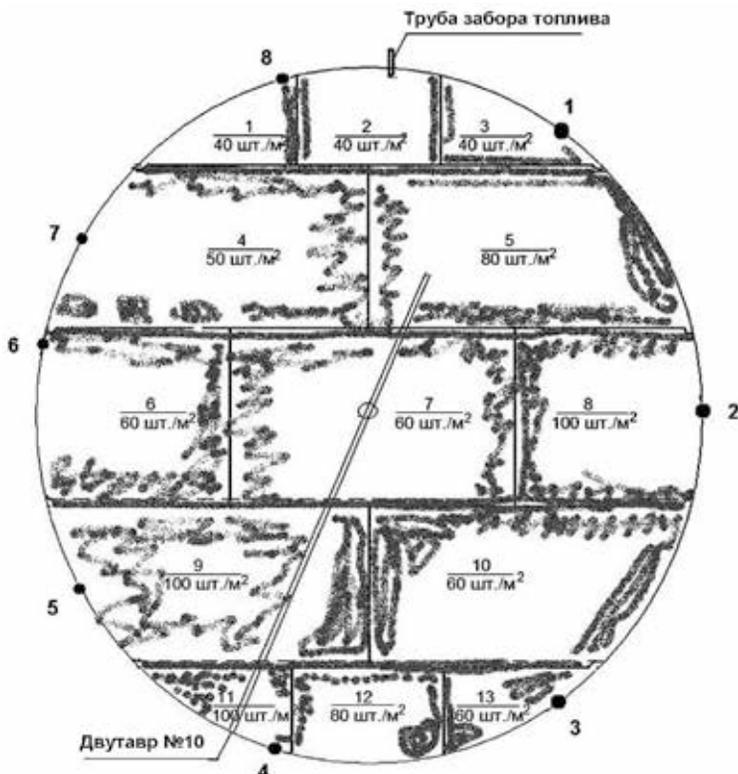
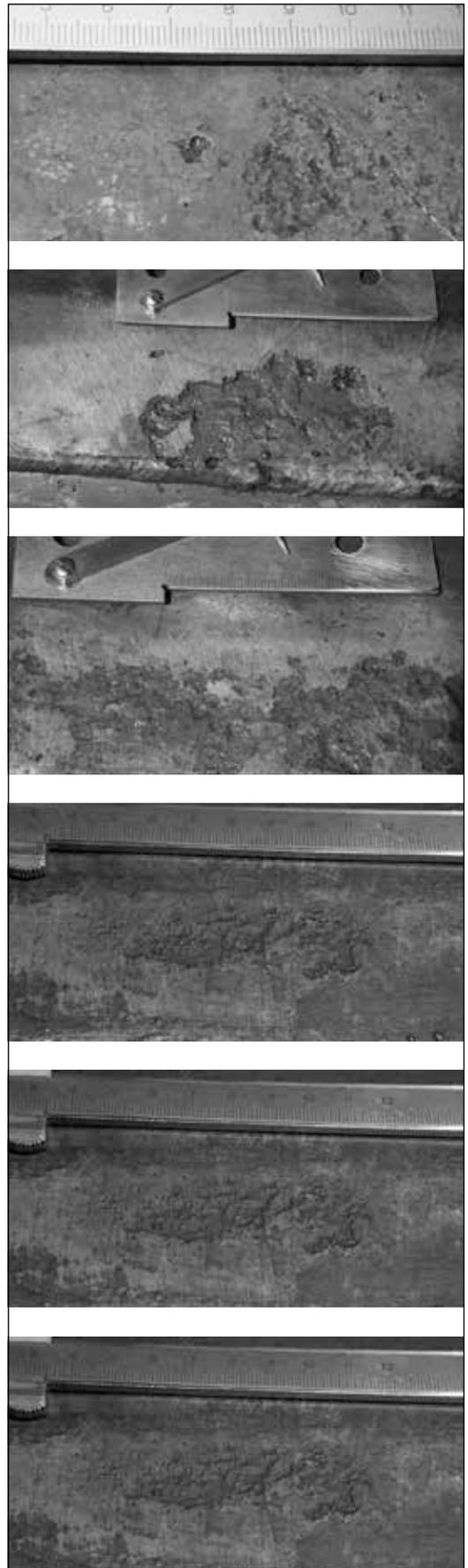


Рис. 8. Схема коррозийных повреждений днища внутреннего резервуара

Рис. 9. Общий вид коррозийных повреждений днища

На кровле резервуара установлены замерной люк DN150, не примерзающий мембранный дыхательный клапан DN100, клапан предохранительный гидравлический DN100 и два световых люка диаметром 600 мм, один из которых исполняет роль люка-лаза.

В днище резервуара, между лентами фундамента, установлены патрубки с вентилями для спуска подтоварной воды из резервуара и спуска воды, которая конденсируется в межстенном объеме резервуара.

Анализ результатов экспертного обследования технического состояния резервуара РВС-200, расположенного на Украинской антарктической станции Академик Вернадский, позволяет сделать следующие выводы:

1. Статическая прочность стенок внешнего и внутреннего резервуаров, днище и кровля внешнего резервуара отвечают проекту и действующим нормативам. Все элементы резервуара (за исключением днища внутреннего резервуара) имеют удовлетворительное техническое состояние, характеризующееся незначительными отступлениями от требований проекта, действующих норм на проектирование, изготовление и монтаж резервуара, которые не влияют на его работоспособность. Это позволяет продолжить эксплуатацию резервуара РВС-200 до 01.06.2019 г. при условии выполнения мероприятий по остановке коррозионных процессов на днище внутреннего резервуара.

2. Конструктивным элементом резервуара, который получил наибольшее повреждение в процессе эксплуатации в виде язвенной коррозии есть днище внутреннего резервуара. Язвенная коррозия наблюдается практически по всему днищу глубиной до 2,0 мм, что составляет до 40% проектной толщины. Коррозионные язвы глубиной 1,0–1,5 мм есть также в сварных соединениях.

