

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Б. Е. Патон

Ученые ИЭС им. Е. О. Патона
д.т.н. **С. И. Кучук-Яценко** (зам. гл. ред.),
д.т.н. **В. Н. Липодаев** (зам. гл. ред.),
д.т.н. **Ю. С. Борисов**,
д.т.н. **Г. М. Григоренко**,
к.ф.-м.н. **А. Т. Зельниченко**,
д.т.н. **В. В. Кныш**,
д.т.н. **И. В. Кривцун**, д.т.н. **Ю. Н. Ланкин**,
д.т.н. **Л. М. Лобанов**,
д.т.н. **В. Д. Позняков**,
д.т.н. **И. А. Рябцев**, д.т.н. **К. А. Ющенко**
Т. В. Юштина (отв. секр.)

Ученые университетов Украины
д.т.н. **В. В. Дмитрик**, НТУ «ХПИ», Харьков,
д.т.н. **В. В. Квасницкий**,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,
д.т.н. **В. Д. Кузнецов**,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев
д.т.н. **М. М. Студент**, Физ.-механ. ин-т
им. Г. В. Карпенко НАНУ, Львов

Зарубежные ученые
д.т.н. **Н. П. Алешин**
МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ
д.т.н. **Гуань Цяо**
Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай
д.т.н. **А. С. Зубченко**
ОКБ «Гидропресс», Подольск, РФ
д.х.н. **М. Зиниград**
Ун-т Ариэля, Израиль
д.т.н. **В. И. Лысак**
Волгоградский гос. техн. ун-т, РФ
д-р инж. **У. Райсген**
Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия
д.т.н. **Я. Пилярчик**
Ин-т сварки, Гливице, Польша
д.т.н. **Г. А. Туричин**
С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

Адрес редакции
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ
03680, Украина, Киев-150,
ул. Казимира Малевича, 11
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277
Факс: (38044) 200 5484, 200 8277
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Учредители
Национальная академия наук Украины,
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ,
МА «Сварка» (издатель)

Свидетельство о государственной
регистрации КВ 4788 от 09.01.2001
ISSN 0005-111X
Doi.org/10.15407/as

Рекомендовано к печати Ученым советом
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Журнал входит в перечень утвержденных
Министерством образования и науки
Украины изданий для публикации трудов
соискателей ученых степеней

За содержание рекламных материалов
редакция журнала ответственности не несет

Цена договорная
Подписной индекс 70031

Издается ежемесячно

СОДЕРЖАНИЕ

Шанхай-2017: 80-я ежегодная Ассамблея Международного института сварки 3

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Шлепаков В. Н., Котельчук А. С., Гаврилюк Ю. А. Современные порошковые проволоки для сварки низколегированных сталей повышенной и высокой прочности 13

Нестеренков В. М., Оrsa Ю. В., Хрипко К. С., Гусев Ю. В. Восстановительный ремонт элементов и узлов газотурбинных двигателей 19

Царюк А. К., Елагин В. П., Розуменко Г. А., Пасечник А. И., Перетягко В. А. Выбор технологии ремонтной сварки деталей турбоагрегатов 25

Позняков В. Д., Дядин В. П., Давыдов Е. А., Максименко А. А., Клапатюк А. В. Оценка технического состояния и ремонт корпуса регенератора каталитического крекинга Р-202 31

Мазур А. А., Липодаев В. Н., Пустовойт С. В., Петрук В. С. Современное состояние рынка сварочного оборудования и материалов в Украине 40

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Внедрение гармонизированных международных и европейских стандартов в сварочное производство Украины 47

В международной ассоциации «Электрод» 57

Диссертация на соискание ученой степени 58

ИНФОРМАЦИЯ

Интервью с А. В. Степахо — Генеральным директором ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона 59

Обновленные механизированные сварочные системы от Fronius обеспечивают идеальные сварные швы 65

Календарь ноября 67

Автоматичне Зварювання

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding)

Published 12 times per year since 1948

Головний редактор **Б. Є. Патон**

ЗМІСТ

Шанхай-2017: 80-а щорічна Асамблея Міжнародного
інституту зварювання 3

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

Шлепаков В. М., Котельчук О. С., Гаверилук Ю. О.
Сучасні порошкові дроти для зварювання
низьколегованих сталей підвищеної та високої
міцності 13

*Нестеренков В. М., Орса Ю. В., Хрипко К. С.,
Гусев Ю. В.* Відновлювальний ремонт елементів та
вузлів газотурбінних двигунів 19

*Царюк А. К., Єлагін В. П., Розуменко Г. А., Пасеч-
ник А. І., Перетятко В. А.* Вибір технології
ремонтного зварювання деталей турбоагрегатів 25

*Позняков В. Д., Дядін В. П., Давидов Є. О., Макси-
менко А. О., Клапатюк А. В.* Оцінка технічного стану
та ремонт корпусу регенератора каталітичного
крекінгу P-202 31

*Мазур О. А., Ліподаєв В. М., Пустовойт С. В., Пет-
рук В. С.* Сучасний стан ринку зварювального
устаткування та матеріалів 40

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

Впровадження гармонізованих міжнародних та
європейських стандартів в зварювальне вироб-
ництво України 47

У міжнародній асоціації «Електрод» 57

Дисертація на здобуття наукового ступеня 58

ІНФОРМАЦІЯ

Інтерв'ю з А. В. Степахно — Генеральним директо-
ром ДЗЗУ ІЕЗ ім. Є. О. Патона 59

Оновлені механізовані зварювальні системи
від Fronius забезпечують ідеальні зварні шви 65

Календар листопада 67

Журнал «Автоматичне зварювання» видається
англійською мовою під назвою «The Paton Welding Journal»

Адреса редакції

03680, Україна, м. Київ-150, вул.Казимира Малевича, 11
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
Тел./Факс: (044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Editor-in-Chief **B. E. Paton**

CONTENTS

Shanghai-2017: 80th Annual Assembly of IIW 3

INDUSTRIAL

Shlepakov V. N., Kotelchuk A. S., Gavriluk Yu. A.
Current directions of application of flux-cored wire
welding of low-alloy increased and high strength
steels 13

*Nesterenkov V. M., Orsay U. V., Khripko K. S.,
Gusev Yu. V.* Restoration repair of elements and units
of gas turbine engines 19

*Tsaryuk A. K., Elagin V. P., Rozumenko G. A.,
Pasechnik A. I., Peremyatko V. A.* Selection of tech-
nology of repair welding of parts of turbine units 25

*Poznyakov V. D., Dyadin V. P., Davydov E. A.,
Maksimenko A. A., Klapatyuk A. V.* Evaluation of tech-
nical condition and repair of casing of regenerator
of catalytic cracking P-202 31

*Mazur A. A., Lipodaev V. N., Pustovoyt S. V.,
Petruk V. S.* Current state of welding equipment
and materials market 40

BRIEF INFORMATION

Introduction of harmonized international and
European standards into welding production
of Ukraine 47

At International Association «Electrode» 57

Thesis for a scientific degree 58

INFORMATIONS

Interview with A. V. Stepakhno — General Director
of PWI PPWE 59

Renewed mechanized welding systems from
Fronius Company provide ideal welds 65

November Calendar 67

«Avtomaticheskaya Svarka» (Automatic Welding) journal is republished
in English under the title «The Paton Welding Journal»

Address

The E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,
11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kyiv, Ukraine
Tel./Fax: (38044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com



Шанхай — 2017: 80-я ежегодная Ассамблея Международного института сварки

Справочные данные:

1153 участника (660 из КНР и 493 из других стран);
850 человек принимали участие в заседаниях рабочих групп МИС (380 из КНР и 435 из других стран);
298 человек принимали участие в международной конференции;
287 студентов из КНР посетили мероприятие;
139 молодых профессионалов (90 из КНР и 49 из других стран) участвовали в работе;
106 статей получили рекомендации к опубликованию в журнале «Welding in the World»;
100 волонтеров из двух университетов Шанхая помогли в работе Ассамблеи;
73 команды участвовали в Международном конкурсе «Arc Cup»;
43 страны делегировали своих специалистов;
6 рекомендаций по международной стандартизации было получено от рабочих групп.

Общие сведения

Ежегодная Ассамблея и международная конференция МИС в нынешнем году ознаменовалась участием большого количества местных инженеров, исследователей и студентов, что стало основой ее успеха не только по количеству участников, но и по возможностям масштабного распространения информации.

Мероприятия проходили в г. Шанхае, Китайская Народная Республика, 25–30 июня 2017 г. Их организацией занималось Китайское общество сварщиков (CWS). Место проведения — Шанхайский международный конференц-центр.