Учитывая, что норматив отбраковки днища при его коррозионном поражении составляет 50% от номинальной толщины, техническое состояние внутреннего днища можно характеризовать как близкое к критическому из-за высокой вероятности дальнейшего развития коррозионных процессов.

3. Резервуар РВС-200, учитывая его местонахождение, относится к высшему классу опасности ССЗ, как объект для хранения экологически опасных веществ. Срок его эксплуатации должен составлять не менее 40 лет [6]. Значительное внимание следует уделить остановке коррозионных процессов листов днища внутреннего резервуара.

4. Для остановки коррозионных процессов необходимо разработать проектную документацию и покрыть существующее днище новым из аустенитной коррозионностойкой листовой стали толщиной не менее 2,5 мм.

5. Следует решить вопрос обустройства люка-лаза в первом поясе резервуара согласно проекта, что

позволит повысить безопасность выполнения работ в резервуаре и улучшить условия его эксплуатации.

6. Необходимо нанести защитное покрытие на участки с равномерной атмосферной коррозией, выявленные на: внешней стенке в уторной зоне, окрайке внешнего днища, листах кровли, несущих балках-двутаврах, которые являются основой резервуара.

7. Необходимо нанести защитное покрытие на железобетонные ленты фундамента резервуара.

8. Указанный срок эксплуатации резервуара (до 01.06.2019 г.) после выполнения его ремонта в соответствии с рекомендациями будет пересмотрен с целью продления и назначено очередное диагностирование. В случае не проведения ремонтных работ до 01.06.2019 г. резервуар должен быть выведен из эксплуатации.

Литература

1. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту.— М.: Недра, 1988. — 264 с.
2. Дополнение и изменения к «Правилам технической эксплуатации резервуаров и инструкций по их ремонту».— Киев: УО «Укрнефтепродукт», 1997. — 121 с.
3. Правила технической эксплуатации и охраны труда на нефтебазах.— Киев: УО «Укрнефтепродукт», 1998. — 220 с.
4. ВБН В. 2.2–58.2–94. Резервуары вертикальные стальные для хранения нефти и нефтепродуктов с давлением насыщенных паров не выше 93,3 кПа.— Киев: Держкомнафтогаз, 1994. — 98 с.
5. ДСТУ-Н Б А. 3.1–10:2008. Рекомендации по проведению технического диагностирования вертикальных стальных резервуаров.— Киев: Минрегионбуд Украины, 2009. — 14 с.
6. ДБН В. 1.2–14–2009 Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений, строительных конструкций и основ. Киев: Минрегионбуд Украины, 2009. — 32 с.
7. Технический отчет (экспертный вывод) о техническом состоянии резервуара РВС- 200, установленного на Украинской антарктической станции «Академик Вернадский».— Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 2016.— 59 с.
8. ГОСТ 5264–80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
9. ГОСТ 3242–79. Соединения сварные. Методы контроля качества.

Новые формы организации научной и научно-технической деятельности ИЭС им. Е.О. Патона

А.А. Мазур, канд. экон. наук, **В.И. Снежко**, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

По инициативе Б.Е. Патона для координации и руководства научными исследованиями по проблеме «Новые процессы получения и обработки металлических материалов» при Президиуме АН СССР был организован Научный совет (постановление № 334 Президиума АН СССР от 22.10.1964 г.). Председателем Научного совета назначили академика Б.Е. Патона.

В 1972 г. также по инициативе Бориса Евгеньевича был организован Международный научно-технический совет стран — членов СЭВ по проблемам сварки. Благодаря деятельности этого совета, успешно работавшего до 1992 г., многие научные и технические учреждения стран — членов СЭВ вышли на современный уровень исследований и повлияли на развитие сварки в своих странах.

В соответствии с рекомендациями Комитета СЭВ по научно-техническому сотрудничеству и Совета Уполномоченных стран — членов СЭВ по проблеме «Сварка металлов» Институт электросварки при участии ряда организаций СССР и ведущих сварочных центров НРБ, ГДР, ПНР и ЧССР разработал «Комплексный прогноз основных направлений сварочной науки и техники в странах — членах СЭВ до 1990 г.». Этот прогноз был рассмотрен на IV заседании Совета Уполномоченных (София, март 1975 г.) и рекомендован для использования при формировании долгосрочной Программы научно-технического сотрудничества, а также при разработке национальных программ и перспективных планов научных исследований и разработок в области сварки металлов.

Б.Е. Патон стремился объединить силы различных научно-исследовательских коллективов для решения важнейших научных и технических проблем. С этой целью было организовано несколько научных советов. Первый Научный совет по координации научно-исследовательских работ в области сварки был создан в СССР в 1958 г. на базе

головного в стране Института электросварки. Тогда же при Институте создан Совет главных сварщиков, ежегодно собиравший в Киеве ведущих специалистов сварочного производства страны. Позже, в 1966 г., Борис Евгеньевич возглавил Научный совет ГК СССР по науке и технике по проблеме «Новые процессы сварки и сварные конструкции». Совет объединял ученых и специалистов-сварщиков СССР и плодотворно работал с 1958 по 1991 г., а затем был преобразован в Межгосударственный научный совет по данной проблематике.

Распад СССР и возникновение новых независимых государств, ликвидация ряда крупных отраслевых общегосударственных организаций и учреждений кардинально изменили ситуацию с координацией развития сварочной науки, техники и сварочного производства.

В 1992 г. по инициативе ИЭС правительства Беларуси, Казахстана, России, Узбекистана и Украины, к которым в 1995 г. присоединились Молдова, Грузия и Армения, подписали «Соглашение об организации межгосударственного научно-технического сотрудничества в области сварки и родственных технологий». Был сформирован Межгосударственный научный совет по данной проблеме, официальным местом пребывания и базой его деятельности определен ИЭС. В состав Совета вошли секции по отдельным направлениям, возглавляемые ведущими учеными и специалистами стран — участниц Соглашения, сформирована Межгосударственная научно-техническая программа «Создание конкурентоспособных на мировом рынке сварных конструкций, ресурсосберегающих технологий, материалов и оборудования для сварочного производства», выполнявшаяся организациями Беларуси, Казахстана, Грузии, Украины и России. Начала осуществляться координация работ по межгосударственной стандартизации в области сварки и родственных технологий.