Имея население более 24 млн человек, г. Шанхай считается «образцом» процветающей эко-

номики материкового Китая — подходящим местом для сбора международных экспертов по всем аспектам традиционных и инновационных технологий сварки.

Международный конкурс по сварке 2017 г. «Arc Cup», организованный совместно МИС, CWS и Китайской ассоциацией сварщиков, и проводившийся параллельно с ежегодной Ассамблеей МИС, способствовал укреплению связей с промышленностью, что отвечает основным принципам МИС. Презентации, связанные с «Arc Cup», были сделаны во время церемонии закрытия.

Технические визиты, организованные китайской стороной, также способствовали лучшему понима-

нию участниками значительных технологических достижений Китая. Среди визитов — Шанхайский университет Цзяотун, Коммерческая авиастроительная корпорация Китая, Маглевский поезд и Шанхайская компания по производству электротехнической силовой аппаратуры. При этом отраслевые специалисты очень гордились тем, что вносят свой вклад в такое грандиозное событие, налаживая новые знакомства и исследуя потенциальные возможности сотрудничества.

Плотный график рабочей недели включал Генеральную ассамблею МИС, церемонии открытия и закрытия, а также заседания директоров, включая Совет директоров, Технический совет (ТМВ) и Международный совет по авторизации (ИАВ) для обучения, квалификации и сертификации.

Заседания рабочих групп МИС проводились каждый день до начала Международной конференции. Также в программе были предусмотрены многочисленные социальные мероприятия, была организована мини-выставка.

Сотрудничество в области сварки и неразрушающего контроля

Члены МИС, собравшиеся на Генеральной ассамблее, также стали свидетелями исторического подписания Меморандума о взаимопонимании между МИС и Международным комитетом по неразрушающему контролю (ICNDT), представленного Саджиш Кумар Бабу. Меморандум о взаимопонимании обеспечит более тесное сотрудничество между двумя организациями, которые имеют общий интерес в отношении обеспечения качества сварного шва. В частности, это может в значительной степени способствовать работе Комиссии МИС по неразрушающему контролю и обеспечению качества сварных изделий.



Генеральная Ассамблея МИС

Ежегодное общее собрание МИС, известное как Генеральная ассамблея, было проведено в воскресенье 25 июня и в нем приняли участие представители 42 стран-членов МИС.

Были получены и ратифицированы доклады о деятельности МИС и его Секретариата, включая миграцию внутренних сообщений в главный офис к концу 2017 г., новый корпоративный веб-сайт и годовой отчет за 2016 г. Были представлены финансовые показатели, а также обсуждены и утверждены бюджет и членство, при этом достигнута договоренность о взносах на следующий год.



Проф. Гари Маркус, Президент МИС 2014-2017 гг. (справа) с г-ном Дугласом Лучиани, вновь избранным Президентом МИС, и д-ром Сесиль Майер, Исполнительным директором МИС



Были представлены презентации г-на Гари Маркуса (Финляндия) — Президента МИС, г-на Дугласа Лучиани (Канада) — казначея, г-на Чи Пэн Анг (Сингапур) — вице-президента, г-на Криса Смолбона (Австралия), проф. Томаса Бёллингхауса (Германия), г-на Сорин Келлер (Швейцария), г-на Эрнеста Леверта (США), г-на Джеймса Гилда (Южная Африка) — Председателя IAB и д-ра Лука Коста (Италия) — Председателя ТМВ, которые свидетельствовали о их важном вкладе в работу МИС в период полномочий.

Г-н Дуглас Лучиани был избран Президентом МИС на 2017–2020 гг., а д-р Лука Коста занял должность казначея, профессор Томас Бёллингхаус был избран вице-президентом.

Затем были утверждены три новые трехлетние должности в Совете директоров. В него вошли г-н Питер Кламо (Словакия), г-н Эдин Джарман (Индонезия) и д-р Михаил Карпенко (Новая Зеландия). Г-н Стефан Эгерланд (Австрия) был назначен председателем ТМВ, а г-н Кристиан Аренс (Германия) — председателем IAB, занимая должность в Совете директоров на период 2017–2020 гг.

На собрании были высказаны слова благодарности специалистам, работавшим в ТМВ, по завершению их полномочий: проф. Туба Карахан (Турция), д-ру Герхарду Пош (Австрия), проф. Фумиёси Минами (Япония), проф. Америко Скотти (Бразилия) и г-ну Стефану Эгерланду, который выбран на должность Председателя ТМВ.

Затем были представлены новые члены ТМВ: проф. Норман Чжоу (Канада), г-жа Тереза Мелфи (США), г-н Карл Петерс (США), проф. Зухейр Барсум (Швеция) и проф. Хе-Сон Чанг (Республика Корея).

Открытие

Церемония открытия была проведена в воскресенье вечером с участием Генерального секретаря Оргкомитета проф. Сяоянь Ли.

Сцена была установлена с китайским классическим танцем чернил под названием «Любовь, сварка и резка» — достойное начало официального вечера.

Приветствуя аудиторию, проф. Ли пригласил Президента МИС проф. Гари Маркуса (Финляндия) на сцену, чтобы сказать приветственную речь и официально открыть ежегодную Ассамблею. Проф. Цян Чен, председатель Организационного комитета и президент CWS, произнес приветственное сообщение от общества. Исполнительный директор МИС д-р Сесиль Майер также приняла участие в церемонии, проведя презентацию наград МИС 2017 г.

Прежде, чем перейти к презентации наград, д-р Майер пригласила на сцену г-на Криса Смолбона (Австралия), председателя Целевой группы МИС,

с презентацией книги по истории МИС за 1990–2015 гг. под названием «С любовью к людям, объединяя народы». Он изложил проект, спонсируемый рядом обществ-членов МИС, и пригласил проф. Исионг Ву, исполнительного председателя ежегодного организационного комитета Ассамблеи, и Президента МИС г-на Гари Маркуса, чтобы официально презентовать книгу. Электронная версия публикации будет доступна бесплатно во всем сообществе МИС.

Рабочие группы

Ежегодная Ассамблея является важнейшим форумом для личных встреч технических групп МИС, которые включают 17 комиссий (С), три комитета и две исследовательские комиссии. Последние изучают все аспекты технологий сварки в различных отраслях промышленности. Превосходная посещаемость комиссий международными экспертами, число которых составило 435 человек, была дополнена еще 380 китайскими представителями, преимущественно аспирантами из университетов Китая.

На заседаниях рабочих групп был принят ряд резолюций, которые затем были переданы Совету директоров и ТМВ. Они включали предложения по назначению новых председателей и заместителей председателей и созданию комиссией новых подгрупп.

Всего было рассмотрено 110 статей для опубликования в журнале «Welding in the World», а две рекомендации даны для публикации в качестве брошюр МИС от комиссии C-VIII «Здоровье, безопасность и окружающая среда». Одно из этих предложений включало издание брошюры по компиляции всех наиболее важных руководств из практики МИС, широко используемых в промышленности.

МИС является органом стандартизации, одобренным Международной организацией по стандартизации (ISO) для разработки стандартов в области сварки и родственных процессов. В настоящее время девять рабочих групп разрабатывают 50 проектов в области международной стандартизации в сотрудничестве со стандартизацией рабочей группы МИС (WG-STAND) и Координационным комитетом ISO.

WG-STAND поощряет создание подгрупп, посвященных конкретным проектам стандартизации, объединяя технических экспертов и специалистов, имеющих опыт стандартизации на национальном и международном уровнях, для содействия глобальному согласованию стандартов в интересах промышленности.

Совместные проекты

При активном проведении исследований в области развития технологий в различных направлениях специализации многие рабочие группы объединяются в своей деятельности. На Ассамблее они проводили совместные заседания, чтобы оптимизировать доступ к широкому спектру знаний и объединять новые идеи в совпадающих темах и текущих вопросах.

Недавно образованная комиссия С-VII «Микро- и наносоединения» под председательством д-ра Нормана Чжоу (Канада) провела совместное совещание с комиссией С-XVII, в которой основное внимание уделяется пайке и диффузионному соединению. Д-р Уоррен Мильетти, председатель комиссии С-XVII, отметил, что «цель совместного совещания заключается в поощрении обмена научной и технической информацией, которая является основной целью МИС, а также предусматривает передачу знаний, связанных с нанотехнологиями». Поскольку микро- и наносоединение часто связано с использованием технологий пайки, а сами припои часто содержат нанопроволоки, нанокристаллы и нановолокна, сотрудничество между двумя комиссиями очень актуально. Нанотехнологии быстро развиваются, и председатели обеих групп согласны с тем, что первая встреча была очень успешной с 11 презентациями и более 69 участниками.

Комиссия С-I «Аддитивное производство. Поверхностная обработка и резка» и комиссия С-V «Неразрушающий контроль и обеспечение качества сварных изделий» провели совместное заседание под названием «Производство присадок и неразрушающий контроль: некоторые вызовы и возможности» для поддержки стратегического направления МИС. На этом семинаре была представлена серия презентаций, призванных стимулировать обсуждение вопросов обеспечения качества компонентов, изготовленных на заказ, с целью дальнейшего сотрудничества в будущем. Результатом этой сессии было определение областей сотрудничества и переход д-ра Анны Парадовской (Австралия) из С-V в С-I, чтобы поддерживать связь с С-I в этой важной области. Было также обсуждено, что С-I и С-V попытаются организовать совместное заседание в 2018 г. с другими заинтересованными комиссиями по механике разрушения узлов и деталей, чтобы помочь установить требования к неразрушающему контролю для особо ответственных элементов конструкций.

Комиссия С-XII «Процессы дуговой сварки и производственные системы» также провела совместную встречу с комиссиями С-I по вопросам присадок, наплавки и термической резки, С-IV «Лучевые процессы» и SG-212 «Теория сварочных про-

цессов». Совместное совещание предоставило возможность обмена идеями нескольких рабочих групп для содействия пониманию и развитию гибридных технологий. В течение дня было сделано 27 международных презентаций; около половины были непосредственно связаны с лазерными и дуговыми процессами, в то время как остальные предоставили дополнительную информацию о диагностике процесса, мониторинге, численном моделировании. Презентации были сделаны на высоком уровне, и несколько из них были рекомендованы для публикации в журнале «Welding in the World».

Проф. Джон Норриш (Австралия), заместитель Председателя комиссии С-XII, отметил, что «эта форма совместного заседания обеспечивает важный мост между работами отдельных рабочих групп в рамках насыщенной программы ежегодной Ассамблеи».

Гибридное соединение металлов и полимеров было предметом общего интереса на совместном совещании по технологии соединения и адгезии полимерных материалов комиссии С-XVI и сварке в твердой фазе комиссии С-III. В основном в автомобильной и авиационной промышленности легкие конструкции определяют применение комбинаций из армированных волокнами пластмасс и металла. На совместном совещании между комиссиями, ориентированными на полимер и металлы, присутствовало около 60 человек. Было заслушано шесть важных научных работ, посвященных процессам сварки трением и клеевой технологии.

Было также проведено совместное совещание относительно структурных исполнений комиссий С-X «Сварные соединения», С-XIII «Усталость сварных компонентов и конструкций» и С-XV «Проектирование, анализ и изготовление сварных конструкций» для обмена последними достижениями в области структурной целостности конструкций, которые влияют на инфраструктуру и строительство в мире.

Международная конференция

«Зеленые» технологии сварки для эффективного и надежного производства были темой Международной конференции, проходившей 29–30 июня, в которой приняли участие около 300 человек. После вступительного слова проф. д-ра Жилинг Тиан, Председателя Комитета Международной конференции, и приветствия Президента МИС г-на Гари Маркуса была представлена традиционная вступительная лекция, посвященная памяти Портевена проф., д-ром Цяо Гуанем из Научно-исследовательского института авиационных технологий в Пекине (BAMTRI China). Тема лекции «Аддитивное производство на основе сварочных технологий».

За два дня конференции было сделано 260 презентаций в шести параллельных сессиях, на которых было представлено 60 плакатов. Около 50 докладов были представлены международными экспертами, включая основные доклады и доклады приглашенных лекторов. Большинство из 200 китайских докладчиков были из университетов или исследовательских институтов, они продемонстрировали высокий уровень активности в исследованиях сварки в Китае.

Круг охваченных тем был очень широким, но в основном доклады были посвящены темам повышения качества, эффективности и производительности, что в конечном итоге важно для промышленности. Особый интерес представляли доклады по автоматизации сварки, аддитивным технологиям, которые составляли почти половину докладов.

Международный форум по «зеленым» технологиям

23–24 июня в Пекине состоялся Международный форум «Зеленые» технологии и материалы в открытой экономике».

Спонсором форума выступил Фонд естественных наук в Пекине, организатором — Пекинский технологический университет. Форум был проведен в качестве предварительного семинара комиссии МИС С-VIII «Здоровье, безопасность и окружающая среда». На форуме были представлены четыре темы: «новые «зеленые» сварочные материалы», «здоровье и безопасность при сварке и родственных процессах», «передовые технологии сварки» и «передовые технологии переработки».

В форуме приняли участие 80 экспертов, исследователей и студентов из восьми стран, 19 известных экспертов, включая членов комиссии С-VIII. Делегаты представляли металлургическую, нефтяную и сварочную промышленность, а также машиностроение и смежные отрасли. Цель форума — создать открытую атмосферу для обмена и обсуждения последних достижений и тенденций развития экологически чистых материалов и технологий обработки в современной открытой экономике.

Другие заседания

Заседания Международного совета авторизации МИС (IAB), IAB-группы А (Образование, подготовка и квалификация) и В (Внедрение, авторизация и сертификация), а также Общее собрание проходили в ходе Недели ежегодной Ассамблеи. Представителем Азиатского, Африканского и Австралазийского регионов в Совете IAB стал г-н Шон Блейк (Южная Африка). Были утверждены два новых уполномоченных национальных органа (УНО): Институт сварки Малайзии и Технологический центр HWC-German Technology (Вьетнам). Продолжалась работа по разработке бизнес-модели для гармонизированных практических экзаменов персонала в области инспекции, а также маркетингового плана поддержки членов IAB в продвижении систем аттестации и сертификации МИС.

Во время общего собрания IAB был проведен семинар по оценке соответствия требованиям для органов, сертифицирующих продукты, процессы и услуги, а также о преимуществах и недостатках аккредитации. Технический совет (ТМБ) контролирует деятельность технических рабочих групп и редколлегии журнала МИС «Welding in the World». Г-н Стефан Эгерланд, председатель ТМБ, отметил, что «в этом году миссия ТМБ была поддержана Целевой группой «PIW 2020», в которой основное внимание уделялось упрощению и уточнению существующей структуры путем пересмотра каждой рабочей единицы и их статуса».

Совет директоров дважды встречался в течение недели для дальнейшего стратегического планирования. Кроме того, состоялись заседания Рабочей и Целевой групп, созданных Советом.

Рабочая группа по региональной деятельности и взаимодействию с развивающимися странами (РГ-РА) рассмотрели различные цели в рамках своего бизнес-плана и рассмотрели такие проекты, как оказание странам помощи в создании Национальной системы сварки.

Основное внимание в Рабочей группе по коммуникациям и маркетингу уделялось текущим проектам, таким как серия корпоративных брошюр,



В Рабочей группе по региональной деятельности приняли участие более 50 делегатов со всего мира



Молодые специалисты – участники МИС

электронная версия серии микрофотографий МИС и предлагаемый корпоративный веб-сайт, а также журналу «Welding in the World».

Руководство Рабочей группы также собралось для того, чтобы расширить свои различные проекты, постоянно повышать подотчетность и прозрачность различных директивных органов, составляющих МИС. В связи с выходом на пенсию г-на Криса Смолбоуна (Австралия), на пост Председателя этой важной группы был назначен уходящий в отставку с поста Президента МИС проф. Гари Маркус (Финляндия).

Работа молодых профессионалов

МИС признает важность привлечения и расширения возможностей молодых специалистов, будущих лидеров в области сварочной науки и промышленности, в деятельность Института.

Молодые лидеры целевой группы Совета директоров (TG-YL) регулярно встречаются и работают с председателями технических рабочих групп для обратной связи, оценки, наставничества и карьерного роста этого будущего поколения.

Председательство в TG-YL перешло в этом году от г-на Чи Пэн Анг (Сингапур) к Эрнесту Леверту (США) во время Шанхайских встреч.

Во время Шанхайской ежегодной ассамблеи были организованы два мероприятия для молодых специалистов. Заседания открывал Президент МИС проф. Гари Маркус. Он представил молодых лидеров МИС и призвал участников мероприятия налаживать сотрудничество в области исследований и производства.

Второе мероприятие во вторник включало презентации ряда молодых людей по темам их участия в крупных проектах в Китае. Обратная связь TG-YL с Шанхайской ассамблеей была очень позитивной, и МИС продолжит поощрять участие молодых специалистов и поддерживать программы и мероприятия, ориентированные на карьеру. Примером может быть 7-й коллоквиум по исследованиям и сотрудничеству, проведенный в TWI в Великобритании в сентябре этого года.