Однако в последующие годы в силу ряда обстоятельств, в частности из-за возникших проблем с финансированием, деятельность в рамках Соглашения постепенно сокращалась и начиная с 2008 г. практически прекратилась.

* Часть 7. Продолжение серии публикаций по материалам книги: «ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства»

МНТК, НТК и Технологический парк ИЭС.

Еще в 1930-е гг., при создании Института электро-сварки Евгений Оскарович Патон выдвинул положение о том, что «научное учреждение должно состоять из трех подразделений: собственно исследовательского отдела, конструкторского бюро и опытных мастерских или завода». Вся последующая история Института подтвердила справедливость его подходов к организации научной работы и предопределила успехи созданного им коллектива.

Учитывая многолетний опыт ИЭС, Академия наук (АН) УССР под руководством Б. Е. Патона в 1960-е гг. активизировала развитие собственной опытно-конструкторской и экспериментально-производственной базы. Ряд ведущих институтов технического профиля АН были преобразованы и успешно стали действовать в качестве крупных научно-технических комплексов (НТК), в состав которых наряду с научными институтами входили конструкторское бюро, опытные производства и опытные заводы. Выполняя весь цикл работ — от идеи до внедрения, НТК обеспечивал ускорение научных разработок и сокращение сроков их практической реализации.

К 1985 г. в АН УССР уже действовали шесть научно-технических комплексов, самый первый и мощный из которых — НТК ИЭС им. Е. О. Патона.

Научно-технический комплекс «Институт электросварки им. Е. О. Патона» (НТК ИЭС) НАН Украины представлял собой современную научно-техническую корпорацию, объединяющую интеллектуальный, производственный и финансовый потенциал Института (головная организация), опытных заводов сварочного оборудования, сварочных материалов, специальной электрометаллургии, опытно-конструкторского и технологического бюро, инженерных, сертификационного, учебного и аттестационного центров, внешнеторговых и венчурных фирм.

Подразделения НТК управлялись по вертикали единой администрацией, имели общие инженерные, маркетинговые и др. структуры, что позволяло оперативно откликаться на запросы формирующегося отечественного и зарубежного рынков сварочных технологий, материалов, оборудования и услуг.

В соответствии с требованиями возрастающего спроса на качественную продукцию в условиях жесткой конкуренции как на внутреннем, так и на внешних рынках, разработки НТК были, как правило, сертифицированы и практически ни в чем не уступали требованиям международных стандартов.

В ходе работы по созданию НТК в Украинской

академии началось формирование хозрасчетных проблемно-ориентированных структурных подразделений — инженерных центров, которые оформились организационно в 1984 г. в качестве участников НТК. В НТК ИЭС в тот период уже действовало 6 хозрасчетных инженерных центров.

Возможность успешного решения сложных научных, производственных и организационных задач широкомасштабного промышленного освоения принципиально новых технологий можно продемонстрировать на примере Инженерного центра сварки давлением (ЦСД) НТК «ИЭС им. Е. О. Патона».

В послевоенные годы в СССР были открыты гигантские месторождения нефти и газа, которые в основном находились в Средней Азии, Западной Сибири, на Северном Урале и в др. труднодоступных районах. Для транспортировки нефти и газа в западные районы СССР и за границу предусматривалось строительство магистральных газо- и нефтетранспортных систем большой протяженности.

Лишь немногим более двух лет понадобилось Центру, чтобы на основе ранее накопленного опыта провести научные исследования, разработать технологию, спроектировать, изготовить и внедрить гамму высокопроизводительного оборудования для контактной стыковой сварки труб, не имеющего аналогов в отечественной и зарубежной практике. С помощью контактной сварки было сварено 70 тыс. км трубопроводов, в т.ч. около 6 тыс. км газопроводов большого диаметра в условиях Крайнего Севера. Создана оригинальная технология автоматической сварки неповоротных стыков труб самозащитной порошковой проволокой с принудительным формированием шва. Эти работы были отмечены Ленинской премией, золотыми медалями на международных выставках. Фирмы США, Канады, Японии и Австрии закупили лицензии на технологии и оборудование, разработанные Центром.

Особенно остро в 1960-х гг. встал вопрос обеспечения строительства магистральных нефте- и газопроводов трубами больших диаметров, когда зарубежные фирмы по политическим соображениям отказали нам в поставках таких труб. Поэтому так высоко, с присуждением в 1986 г. Государственной премии СССР, был оценен вклад Института в комплексное решение этой проблемы — создание технологии, оборудования и промышленных мощностей по выпуску сварных труб для магистральных трубопроводов и решение вопроса автоматизации сварки стыков при прокладке трубопроводов в разных климатических условиях — от песков Средней Азии до полярной тундры северных месторождений.

По мнению крупнейшего авторитета в нефтега-

зовом комплексе страны профессора Николая Константиновича Байбакова, который в годы войны был наркомом нефтяной промышленности, а затем более 22 лет председателем Госплана СССР: «Борис Евгеньевич Патон как президент Академии наук Украины и как директор Института электросварки им. Е. О. Патона оказал огромное влияние на прогресс нефтегазового строительства, на развитие нефтяной и газовой промышленности Советского Союза... С его непосредственным участием формировалось отечественное производство электросварных труб. Бесспорно его приоритетное влияние на формирование всей сварочной политики в нефтегазовом комплексе... Самое важное, что все эти технологии, оборудование, сварочные материалы доводились до широкого внедрения... Не меньше делается и по перспективным технологиям, решению научных и инженерных проблем трубопроводных систем нового поколения, которые будут сооружаться в XXI веке».

В настоящее время ЦСД совместно с научным отделом Института и Каховским заводом электросварочного оборудования не менее успешно создает и реализует практически на всех континентах оборудование и технологии для контактной стыковой сварки высокопрочных рельсов скоростных железнодорожных магистралей.

Накопленный к середине 1980-х гг. опыт успешной работы НТК и инженерных центров в системе НАНУ послужил основой при организации во всесоюзном масштабе научно-технических комплексов и инженерных центров, ставших действенным инструментом ускоренного внедрения результатов научных исследований.

По инициативе ИЭС ЦК КПСС и Советом Министров СССР было принято Постановление от 12 декабря 1985 г. № 1230 «О создании межотраслевых научно-технических комплексов и мерах по обеспечению их деятельности», создана общесоюзная система межотраслевых и отраслевых научно-технических комплексов (МНТК и НТК), которым поручалась организация научно-технической деятельности в закрепленных за ними направлениях в масштабах всей страны.

В принятом постановлении признано необходимым создать по главным направлениям научно-технического прогресса МНТК, ориентированные на проведение всего цикла работ по созданию и освоению производства высокоэффективных видов техники, технологий и материалов новых поколений. Предусматривалось включать в состав этих комплексов научно-исследовательские учреждения, конструкторские и технологические организации, опытные предприятия.

Установлено, что МНТК являются головными организациями в стране по решению возложенных на эти комплексы задач в области науки и техники. Они обеспечивают: проведение и координацию в стране фундаментальных и прикладных исследований, опытно-конструкторских и технологических работ по созданию высокоэффективных видов техники, технологии и материалов; изготовление опытных образцов и доведение их совместно с министерствами и ведомствами до серийного производства; подготовку проектов научно-технических программ по важнейшим народнохозяйственным проблемам, а также пятилетних и годовых планов проведения исследований, разработок и опытных работ; проведение и координацию в стране исследований и разработок по соответствующим заданиям Комплексной программы научно-технического прогресса стран — членов СЭВ до 2000 г.

Госплану СССР, министерствам и ведомствам СССР, Советам Министров союзных республик поручено предусматривать при составлении пятилетних и годовых планов широкое использование в народном хозяйстве разработанных МНТК новых видов техники, технологий и материалов.

Советом Министров СССР было принято Постановление от 16 июля 1986 г. № 831 «О назначении генеральных директоров межотраслевых научно-технических комплексов». Постановление устанавливало, что МНТК возглавляет генеральный директор, который назначается и освобождается от должности Советом Министров СССР по представлению ГК СССР по науке и технике. По согласованию с АН СССР, министерствами и ведомствами были назначены генеральные директора 17 МНТК, в т.ч., Генеральный директор МНТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» академик Б. Е. Патон.

Учитывая успешный опыт ИЭС по реализации заданий, поставленных перед МНТК ИЭС, с целью его дальнейшего развития Советом Министров СССР было принято Постановление от 12.07.1988 г. № 837 «О мерах по обеспечению деятельности МНТК «ИЭС им. Е. О. Патона» Академии наук УССР», основные положения которого предусматривали:

- проведение в стране координации фундаментальных и прикладных исследований в области сварки, пайки, наплавки, нанесения упрочняющих и защитных покрытий, а также специальной электрометаллургии;
- подготовку проектов государственных научно-технических программ и планов проведения научных исследований и опытно-конструкторских

работ, а также предложений по реализации их результатов в соответствующих направлениях науки и техники.

В приложениях к постановлению № 837 эти основные положения были конкретизированы.

Возложенные в 1958 г. на ИЭС функции головного института страны в области сварки, а также исполнение с 1985 г. функций головного МНТК по сварке потребовали проведения деятельности, выходящей за пределы задач обычных НИИ.

Для выполнения большой по объему и степени ответственности работы сил существовавших на тот момент в Институте небольшого научно-технического сектора и сектора экономических исследований было явно недостаточно. Поэтому в 1961 г. в ИЭС создано специальное подразделение – Научно-техническое бюро (НТБ), которое одновременно являлось рабочим органом Координационного и Научного советов по сварке.

Позднее НТБ было преобразовано в структурный отдел научно-технического и экономического анализа развития сварочного производства, спецэлектрометаллургии и защитных покрытий (ОНТЭА), на который возлагалось выполнение функций рабочего органа Координационного совета по сварке и Научного совета по проблеме «Новые процессы сварки и сварные конструкции» ГКНТ СССР, Совета главных сварщиков, а также МНТК ИЭС.

На отдел было возложено также выполнение аналитических научно-исследовательских тем, создание и сопровождение деятельности новых структур: ассоциаций «Сварка», «Электрод» и «Технологические системы».

С целью расширения и углубления экономических исследований в области экономики и организации сварочной науки, техники и производства

и обеспечения успешного выполнения функций головной организации СССР по сварке в 1963 г. в Институте был создан отдел экономических исследований. О степени выполнения экономических отделом возложенных на него обязанностей свидетельствует тот факт, что в формулировках о присуждении многих премий (Ленинских, Государственных и др.), которыми были отмечены работы Института, неоднократно встречаются упоминания об экономии металла, электроэнергии, снижении трудоемкости и потребности в рабочей силе, высокой экономической эффективности новых разработок.

Экономический эффект от внедрения разработок института достигал 5–7 рублей на рубль затрат, сроки окупаемости – в пределах 1–2 лет. Это свидетельствовало о высоких научно-технических и экономических показателях разработок Института.

Традиции, заложенные при создании Института Е.О. Патонам, который требовал реальной экономической отдачи при практическом использовании результатов научных исследований, и сегодня определяют стиль работы Института.

Новая политическая, экономическая, производственная, рыночная ситуация поставила перед Институтом новые задачи. Функции ведущего Института по сварке ИЭС продолжал выполнять уже не на базе государственных решений, а на общественных началах, опираясь на свой авторитет в научных и промышленных кругах. Были реализованы другие методы активизации совместной научной деятельности и сохранения единого научного пространства (Международная ассоциация академий наук, межгосударственные научные советы, совместные НИЦ, технологические парки и др.).

● #1700

Национальная академия наук Украины
Институт электросварки им. Е.О. Патона
Отдел экономических исследований

ИЭС
И ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
РАЗВИТИЯ СВАРОЧНОЙ НАУКИ, ТЕХНИКИ
И ПРОИЗВОДСТВА

Київ – 2016

«ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства». А.А. Мазур, В.И. Снежко – К.: ИЭС им. Е.О. Патона, 2015. – 85 с.