Награды

Награды за многолетнюю работу в МИС

Шанхайская ежегодная ассамблея предоставила возможность публично поблагодарить многих людей, которые добровольно отдают свое время и знания, чтобы продолжить работу института не только в технических областях, но и в областях образования, обучения, квалификации и сертификации, проведения и участия в региональных мероприятиях и внедрения услуг МИС по всему миру.

В этом году особое признание было уделено трем людям, которые завершили свои полномочия на этой ежегодной Ассамблее: проф. *Вели Куджаня* (Финляндия. Комиссия С-I «Аддитивное производство, наплавка и термическая резка») (2008–2017 гг.); проф. *Норману Чжоу* (США, «SC-исследования в области технологий микро- и нанобработки») (2011–2017 гг.) и проф. д-р. *Майклу Ретмайеру* (Германия, Избирательный комитет автомобильного транспорта) (2008–2017 гг.).

Награды были вручены также тем, кто посещал ежегодные собрания МИС более 10, 20, 30 и 40 лет. Г-ну *Пентти Копилов* (Финляндия) вручили награду за 30 лет работы в комиссии С-V «Не разрушающий контроль и обеспечение качества сварных изделий».

Три человека получили сертификаты за работу в течение 20 лет: проф. *Уве Эверт* (Германия), проф. *Фумиёси Минами* (Япония) и проф. *Дитрих Рехфельдт* (Германия).

Кроме того, проф. *Цухейр Барсум* (Швеция), г-н *Норман Купер* (Великобритания), г-н *Джиан Луиджи Коссо* (Италия), *Крис Иди* (Великобритания), *Стефано Морра* (Италия) и проф. д-р *Жилин Тянь* (Китай) получили награды, признающие их вклад в течение более 10 лет.

За существенный вклад в работу МИС

«Друг МИС». Эта награда вручается людям, которые внесли значительный вклад в науку и технологию сварки, а также способствовали и под-

держивали профессиональный уровень работы в этой области.

Д-р Лука Коста, председатель ТМВ, представил сертификаты трем новым стипендиатам МИС.

Среди них: проф. *Д-р Цяо Гуань* (Китай). Профессор Гуань является старшим научным сотрудником в BAMTRI China. В 1994 г. он был избран членом Китайской инженерной академии в знак признания его вклада в развитие науки, техники и инженерных приложений. Он работал в качестве президента CWS в 1990–1995 гг. и был вице-президентом МИС в 1992–1995 гг. В течение многих лет Гуань изучает передовые технологии сварки и сварные конструкции для аэрокосмической промышленности, решая многие критические проблемы с деформациями при сварке. Он сыграл важную роль в создании в 1993 г. Национальной ключевой лаборатории науки и техники по энергетическим пучкам в BAMTRI, а также Центра сварки трением в Китае в 2002 г. Получив стипендию Королевского общества Великобритании в 1987 г., Гуань также получил Приз Арата в 1999 г., медаль TWI Brooker в 2005 г. и в 2010 г. Государственную медаль Украины за заслуги и достижения.

Проф. *Сак-Джу На* (Республика Корея). Почетный профессор факультета машиностроения KAIST, был президентом Корейского общества сварки в 2007–2008 гг. президентом Азиатской федерации сварки в 2013 г. Он стал членом Американского общества сварки в 2005 г., в 2008 г. был назначен членом Корейской академии наук и технологий. Он работал в ТМВ в 2010–2012 гг. Международное признание его работы включает престижную премию Чарльза Х. Дженнингса от AWS, премию за успешное совместное исследование от LG Group, Приз Арата. Недавно Сак-Джу На получил премию им. Гумбольдта от фонда Александра фон Гумбольдта в Германии. Он опубликовал более 500 работ, в том числе 166 оригинальных работ в международных научных журналах, его регулярно приглашают в качестве пленарного докладчика.

Проф. *Вели Куяння* (Финляндия). Поскольку профессор Куяння не смог присутствовать, г-н Жуко Лассила, глава Финского общества сварщиков, принял награду от его имени. Проф. Куяння является членом команды Advanced Manufacturing Technologies в Центре развития технологий VTT в Лаппеенранте, Финляндия. Он получил степень доктора технических наук в 1984 г. в Университете Оулу, был профессором лазерной технологии в Лаппеенрантском технологическом университете в Финляндии в период с 1998 по 2011 гг. У него 40-летний опыт сварки, 32 из которых сосредоточены на лазерной обработке. В последние годы он также работал над аддитивными технологиями производства. Он

возглавляет группу лазерного форума Финского общества сварщиков и является членом Совета Европейского лазерного института. В настоящее время он является председателем комиссии C-I «Аддитивное производство. Обработка поверхности и термическая резка», делегатом в комиссии C-IV «Лучевые процессы». В 1984 г. он получил премию AWS McKay-Helm за статью, опубликованную в «Welding Journal».

За региональную деятельность

Премия за региональную деятельность МИС присуждается выдающемуся лицу, которое внесло значительный вклад в улучшение глобального качества жизни за счет оптимального использования и инноваций в области сварки и соединения технологий в их регионе или на международном уровне.

Награда спонсируется Институтом сварочных технологий Австралии и была представлена проф. Джоном Норришем, главой Австралийской делегации.

Награда вручена г-ну *Паримал Бисвас* (Индия). Он почетный Генеральный секретарь Индийского института сварки с 2003 г. Г-н Паримал Бисвас внес значительный вклад в течение 30 лет в успешный рост своего института и содействие программам обучения для всех уровней сварочного персонала. Он стал лауреатом премии «Лучшая ассоциация лидерства» в 2015 г. на Конгрессе в Индии. Инженер-механик из Калькуттского университета, Бисвас неустанно защищал преимущества сотрудничества с МИС в Индии и ее регионах. К ним относятся создание в 2007 г. АНК IIV-India и УНО для сертификации компании в 2012 г., проведение региональных мероприятий МИС, участие представителей Индии в мероприятиях МИС за пределами Индии и продвижение инициативы «Сварка для строительства нации» в Индии. Бисвас продолжает принимать участие во многих рабочих группах МИС, включая IAB, рабочие группы A и B IAB, комиссию C-XIV и WG-RA.

За выдающиеся достижения в области сварки

Награда Арата. Наградой Йошиаки Арата (спонсор — делегация Японии) отмечают учебного, чьи исследования в области сварочных технологий внесли значительный вклад в промышленность. Проф. Шуджи Айхара, президент Японского института сварки, вручил награду проф. *Синдо Коу* (США). Профессор Синдо Коу закончил аспирантуру по материаловедению и технике в Массачусетском технологическом институте в 1978 г. После работы в General Motors и Университете Карнеги-Меллона он поступил в Департамент материаловедения и инженерии в Университете Висконсина-Мэдисон в 1983 г., стал

профессором в 1985 г. и заведовал кафедрой в 2000–2004 гг.

Помимо преподавания металлургии сварки и технологий соединения материалов и обработки материалов, он издал учебник «Сварка, металлургия и материалы для транспортной отрасли». Его исследовательские достижения были сосредоточены на понимании и контроле над явлениями образования трещин, сегрегации и переноса металла в процессе кристаллизации при сварке, литье и выращивании кристаллов. Коу получил многочисленные награды от Американского общества сварщиков, включая премию за почетное членство в 2016 г., премию за лекции «Комфорт А. Адамс» в 2012 г., «научный сотрудник» в 2002 г., золотую медаль Джеймса Линкольна в 2016 г. и награду Уильяма Спраггена в 2016 г. и 2007 г.

Награда Халил Калья Гедика. Этой наградой отмечают ученого или инженера, внесшего выдающийся вклад в развитие сварочной науки и техники в одной из трех категорий. Награда спонсируется турецкой делегацией и представлена г-жой Хулией Гедик-Садиклар, председателем правления холдинга Gedik, а также президентом Фонда образования и социальных пособий GEV-Gedik. Она была вручена г-же *Терезе Мелфи* (США). Тереза Мелфи — инженер, исследователь и наставник. Будучи техническим специалистом компании Lincoln Electric, она поддерживает глобальное сварочное сообщество посредством участия в работе органов по стандартизации, совместных отраслевых и академических проектах, экспертной оценке и технических семинарах. Она имеет многочисленные патенты, касающиеся сварки, свариваемых сплавов, шлаковых систем, сварочных процедур, методов испытаний. Тереза является членом ASME BPV Section IX и Section III, а также техническим консультантом США (группа ISO) по сварочным материалам и требованиям к сварке. Она является председателем комиссии C-XI «Сварка сосудов под давлением, котлов и трубопроводов», комитета AWS A5 по присадочным материалам и нескольких его подкомитетов.