Издание «ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства» подготовлено с целью обобщения опыта Института электросварки в подготовке и организации исполнения государственных решений и планов развития сварочной науки, техники и производства. Ориентировано на широкий круг специалистов, связанных с проблемами развития сварочного производства.

При подготовке обзора были использованы материалы Института электросварки: отдела экономических исследований, архивные материалы, публикации в отечественных и зарубежных изданиях, мемуары Е.О. Патона и воспоминания ветеранов Института, а также официальные документы по рассматриваемой тематике.

Авторы с благодарностью примут замечания, уточнения и предложения, которые могут возникнуть при ознакомлении с настоящим изданием.

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

I. СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

I.0100. Оборудование для дуговой сварки и родственных процессов

I.0110. Генераторы, агрегаты и преобразователи сварочные

Свар.агрег. DENYO DLW-300LS, одноп., диз.дв., вод. охл., 30-280А, 10,4кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000
Свар.агрег. DENYO DLW-400LSW, одноп., диз.дв., вод. охл., 60-380А, 15кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000
Свар.агрег. DENYO DCW-480ESW СС/СV, двухпост., диз.двиг., вод. охл., на одном посту 60-480А, на двух 30-280А, 15кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000

I.0120. Выпрямители сварочные

ВДМ-630, 1202, 1601, 2001	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
ВДГ, ВДУ-302, 401, 506, 630, 1202, 1601	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверторы для ММА/TIG сварки 160, 200, 315, 400 А	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочное оборудование «FRONIUS», заряд. уст-ва для любых типов аккумуляторов	шт.	от 600	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
SUPEL-175 G, для ММА/TIG сварки 120, 160, 200, 250, 315 А, SW-333 («Семонт»)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Инверторы ВДИ / 60-250 А (5 лет гарантии)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0121. Установки аргонодуговой сварки и напыления

Установки для аргонодуговой сварки Кеттпрі ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ТТ-1600, МВ-2200 (в т.ч. сварка алюминия) универ. ап-т WIG/TIG	шт.	от 6 500	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
TIG-200P AC/DC	шт.	21 000	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0130. Трансформаторы сварочные

Трансформатор для сварки ТДФЖ-2001, ТДМ-250, 305, 403, 503	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
БСН-04-500Т (питание от источника сварочной дуги)	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
СТШ-250, СТШ-252, ТДМ-403	шт.	от 4 635	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0140. Сварочные механизированные аппараты (полуавтоматы для дуговой сварки)

П/м А25-001 с ВДГ или ВДУ, БУ встроены в ИП, Ø0,8-3,0 мм, плав. регул.	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Проф. инверт. комплекс для MIG/MAG сварки DIGITAL MIG 500	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверт. свар. комплексы HC 500D, HC350 для MIG/MAG, MMA, TIG сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инвер. п/а MIG 188P, Ø0,6-1,2 мм	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочн. механиз. аппараты (полуавтом. для дуговой сварки) Кеттпрі ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ТР-1100, 1500 малогаб. моб. ап-ты двойн. действ., 4,2 кг, 220 В, 10-150 А	шт.	от 2700	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
П/а промышл. «Варио Стар» (160-400 А) «FRONIUS»	шт.	от 4500	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
Инверторные п/а, 160-350 А, горелки к п/а и расходные материалы	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
КП 006 с КИГ 401, ПДГ-215, 216	к/шт.	от 10 800	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
П/автомат FAN MIG 404 GP (Synergy) 400 А, сварка всех сталей и Al	шт.	27 000	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0150. Автоматы для дуговой сварки

Свар. трактор HS-1000 с инвер. ИП для одно- и двухдуговой сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочные трактора TC-18M, TC-77A, A-1698, TC-17	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Установка для приварки шпилей (шпилек) ПШ-1202-2	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Аппараты для дуговой сварки Кеттпрі ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Сварочные тракторы А1698, автоматы АД 231, АД 321	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

PLASMA

Взаимозаменяемые части совместимые с более чем 100 системами плазменной резки мировых производителей таких как HYPERTHERM®, ESAB®, KJELLBERG®, SEBORA®, TRAFIMET®, THERMAL DYNAMICS®, SAF®, DAIHEN®, KOMATSU®, MILLER®, MIGATRONIC®, AJAN®, LINCOLN ELECTRIC® и т. д.

LASER

Взаимозаменяемые части и аксессуары совместимые с TRUMPF®, BISTRONIC®, PRECITEC®, AMADA®, MAZAK®, PRIMA POWER®, LVD®, MITSUBISHI® и т. д.

ООО «Термакат Украина ГмбХ»
08130, Киевская обл., с. Петропавловская Борщаговка,
ул. Петропавловская, 24
тел./факс: (044) 403-16-99
e-mail: info@thermacut.ua



www.thermacut.com

OXY-FUEL

Взаимозаменяемые части совместимые с системами газовой резки ведущих мировых производителей MESSER®, HARRIS®, ESAB®

РЕЗАКИ

160 различных ручных и механизированных моделей плазматронов для автоматической и ручной резки. Шланговые пакеты для систем плазменной резки. Плазматроны FHT-EX® разработки THERMACUT

г. Киев: (050) 336-33-91,
(050) 444-22-45
г. Николаев: (050) 333-81-61
г. Харьков: (050) 417-60-68
г. Львов: (050) 382-46-68

HYPERTHERM®, ESAB®, KJELLBERG®, SEBORA®, TRAFIMET®, THERMAL DYNAMICS®, SAF®, DAIHEN®, KOMATSU®, MILLER®, MIGATRONIC®, AJAN®, LINCOLN ELECTRIC®, TRUMPF®, BISTRONIC®, PRECITEC®, AMADA®, MAZAK®, PRIMA POWER®, LVD®, MITSUBISHI®, MESSER®, HARRIS® являются зарегистрированными торговыми марками. Thermacut® никоим образом не связан с данными производителями.