Награда за лучшую статью в журнале «Welding in the World» в 2016 г.

Эту награду вручают за лучшую промышленную, исследовательскую или академическую работу, опубликованную в журнале МИС «Welding in the World» за предыдущий год. Премия была вручена проф. Томасом Бёллингхаусом, одним из трех редакторов журнала, проф. *Хайди Крамеру*, директору филиала GSI SLV Munich. Он получил награду от имени авторов, д-ра Доминика Тьерри, д-ра Флавиен Вуко, д-ра Джеральда Лукендера, г-на Бастиана Вебера, г-на Лоуренса Досдата, г-на Томаса Бшорра и д-ра Инг. Клеменс Ротер за

публикацию «Работа в условиях усталости для точечных сварных соединений на воздухе и в коррозионных средах Часть I. Материалы, образцы и результаты испытаний на воздухе».

Главный автор, доктор Доминик Тьерри (Франция), получил степень доктора философии в области коррозии в Университете Пьера и Мари Кюри в Париже в 1988 г. С 1993 г. он является доцентом Королевского технологического института в Стокгольме, Швеция. Он является автором более 200 научных статей в рецензируемых журналах и нескольких глав книг. Он работает в течение нескольких лет в качестве технического директора Шведского института коррозии в Стокгольме. Тьерри является исполнительным директором Французского института коррозии в Бресте, Франция, где координирует около 45 сотрудников в различных областях защиты от коррозии.

Награда Евгения Патона. Спонсируется Национальным обществом сварки Украины и ИЭС им. Е. О. Патона, присуждается человеку, внесшему значительный вклад в науку и технику благодаря пожизненной приверженности «Прикладным исследованиям и разработкам в области передовых технологий, материалов и оборудования для сварки и родственных процессов».

Премия была вручена доктором Владимиром Коржиком, представляющим Институт электро-сварки им. Е. О. Патона, проф. *Йошинори Хирата* (Япония). Окончив факультет сварочной техники Университета Осаки в 1974 г. Йошинори Хирата сосредоточил свое внимание на исследованиях и образовании в области теории сварочных процессов — одной из фундаментальных дисциплин в области науки и техники сварки и родственных процессов. Его новаторские исследования в области дуговой плазмы, переноса металла и явлений, происходящих в сварном шве, значительно повлияли на развитие практических процессов дуговой сварки. Хирата внес заметный вклад в деятельность МИС в качестве председателя группы SG-212 «Теория сварочных процессов» 2006–2011 гг., в качестве члена ТМВ в 2008–2011 гг. и в качестве члена Совета директоров в 2013–2015 гг. Является председателем комиссии C-XII «Процессы дуговой сварки и производственные системы» с 2011 г.

Награда Анри Граньона. Награда вручается Институтом сварки Франции молодым специалистам по сварке за выдающиеся исследовательские работы в области сварки и смежных технологий. Д-р Прабу Манохаран, представляющий Французский институт сварки, в этом году вручил призы в двух категориях.

Д-ру *Тайлер Борхерс* (США) в категории В — «Поведение материалов и свариваемость» была вручена награда за статью «Усиленная коррозион-



Вручение награды Евгения Патона

ная коррозия в дуговых сварных швах из высокопрочных алюминиевых сплавов».

Д-р Тайлер Борхерс занимался сваркой в Университете штата Огайо, где он получил степень бакалавра в области сварки. Он работал в Абердинском испытательном центре армии США, где усовершенствовал свои навыки в дизайне сварки. Затем, в General Electric-Energy, он работал с наземными газотурбинными двигателями. Потом он перешел в Эдисонский институт сварки, где получил ценный опыт в области моделирования.

Одновременно Борхерс продолжал свое образование в Университете штата Огайо, получив степень магистра и доктора в области сварки, где его исследования сосредоточились на алюминии серии 7xxx и множестве связанных с ними проблем свариваемости. Он перешел на работу в Alcoa в качестве старшего инженера по сварке. Вскоре после этого Alcoa разделилась на две отдельные компании. Он остался с недавно созданной компанией Arconic, где в настоящее время является старшим инженером по сварке, продолжающим проводить исследования в области сварки цветных сплавов.



Победители конкурса «Международный кубок по дуговой сварке» с д-ром Чженьинг Лиу (справа) и проф. Гари Маркусом (слева)



Президент МИС Гари Маркус (справа) вручает памятную картину от проф. Исионг Ву, секретаря оргкомитета ежегодной конференции

Д-ру *Еве Миккола* (Финляндия) в категории С «Дизайн и структурная целостность» награда была вручена за статью «Допустимые напряжения при высокочастотном механическом воздействии (HFMI)».



Вновь избранный Президент МИС Дуглас Лучиани (Канада, справа) принимает поздравление от проф. Гари Маркуса

Д-р *Ева Миккола* окончила Университет Аалто в 2011 г. в качестве магистра в области технологии в машиностроении. Затем она продолжила учебу в аспирантуре и получила степень доктора технических наук в области приклад-



Благодарим Китай и увидимся на Бали, 15-20 июля 2018 г. в Индонезии



Лауреаты премии МИС 2017 г., слева направо: проф. Йошинори Хирата (Япония), г-н Паримал Бисвас (Индия), проф. Сак-Джу На (Республика Корея), проф. Хайди Крамер (вместо Доминика Тьерри (Франция), проф. Синдо Коу (США), г-н Матиас Лундин (Швеция), проф. Цяо Гуань (Китай), г-жа Тереза Мелфи (США), д-р Ева Миккола (Финляндия), д-р Тайлер Борхерс (США)

ной механики в 2016 г. Ее докторская диссертация «Исследование ограничений эффективности высокочастотного механического воздействия» посвящена послесварочной обработке для снятия остаточных напряжений. В ходе исследования были изучены возможности улучшения усталости в сварных и обработанных HFMI стальных соединениях в условиях эксплуатации. Работа показала, что обработка HFMI может быть полезной даже при высоких пиковых напряжениях, близких к пределу текучести материала. На основе этих результатов было предложено увеличение допустимых пределов напряжения для усталостной конструкции. В настоящее время она работает научным сотрудником Технического исследовательского центра VTT в Финляндии.

Медаль Томаса. Медалью Томаса (спонсор — Американское общество сварщиков) отмечают человека, который принимал участие в разработке международных стандартов МИС/ISO и внедрял глобальные достижения в стандартизацию технологий сварки. Г-н Джон Брей, Президент AWS, вручил премии г-ну *Матиас Лундин* (Швеция). Г-н Матиас Лундин, международный инженер по сварке, является главным исполнительным директором шведской комиссии по сварке с 2007 г. и председателем правления издательства Svetsen Förlags AB с 2015 г. Его области интересов включают стандартизацию в области сварки и смежных процессов, координацию сварки, обеспечение качества, квалификацию персонала, проектирование сварных конструкций, охрану здоровья и безопасность, а также образование в области сварки, обработку материалов и проектирование. С середины 1990-х гг. Лундин активно участвовал в деятельности по стандартизации сварки в МИС. Он работал в качестве Председателя рабочей группы по стандартизации с 2012 г. и в качестве заместителя председателя Комитета по управлению каче-

ством в области сварки и родственных процессов с 2010 г. В течение более 15 лет Лундин является шведским делегатом по терминологии в комиссии C-VI. Ранее он выполнял обязанности секретаря как технических комитетов ISO, так и CEN по сварке и родственным процессам, ISO/TC 44/SC 3 и CEN/TC 121/WG 3 Сварочные материалы.

Официальное закрытие

Официальное закрытие ежегодной Ассамблеи состоялось в среду вечером. Организаторам пришлось столкнуться с незначительной проблемой по организации питания почти 1500 человек одновременно.

Приветственное слово произнес проф. Цян Чен, председатель оргкомитета и президент CWS, а затем выступил проф. Джилуан Пану, основатель сварочного производства в Китае, который обучил и инструктировал многих профессионалов в Университете Цинхуа.

Президент МИС проф. Гари Маркус выступил перед закрытием ежегодной Ассамблеи, поблагодарив всех участников, организаторов и сотрудников конференц-центра за отличную работу. МИС и CWS официально передали правление новому Президенту МИС на 2017–2020 г-ну Дугласу Лучиани.