1.0160. Аппараты для воздушно-плазменной резки металлов и сплавов, запасные части

Плазматроны ВПР-9, ВПР-15, ПВР-402, расход. материалы, комплект. (Binzel)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Киев-1 (толщ. реза до 8 мм), Киев-4 (толщ. реза до 80 мм)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
CUT 70, CUT 100, CUT 120, CUT 160	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона

1.0170. Сварочные роботы и системы автоматизации сварки

Сварочные роботы Fanuc	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Системы автоматизации сварки Кеттмі ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000

1.0180. Аппаратура управления к сварочному оборудованию

Пневмораспределитель	шт.	58,20	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
----------------------	-----	-------	--------------------------	------------------------------

1.0200. Машины контактной сварки и комплектующие

Машины стык. и точ. св. МТ 2202, МСО 606, МТ 1928, МТ 4224, МСС 1901, МТМ-289 (сварка сеток), точ. маш. — Al (до 4 мм) МТВР-4801	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
КРАБ-01 (малогобарит., свар. клещи), маш. подвесная МТП 1110 (сварка сеток), маш. шовной сварки МШ 2201, МШ 3207	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Ремонт и восстан. машин контакт. сварки, купим машины контакт.	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона

1.0300. Машины, оборудование, комплектующие для газоплазменной сварки, резки и металлизации

1.0310. Машины для термической резки металлов

Машины газорезательные — «Огонек», «Гугарк», «Орбита», «Радуга-М», «Смена-2М», «АСШ-70», «ДОНМЕТ», «ESAB», «MESSER Grissheim»	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
---	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0320. Горелки и резаки газокислородные

Горелки ацетиленовая Г2А, пропановая ГЗУ, Г2 МАФ (након. №2-4), ЗИПы	шт.	от 126	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Комплекты газосварщика, кислор.-флюс. резки, клапана предопр., огнепреград., пост газосварщика (П)	шт.	от 360	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Резаки машинные, пропановые, ацетилен. ручн. резки, МАФ-газ (до 100 мм), жидкотопл. (бензин, керосин, ДТ) до 300 мм, ЗИПы	шт.	от 168	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона

1.0330. Генераторы ацетиленовые

Генераторы (Воронеж, Россия) АСП-10, АСП-15, АСП-14, (сухой и водяной затворы), зап. части к АСП	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
--	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0340. Редукторы, вентили, смесители, затворы, клапаны

Редукторы, регуляторы, балл. в ассорт., вентиль ВК-94 (Россия) кислород., пропановый ВБ-2, ВБ-2-1 (Б) (Беларусь), подогрев. углекислотный	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
---	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0350. Карбид кальция

Карбид кальция (Словакия) по 100 кг, по 3, 5, 10 кг (пластик. ведра)	кг	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
--	----	------------	--------------------------	------------------------------

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
<p>ПИИ ООО «Бинцель Украина ГмБХ»</p> <p>Тел./факс: (044) 403-12-99, 403-13-99 (044) 403-14-99, 403-15-99</p> <p>г. Киев: (050) 462-72-30 г. Николаев: (050) 333-81-61 г. Харьков: (050) 417-60-68 г. Львов: (050) 382-46-68 e-mail: info@binzel.kiev.ua</p> <p>ABICOR BINZEL</p> <p>www.binzel-abicor.com</p>				
<ul style="list-style-type: none"> Сварочные горелки для механизированной и автоматической сварки в среде CO₂ и смесях (MB EVO PRO, RF GRIP, ABIMIG® GRIP A, ABIMIG® AT, AUT / 60-750 A, газовое и жидкостное охлаждение) Сварочные горелки для ручной и автоматической сварки неплавящимся электродом (ABITIG®, ABITIG® GRIP, ABITIG® GRIP Little / 80-500 A, газовое и жидкостное охлаждение). Электродержатели для сварки штучным электродом (DE 2200-2800 / 200-800 A). Блоки принудительного охлаждения (WK 23, WK 43, ABICOOOL L1000, ABICOOOL L1250). Редукторы газовые. 				<ul style="list-style-type: none"> Плазмотроны (ABIPLAS® CUT, ABICUT / 30-200 A, воздушное и жидкостное охлаждение). Установки ВПР JÄCKLE Plasma (25-300 A). Строгачи для строжки графитовым электродом (K10-K20 / 500-1500 A). Графитовые электроды ABIARC, вольфрамовые электроды WR2, WP, E3®. Средства защиты обработки поверхности ABIBLUE. Маски сварщика. Керамические подкладки. Весь спектр расходных материалов и другие принадлежности сварочного поста.

I.0360. Рукава и шланги

Рукав кислородный (Беларусь), ацетиленовый и кислород. цветной	м	от 6,30	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	---	---------	--------------------------	------------------------------

I.0370. Баллоны газовые

Баллоны: кислород, аргон, ацетилен, азот, углекислота и др. (40 л, 10 л, 2 л), новые (пропан, кислород, аргон, сж. воздух, CO₂) 50, 27, 12, 5 л

	шт.	от 144	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-----	--------	--------------------------	------------------------------

I.0400. Оборудование сварочное механическое и приспособления

I.0500. Комплектующие изделия к сварочному оборудованию

I.0510. Электрододержатели для ручной дуговой сварки

Электрододержатели, клеммы массы (Германия, Польша, Китай)	шт.	от 19,8	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-----	---------	--------------------------	------------------------------

I.0520. Горелки сварочные для ручной, механизированной и автоматической сварки и комплектующие к ним

Горелки для MIG/MAG, WIG/TIG «FRONIUS»	шт.	от 400	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина ООО
Горелки для аргонодуговой, MIG/MAG, TIG сварки и комплект. к ним	шт.	от 870	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0530. Реостаты балластные

Реостаты балластные	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
---------------------	-----	------------	--------------------------------	------------

I.0540. Инструменты

Маркеры «MARKAL B», «MARKAL M-10», «MARKAL M», «MARKAL K», «MARKAL H, HT», BALL PAINT, DURA BALL, Red Ritter / Silver Streak	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Комплект сменных стержней для SILVER STREAK, RED RITTER, маркировка и разметка LUMBER CRAYON и TYRE MARQUE	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0550. Электроинструменты