Особое внимание было уделено успеху Международного конкурса сварщиков 2017 г. «Arc Cup», который проводился параллельно с ежегодной Ассамблеей МИС. Пятый международный конкурс по сварке был разделен на шесть секций: ручная дуговая сварка, сварка MIG/MAG, сварка TIG, газокислородная сварка, сварка конструкций. Два победителя конкурса, г-н Асылбек Чонекбаев из Казахстана и г-н Моу Шичао из Китая вышли на сцену и их поздравили с отличной работой.

Как и традиционно, церемониальное вручение флага организаторам ежегодной Ассамблеи и Международной конференции в следующем году ознаменовало закрытие событий в Шанхае.

Материал подготовлен кандидатами техн. наук
В. Е. Пономаревым и Е. П. Чертко

СОВРЕМЕННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ СВАРКИ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ И ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ

В. Н. ШЛЕПАКОВ, А. С. КОТЕЛЬЧУК, Ю. А. ГАВРИЛЮК

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Рассмотрены особенности применения порошковых проволок для сварки металлоконструкций из низколегированных сталей повышенной и высокой прочности. Предложены пути решения существующих проблем в этой области. Описаны разработки порошковых проволок для этих целей, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона в последние годы. Представлены направления повышения качества и эффективности сварки порошковой проволокой с использованием современного оборудования. Библиогр. 15, табл. 2, рис. 3.

Ключевые слова: электродуговая сварка, порошковая проволока, низколегированные стали высокой прочности, погонная энергия сварки, производительность плавления проволоки, автоматизация и управление процессом сварки

В мировой практике среди методов механизированной или автоматизированной электродуговой сварки плавлением наиболее распространенными является сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой. Выбор рациональной технологии изготовления сварных конструкций включает учет таких факторов, как подготовка соединений под сварку, квалификацию производственного персонала, определение ведущего сварочного процесса, оборудования для его осуществления и типа сварочного материала, отвечающего требованиям международных, национальных и отраслевых стандартов. Номенклатура сварочных материалов и оборудования в последние годы существенно обновилась, что позволяет повысить уровень технологии сварки как с качественной, так и с экономической точек зрения.

В последнее десятилетие расширилось применение в производстве конструкционных сталей с повышенными эксплуатационными свойствами. Это предопределило необходимость разработки сварочных материалов нового поколения для сварки несущих конструкций с соответствующим повышением прочности и вязкопластических свойств, а также совершенствования технологических процессов изготовления и применения проволок для газозлектрической сварки [1–4].

Высокопрочные низколегированные стали с пределом текучести свыше 550 МПа, как правило, относятся по микроструктуре к ферритно-бейнитно-мартенситному или бейнитно-мартенситному классу с высокой чувствительностью к перегреву при сварке. Учитывая особенности применения сварочных порошковых проволок, требуется огра-

ничение тепловложения (погонной энергии) в свариваемое соединение. В зависимости от толщины свариваемого металла оно может составлять от 1,0 до 3,0 кДж/мм. Необходимость выполнения и температура предварительного подогрева соединения зависит от жесткости конструкции, состава и класса прочности стали, ожидаемого содержания диффузионного водорода в металле шва. Из условий необходимости строгого контроля тепловложения при сварке высокопрочных сталей рекомендуется применять проволоки сплошного сечения диаметром 0,8...1,2 мм, порошковые проволоки 1,0...1,4 мм в сочетании с защитным газом сниженной окислительной способности (смеси на основе аргона $Ar + CO_2$) [5].

При сварке низколегированных сталей повышенной и высокой прочности расширилось применение порошковых проволок, имеющих высокую производительность плавления, технологическую пригодность к автоматизированным процессам с контролируемым тепловложением, обеспечивающим низкое содержание диффузионного водорода в металле шва для предупреждения образования холодных трещин, что потребовало существенного совершенствования технологий их производства.

Порошковые проволоки нового поколения для газозлектрической сварки. В последнее десятилетие Институт электросварки им. Е. О. Патона совместно с Государственным предприятием «Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона» провел комплекс работ по совершенствованию технологии и качества изготовления порошковой проволоки, позволивший существенно улучшить качество и характеристики

применяемости проволок в производственных условиях. Усовершенствования коснулись всех стадий технологического процесса изготовления. В числе основных следует отметить введение контролируемого расчета состава порошкового наполнителя по реальному составу сырьевых материалов с использованием специального программного обеспечения, постоянный контроль влажности шихт на всех стадиях изготовления, совершенствование процессов формовки и заполнения профиля порошком и редуцирования заготовки проволоки до готового размера с использованием двухстадийной технологии волочения. Введение в технологию изготовления указанных мероприятий позволило повысить точность заполнения и равномерность распределения наполнителя проволоки по всей ее длине, повысить характеристику подаваемости проволоки по трактам подающих механизмов сварочных полуавтоматов и автоматов, обеспечить надежность контакта проволоки с наконечником мундштука и точность подачи проволоки в зону плавления к месту сварки.

Повышение прочности (жесткости) оболочки проволоки за счет деформационного упрочнения при двухстадийном процессе волочения нивелируется использованием в качестве смазки кальциево-натриевых стеаратов и паст на стадии калибровки (которые позволяют получать тонкую электропроводящую защитную пленку на поверхности проволоки).

Реализована намотка проволоки на каркасные шпули или пластиковые катушки типов К300 и BS300 виток к витку и упаковкой в пленку или фольгу для предупреждения увлажнения сердечника проволоки в процессе хранения в соответствии с международными стандартами [6, 7]. Базовый диаметр порошковых проволок для сварки сталей повышенной и высокой прочности 1,2 мм.

Порошковые проволоки нового поколения малого диаметра разработаны с целью эффективного использования порошкового сердечника для повышения уровня их сварочно-технологических характеристик и производительности процесса при полуавтоматической и автоматической сварке. Наличие порошкового сердечника позволяет повысить плотность сварочного тока, что выражается в повышении скорости плавления, переходе на струйно-капельный и струйный перенос электродного металла, и позволяет обеспечить высокую стабильность технологического качества сварных швов.

Порошковая проволока с металлопорошковым типом сердечника марки ПП-АН61М для сварки сталей обычной и повышенной прочности выпускается в соответствии с классификацией по стандарту ДСТУ ISO 17632 [8]. Сварка выполняется с использованием защитной среды углекислого газа или смеси аргона с углекислым газом.

Порошковые проволоки, предназначенные для сварки конструкций из низколегированных высокопрочных сталей, включая термоупрочненные, с рутиловым и металлопорошковым типом сердечника, классифицируются по стандарту ДСТУ ISO 18276 [9]. Они обеспечивают высокие показатели прочности, пластичности и ударной вязкости свариваемых соединений при использовании защитной газовой смеси на основе аргона и углекислого газа. Области применения включают судостроительные конструкции, конструкции морских буровых платформ, конструкции тяжелого и транспортного машиностроения, изготавливаемые из сталей толщиной от 4 до 60 мм. Большая эффективность применения достигается при использовании источников питания и подающих механизмов с автоматическим управлением и обратной связью, которые позволяют оптимизировать параметры режима сварки, статические и динамические характеристики горения дуги. Высокая однородность сварных швов, глубокое и равномерное проплавление, минимальные потери электродного металла в сочетании с высокой производительностью плавления свидетельствуют о предпочтительности использования проволок такого типа для скоростной и автоматической сварки.

Порошковая проволока ПП-АН75 с рутиловым типом сердечника отличается высокими оперативными характеристиками при сварке в различных пространственных положениях. При использовании защитной газовой среды на основе смеси аргона с углекислым газом (M21 по стандарту ISO 14175 [5]), обеспечивает достижение струйного переноса электродного металла. Проволока предназначена для широкого применения при сварке соединений из низколегированных сталей повышенной прочности с временным сопротивлением разрыву до 590 МПа при толщине свариваемого металла более 4 мм. Равномерная форма и гладкая поверхность швов, минимальное разбрызгивание, легкая отделимость шлака и высокая производительность позволяют рекомендовать проволоку для сварки широкого круга металлоконструкций различного назначения.

Порошковая проволока ПП-АН76 с металлическим типом сердечника предназначена для полуавтоматической сварки низкоуглеродистых низколегированных высокопрочных сталей, в том числе термоупрочненных. При этом обеспечивается высокая стойкость к образованию трещин и высокие показатели ударной вязкости при низких температурах. Для проволоки характерен устойчивый струйный перенос электродного металла. На поверхности шва образуются отдельные пятна шлака небольшой толщины, которые легко удаляются. При многослойной сварке поверхности швов не нуждаются в зачистке. Проволока рекомендуется

Таблица 1. Химический состав металла, наплавленного порошковыми проволоками различных типов*, мас. %

Марка и тип порошковой проволоки	C	Mn	Si	Ni	Mo	Zr
ПП-АН61М тип ISO 17632-A-T 50 2 1Ni М М 2 Н5	0,05...0,08	1,2...1,4	0,3...0,5	1,0...1,2	—	—
ПП-АН75 тип ISO 18276-A-T 62 2 Mn2.5NiMo Р М 2 Н5	0,05...0,09	1,4...1,6	0,3...0,6	2,4...2,7	0,10...0,15	0,007...0,010
ПП-АН76 тип ISO 18276-B-T 76 4 T1 1 М А N4C1M2 Н5	0,04...0,07	1,7...1,9	0,4...0,6	2,2...2,6	0,10...0,20	0,005...0,007

* S и P не более 0,02 мас. %

Таблица 2. Механические свойства металла сварного шва и сварного соединения, выполненного порошковыми проволоками различных типов в смеси защитных газов на основе Ar M21

Марка и тип порошковой проволоки	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Работа удара KV, Дж, при температуре испытания, °C	
				-30	-40
ПП-АН61М тип ISO 17632-A-T 50 2 1Ni М М 2 Н5	500...520	560...710	22...26	50...55*	52...60
ПП-АН75 тип ISO 18276-A-T 62 3 Mn2.5NiMo Р М 2 Н5	590...620	650...760	21...24	—	51...56
ПП-АН76 тип ISO 18276-B-T 76 4 T1 1 М А N4C1M2 Н5	680...700	760...920	18...20	54...65	48...55

* При сварке в CO₂.

для сварки металлоконструкций, в том числе эксплуатируемых при низких температурах, в судостроении, а также при сооружении буровых платформ.

В табл. 1 и 2 приведены сведения соответственно о химическом составе наплавленного металла и показателях механических свойств металла шва и сварного соединения, выполненных порошковыми проволоками для сварки сталей повышенной и высокой прочности. При соблюдении правил хранения и применения порошковые проволоки обеспечивают содержание водорода в металле шва менее 5 мл/100 г согласно стандарту ANSI/AWS 4.3 [10].

Классификация порошковых проволок по механическим свойствам металла шва и сварного соединения во всех национальных стандартах подобна. Международные стандарты ISO 17632 [8] и ISO 18276 [9] предусматривают классификацию по гарантированным величинам границы текучести и минимальной температуре, при которой гарантируется величина работы удара на образцах с надрезом по Шарпи. Показатели прочности и ударной вязкости между собой жестко не связаны. Это позволяет классифицировать практически любые новые разработки по этим признакам. При этом во всех стандартах показатели механических свойств определяются на образцах из наплавленного металла шва (all weld metal). В табл. 1 и 2 приведены технические характеристики новых порошковых проволок, классифицированных в соответствии с требованиями международных стандартов.

Показатели производительности плавления проволок сплошного сечения ниже чем производительности сварки порошковыми проволоками, в частности, проволоками с металлпорошковым сердечником («metal-core»), что на практике может реализовываться повышением скорости выполнения сварных швов заданного размера.

Экспериментальное сопоставление показателей производительности по скорости выполнения угловых швов на аналогичных режимах проволокой сплошного сечения и порошковыми проволоками равных диаметров показывает, что при использовании порошковых проволок рутилового и металлпорошкового «metal-core» типов нового поколения время выполнения угловых швов равных калибров (4, 6 и 8 мм) сокращается на 15...30 %. При автоматическом процессе это преимущество возрастает, так как процесс сварки порошковой проволокой при струйном переносе металла менее чувствителен к изменению скорости сварки и обеспечивает стабильную форму провара и размер шва, гарантировано мягкий старт (рис. 1).

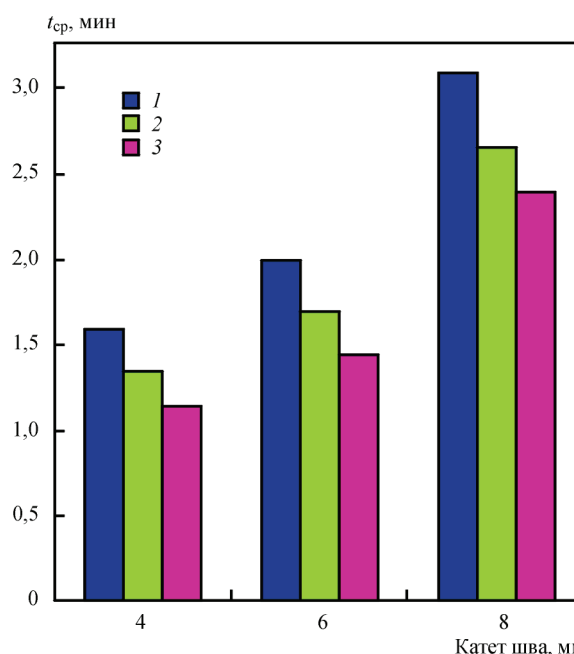


Рис. 1. Среднее время выполнения 1 м угловых швов различного катета проволокой сплошного сечения (1), порошковой проволокой с рутиловым типом сердечника (2) и металлпорошковой проволокой (3) диаметром 1,2 мм на сопоставимых режимах сварки ($U_d \sim 28...30$ В; $I_{св} \sim 290...320$ А)

Направления повышения качества и эффективности сварки порошковой проволокой с использованием современного оборудования. Значительное количество имеющихся на рынке современных источников питания сварочного тока построены по инверторной схеме [11–13]. При этом такие источники питания неразрывно привязаны к конкретному типу оборудования для подачи электродной проволоки. В простом варианте исполнения такой источник позволяет выполнять механизированную сварку плавящейся электродной проволокой в защитных газах низколегированных сталей обычной и высокой прочности.

Особенностью высокочастотных инверторов является высокая стабильность и качество сварки разных материалов в широком диапазоне толщины с минимальным разбрызгиванием металла. Такое оборудование обеспечивает высококачественную сварку порошковыми проволоками с сердечниками всех типов.

Основой системы управления служит интеллективный контроллер источника питания, объединенный с цифровым сигнальным процессором для ускорения обработки преобразованных аналоговых электрических сигналов сварочного процесса в цифровые данные. Эти два блока совместно осуществляют все функции мониторинга и регулирования сварочного процесса (настройку сварочного тока и напряжения дуги в режиме реального времени). В ходе сварочного процесса проводится непрерывное измерение фактических значений сварочных параметров и любое их изменение вызывает реакцию системы управления. Например, разработанные фирмой «Fronius» алгоритмы управления обеспечивают поддержку необходимых заданных значений при сварке широким спектром сварочных проволок. Благодаря этому обеспечивается высокая воспроизводимость процесса сварки с достижением отличных сварочных характеристик.

Результаты исследований показателей стабильности горения сварочной дуги на основе статистической обработки данных электрических сигналов, анализ формы кривых распределения вероятности значений сварочного тока и напряжения дуги, а также результаты статистической обработки данных электрических сигналов дуговой сварки показали существенные различия массопереноса электродного металла при использовании источников питания дуги инверторного типа в сравнении с традиционными. Практически во всех случаях процесс сварки с использованием инверторного источника питания характеризуется более высокими показателями стабильности.

При использовании инверторного источника питания реализуется управление переносом элек-



Рис. 2. Использование инверторных источников питания дуги с соответствующими подающими механизмами для сварки порошковыми проволоками

тродного металла, направленное на уменьшение размеров капель. При этом перенос электродного металла проходит без резких изменений и колебаний параметров процесса, при общем снижении энергозатрат.

В большой степени это проявляется при сварке порошковой проволокой с металлическим типом сердечника. В системе управления инверторного источника питания используется программное управление динамическими характеристиками процесса дуговой сварки в зависимости от типа проволоки. Регулирование параметров сварки возможно лишь в определенных программой пределах для каждого типа проволоки (рис. 2).

Некоторые компании продвигают технологии управления плавлением электродного металла, которые с помощью программирования необходимой реакции источника питания и подающего механизма на контролируемые изменения сварочного тока и напряжения дуги обеспечивают заданный модифицированный перенос электродного металла с короткими замыканиями при механизированной и автоматизированной сварке в защитных газах. Использование такого процесса управляемого плавления электродной проволоки позволяет уменьшить тепловложение на 5...20 %, минимизировать разбрызгивание в сравнении с процессом со стандартным переносом электродного металла с короткими замыканиями. Отмеченные эффекты достигаются за счет поддержания оптимальных характеристик дуги и точного контроля сварочного тока во время всех фаз сварочного процесса [14].