I.0560. Кабельно-проводниковая продукция

Кабель сварочный, силовой КГ, КОГ, након. каб. луж. 16, 25, 35, 50 мм ²	м/шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-------	------------	--------------------------	------------------------------

I.0570 Прочие комплектующие

Контакты KM-600ДВ, KM-400ДВ, клеммы массы	шт.	от 840	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
---	-----	--------	--------------------------	------------------------------

I.0600. Оборудование для термической обработки

I.0700. Средства для защиты металла и оборудования

Спрей "Binzel", 400 мл, паста "Дюзофикс", 300 г, для травл. нерж. стали. TSK-2000, 2 кг	емк./балл.	от 30,18	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Защита: от налип. брызг, антикорр. "АРК/МРС", 10 л, "Black Jack", 500 мл, "Autraviv"VA" обезжир. нерж. стали, 400 мл,	емк./балл.	от 27	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
"Antiperl EMU #1", "Antiperl 2000", 400 мл, канистра, 10 л, "Cromalux"VA", 400 мл	балл.	от 18	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

II. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

II.0100. Электроды покрытые металлические

II.0110. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочные электроды Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
АНО-4 (З46), МР-3 (З46), АНО-21 (З46), УОНИ-13/55 (З50А), УОНИ 13/45 (З42А), повыш. кач.	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
ЦЛ-39 (З-09Х1МФ), ЦУ-5 (З-50А), ТМЛ-3У (З-09Х1МФ), ТМЛ-1У (З-09Х1М), ТМУ-21У (З50А)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0120. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочные электроды Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ОЗЛ-6, ЦЛ-11, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, ЗИО-8, НИИ-48Г, НЖ-13	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
ЭА-395/9 (З-11Х15Н25М6АГ2), ЗА-400/10У (З-07Х19Н11М3Г2Ф)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0130. Для сварки цветных металлов и сплавов

II.0140. Для сварки чугуна

МНЧ-2, ЦЧ-4	кг	от 102	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-------------	----	--------	--------------------------	----------------------

II.0150. Для наплавки

Т-590, Т-620, ЭН-60М; ОЗН-6, ОЗН-300, ОЗН-400, НР-70, ЦН-6Л, ЦН-12М	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
---	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0160. Для резки

АНР-2М, АНР-3 Ø 4; 5 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0200. Электроды неплавящиеся

Электроды вольфрамовые (Германия, Китай)	шт.	от 10,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--	-----	---------	--------------------------	----------------------

II.0300. Проволока сварочная сплошная и прутки

II.0310. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочная проволока Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Проволока Св-08Г2С омед., в бухтах, на касс. 5,15 кг (Китай)	кг	от 15,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
Проволока Св-08А	кг	9,30	(044) 200-8056, 200-8049	Экотехнология ДП 000

II.0320. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочная проволока Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Св-07Х25Н13 Ø 1,2, 1,6, 3,0 мм, Св-08Х14Н8СЗБ (ЗП-305) Ø 2,0 мм, Св-08Х20Н9Г7Т Ø 1,6, 3,0, 4,0 мм	кг	69-75	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0330. Для сварки цветных металлов и сплавов

Проволоки для сварки алюминия на кат., в бухтах, прутках, Ø 0,8-4,0 мм	кг	от 87	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--	----	-------	--------------------------	----------------------

II.0340. Для сварки чугуна

ПАНЧ-11, МНЖКТ Ø 1,2-3,0 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-----------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------



Сварочные электроды ET-02 с рутил-целлюлозным покрытием

Тел.: (044) 200 80 56, м. (050) 352 58 67, (050) 310 58 63
e-mail: sales@et.ua, www.welderbest.com.ua

- ✓ легкий поджиг
- ✓ устойчивое горение дуги
- ✓ легкий повторный поджиг
- ✓ сварка во всех пространственных положениях!!!
- ✓ идеальный шов
- ✓ легкое отделение шлака
- ✓ высокий коэффициент наплавки
- ✓ надежное сварное соединение!!!

ВАШ ЛУЧШИЙ ВЫБОР!

ФЛЮС СВАРОЧНЫЙ АН-348А

Оптом и в розницу
всегда на складе в Киеве –
от дистрибьютора (доставка заказчику),
фасовка мешок 50 кг, полипропилен.



ДП «Экотехнология»

тел. (044) 200-80-42

м. (050) 311-34-41

II.0400. Проволока порошковая

II.0410. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочная проволока Voehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ПП-АН1 Ø 2,8 мм, ППР-ЭК1 (для подводной сварки)	кг	договорная	(044) 200-8088, 200-8056	Экотехнология ДП 000

II.0420. Для наплавки

ПП-Нп-30ХГСА	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--------------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0430. Для резки

ППР-ЭК4	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
---------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0500. Флюсы плавные и керамические

II.0510. Для сварки углеродистых и легированных сталей

АН-47, АН-348А, АН-26	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-----------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

III. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГАЗЫ

III.0100. Инертные газы (аргон, гелий)

III.0200. Активные газы (кислород, углекислый газ, водород, азот)

Кислород, углекислота, азот	балл.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП 000
-----------------------------	-------	------------	----------------	----------------------

III.0300. Газовые смеси

Аргон, азот, ацетилен, спец. свар. смеси	балл.	договорная	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
--	-------	------------	--------------------------	----------------------

IV. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ СВАРЩИКОВ

IV.0100. Щитки маски и очки защитные, комплектующие

Маски сварщика в ассорт., АСФ маска («Speedglass»), щитки свар. и очки защитные в ассорт., шлем пескоструйщика «Кивер», дробеструйщика	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
--	-----	-------	--------------------------	----------------------

IV.0200. Специальная одежда и обувь

Щитки защитные НБТ, костюм, перчатки, краги и рукавицы сварщика, обувь раб. в ассорт.	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
---	-----	-------	--------------------------	----------------------

IV.0300. Средства индивидуальной защиты

Фильтры сменные, респираторные маски (с/без клапана) и полумаски	шт.	договорная	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
--	-----	------------	--------------------------	----------------------

V. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

V.0100. Приборы и материалы неразрушающего контроля

Термоиндикаторные карандаши на 50-1200 °С «LA-CO» (США)	шт.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП 000
Любые приборы контроля и диагностики под заказ	шт.	договорная	(044) 248-7336, 200-8056	Экотехнология ДП 000

VI. УСЛУГИ

VI.0100. Услуги

Разработка и внедр. технологии ремонта сваркой и наплавкой деталей, узлов и металлоконструкций из стали и чугуна	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8056	Экотехнология ДП 000
--	-----	------------	--------------------------	----------------------

**Алфавитный указатель
компаний-участников журнала «Сварщик»**

Амити ООО	т. (0512) 23 01 08, ф. 58 12 08
Бинцель Украина ГмбХ ПИИ ООО	т./ф. (044) 403 12 99, 403 13 99, 403 14 99, 403 15 99
Велдотерм-Україна ТОВ	т./ф. (03472) 60 330, weldotherm@ukrpost.ua
Велтек ТМ ООО	т./ф. (044) 200 86 97, 200 84 85, 200 82 09, 200 87 27
Витаполис ООО	т./ф. (044) 401 64 06, м. (096) 003 03 03
Запорожстеклофлюс ЧАО	т. (061) 289 03 53, ф. 289 03 50
Интерхим-БТВ ООО	т. (044) 527 98 52, 527 98 53, ф. 527 98 62
Линде Газ Украина ЧАО	т./ф. (0562) 35 12 25, 35 12 28, (056) 790 03 33, (0 800) 30 51 51
Мигатехиндустрия ООО	т. (044) 360 25 21, 500 58 59
МВЦ ООО	т. (044) 201 11 65, 201 11 56, 201 11 58
НАВКО – ТЕХ НПФ ООО	т. (044) 456 40 20, ф. 456 83 53
ОЗСО ІАЭС ім. Е.О. Патона ООО	т./ф. (044) 259 40 00, office@paton.ua
Промавтосварка НТЦ ЧП	т./ф. (0629) 37 97 31, м. (067) 627 41 51, (066) 177 86 97
Рентстор ООО	т. (044) 383 18 12, м. (095) 899 18 22
Саммит ООО	т./ф. (056) 767 15 77, м. (094) 910 85 77, (067) 561 32 24
СЕВИД ЧП КП	т. (0552) 37 34 58, ф. 37 35 96, м. (067) 550 11 87
Сумы-Электрод ООО	т. (0542) 22 54 37, ф. 22 54 38, 22 13 42
Термакат Украина Гмбх ООО	т./ф. (044) 403 16 99, м. (050) 336 33 91
Технолазер-Сварка ООО	т. (0512) 36 91 20, ф. 50 10 01, 57 21 27
Технопарк ІАЭС ім. Е.О. Патона ООО	т. (044) 287 27 16, 200 80 42
Фрониус Украина ООО	т. (044) 277 21 41, 277 21 40, ф. 277 21 44
Зкотехнологія ДП ООО	т./ф. (0-44) 200 80 56 (многокан.), 287 26 17, 287 27 16, 200 80 42, 248 73 36

Подписка-2017 на журнал «Сварщик»

подписной индекс 22405. Подписку на журнал можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписного агентства	Телефон
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
Днепропетровск	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
Киев	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Львов	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
Николаев	ООО «Ню Хау»	(0512) 47-20-03
	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
Полтава	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
Ровно	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
Ужгород	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Херсон	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черкассы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (грн.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. — 368 с.	120
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с.	60
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с.	60
О. С. Осика та ін. Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології. 2005. — 256 с.	60
В. М. Корж. Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. — 196 с.	60
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с.	60
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с.	100
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл. 60	60
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с.	60
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с.	60
Г. И. Лашенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с.	60
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с.	60
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с.	60
А. Г. Потатьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с.	60
Г. И. Лашенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с.	60
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с.	60
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с.	120
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с.	90
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010 — 194 с.	60
**Г. И. Лашенко. Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с.	80

* Цены на книги указаны без учета стоимости доставки
** Продается только в электронной версии.
Электронные версии книг стоят в два раза дешевле.

**Подписка-2017
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405**

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: **03150, Киев-150, а/я 337, «Сварщик».**

1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691
1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698
1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705
1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712
1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719
1720	1721	1722	1723	1724	1725	1726
1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2017 г.

_____ *подпись*

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2017 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Грн.*
1 полоса	210×295	4500
1/2 полосы	180×125	2400
1/4 полосы	88×125	1200
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Грн.*
1 (первая)	215×175	10000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	7000
2 и 7		6000
На страницах внутренней обложки		
Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*
3-4 (1 полоса)	210×295	5500
5-6 (1 полоса)	210×295	5000
5-6 (1/2 полосы)	180×125	2600
Визитка или микромодульная реклама		
Площадь	Размер, мм	Грн.*
1/16	90×26	360

* (все цены в грн. с НДС):
Рекламно-техническая статья: 1 полоса (стр.) — **1800 грн.**

Блочная ч-б реклама и строчные позиции на страницах рекламного приложения «Все для сварки. Торговый ряд»

Часть площади стр.	Размер, мм (гор. или верт.)	Цена, грн. с НДС
1/2	180×125	700
1/3	180×80 или 88×160	600
1/4	180×60 или 88×120	500
1/6	180×40 или 88×80	400
1/8	180×30 или 88×60	300
1/16	180×15 или 88×30	200

Строчные ч-б позиции

Кол-во позиций	Обычные позиции, грн.	Выделенные позиции, грн.
10	400	500
15	600	750
20	800	1000

Прогрессивная система скидок

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

Требования к оригинал-макетам
Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм.

Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PNG, WMF, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 5 — до 15.09)

Зам. гл. ред., рук. ред., **В.Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./факс: (044) **200-80-14**, моб. (050) **413-98-86**
e-mail: welder.kiev@gmail.com

Ред., зам. рук. ред., **О.А. Трофимец**:
тел.: (044) **200-80-18**
e-mail: trofimits.welder@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Заполняется печатными буквами