Использование современного оборудования для полуавтоматической сварки с объективным контролем основных показателей процесса, как правило, является основным шагом к повышению показателей стабильности качества сварных конструкций (рис. 3). При полуавтоматической сварке это снижает влияние субъективного фак-



Рис. 3. Типичные объекты применения сварки порошковыми проволоками: а — сборка-сварка каркаса боковой стенки грузовых вагонов (ООО «Югпромтехмонтаж», г. Херсон) [15]; б — сварка металлоконструкций платформы для перевозки слябов, рельсов (ПАО «Верхнеднепровский машиностроительный завод»)

тора, связанного с квалификацией исполнителей, но не снимает задачи обеспечения безопасности персонала. Опыт автоматизации, касающийся сварочных технологий, свидетельствует о необходимости оптимизации и повышения качества всего комплекса технологии изготовления сварных конструкций, включая подготовку и сборку узлов и конструкций под сварку, определение ведущего сварочного процесса, выбора оборудования и материалов, а также подготовку квалифицированного персонала по управлению и методам контроля показателей качества согласно действующим международным стандартам.

Ориентация на применение процесса полуавтоматической и автоматической сварки газозащитной порошковой проволокой является одним из приоритетных направлений в мировой практике, в частности, в области судостроения, энергетического и тяжелого транспортного машиностроения, сооружения буровых платформ, строительства трубопроводов и других объектов.

Список литературы

- Irving B. (1995) The challenge of welding heat-treatable alloy steels. *Welding Journal*, 74(2), 43–48.
- Keehan E., Karlsson L., Andren H.-O., Bhadeshia H. K. D. H. (2006) New development with C-Mn-Ni high-strength steel weld metals. Part A – Microstructure. *Ibid.*, 85(9), 200–210.
- Adonyi Y. (2002) Welding process effects in hydrogen industrial cracking susceptibility of high-performance steels. *Ibid.*, 61–65.
- What is the difference between heat input and arc energy? <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/material-faqs/faq-what-is-the-difference-between-heat-input-and-arc-energy/>.
- ДСТУ EN ISO 14175:2014 *Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання*.
- ДСТУ EN ISO 544:2015 *Матеріали зварювальні. Технічні умови постачання зварювальних присадних матеріалів. Тип продукції, розміри, допуски і маркування*.
- ДСТУ ISO 14344:2015 *Зварювання і споріднені процеси. Флюси і захисні гази для дугового зварювання. Настанови щодо постачання матеріалів*.
- ДСТУ EN ISO 17632:2015 *Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей у захисному газі і без захисного газу. Класифікація*.
- ДСТУ EN ISO 18276:2015 *Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для зварювання високоміцних сталей в захисних газах. Класифікація*.
- ANSI/AWS A4.3-93 (R2006) *An American National Standard. Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding*.
- Рама Р. С. (2006) *Основы силовой электроники*. Пер. с англ. Масалова В. В. Москва, Техносфера.
- Малешин В. И. (2005) *Транзисторная преобразовательная техника*. Москва, Техносфера.
- Миронов С. (2003) Инверторные источники питания для дуговой сварки. *Сварочное производство*, 4, 41–43.
- (2007) *Источник питания МИГ/МАГ Транс Синерджик 4000/5000/2700. Руководство по эксплуатации*. Wels, Fronius International GmbH.
- Спроектирован и введен в эксплуатацию стенд сборки-сварки каркасов боковых стенок грузовых вагонов. http://uptm.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=17:sproektirovan-i-vveden-v-ekspluatatsiju-stend-sborki-svarki-karkasov-bokovyh-stenok-gruzovyh-vagonov&catid=1:novosti-kompanii&Itemid=18.

References

- Irving, B. (1995) The challenge of welding heat-treatable alloy steels. *Welding J.*, 74(2), 43-48.
- Keehan, E., Karlsson, L., Andren, H.O., Bhadeshia, H.K.D.H. (2006) New development with C-Mn-Ni high-strength steel weld metals. Pt. A. Microstructure. *Ibid.*, 85(9), 200-210.
- Adonyi, Y. (2002) Welding process effects in hydrogen industrial cracking susceptibility of high-performance steels. *Welding J.*, 61-65.
- What is the difference between heat input and arc energy? <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/material-faqs/faq-what-is-the-difference-between-heat-input-and-arc-energy/>.
- DSTU EN ISO 14175:2014: *Welding consumables. Shielding gases for arc welding and cutting* [in Ukrainian].
- DSTU EN ISO 544: 2015: *Welding consumables. Technical delivery conditions for filler materials. Type of product, dimensions, tolerances and markings* [in Ukrainian].
- DSTU ISO 14344:2015: *Welding and allied processes. Fluxes and shielding gases for arc welding. Guidelines for delivery of consumables* [in Ukrainian].
- DSTU EN ISO 17632:2015: *Welding consumables. Tubular cored electrodes for gas shielded and no-gas shielded metal arc welding of non-alloy and fine grain steels. Classification* [in Ukrainian].
- DSTU EN ISO 18276:2015: *Welding consumables. Tubular cored electrodes for gas-shielded metal arc welding of high strength steels. Classification* [in Ukrainian].
- ANSI/AWS A4.3-93 (R2006) *An American National Standard. Standard methods for determination of the diffusible hydrogen content of martensitic, bainitic, and ferritic steel weld metal produced by arc welding*.

11. Rama, R.S. (2006) *Principles of power electronics*. Moscow, Tekhnosfera [in Russian].
12. Mareshin, V.I. (2005) *Transystor conversion technique*. Moscow, Tekhnosfera [in Russian].
13. Mironov, S. (2003) Inverter power sources for arc welding. *Svaroch. Proizvodstvo*, 4, 41-43 [in Russian].
14. (2007) Power source MIG/MAG Trans Sinergic 4000/5000/2700. *Operating instructions. List of spare parts*. Wels, Fronius Intern. GmbH [in Russian].
15. Designed and put into operation assembly-welding stand of side wall frameworks of freight cars. http://uptm.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=17:sproektirovan-i-vveden-v-ekspluatatsiju-stend-sborki-svarki-karkasov-bokovyh-stenok-gruzovyh-vagonov&catid=1:novosti-kompanii&Itemid=18.

В. М. Шлепаков, О. С. Котельчук, Ю. О. Гаврилюк

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

СУЧАСНІ ПОРОШКОВІ ДРОТИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ПІДВИЩЕНОЇ ТА ВИСОКОЇ МІЦНОСТІ

Розглянуто особливості застосування порошкових дротів для зварювання металоконструкцій з низьколегованих сталей підвищеної та високої міцності. Запропоновано шляхи вирішення існуючих проблем в цій галузі. Описано розробки порошкових дротів для цих цілей, виконані в ІЕЗ ім. Є. О. Патона в останні роки. Представлені напрямки підвищення яко-

сті та ефективності зварювання порошковим дротом з використанням сучасного обладнання. Бібліогр. 15, табл. 2, рис. 3.

Ключові слова: електродугове зварювання, порошковий дріт, низьколеговані сталі високої міцності, погонна енергія зварювання, продуктивність плавлення дроту, автоматизація та управління процесом зварювання

V. N. Shlepakov, A. S. Kotelchuk and Yu. A. Gavrilyuk

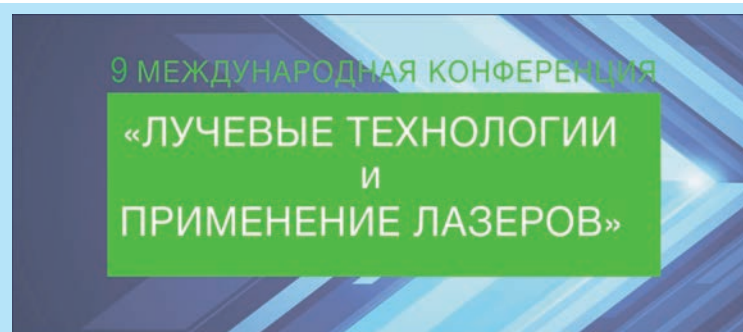
E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.
11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua

CURRENT DIRECTIONS OF APPLICATION OF FLUX-CORED WIRE WELDING OF LOW-ALLOY INCREASED AND HIGH STRENGTH STEELS

A paper studies the peculiarities of application of flux-cored wires for welding of metal structures of low-alloy increased and high strength steel. The solutions of existing problems in this field were proposed. The flux-cored wires developed for this purpose at the E. O. Paton Electric Welding Institute in the recent years have been described. The ways of increase of quality and efficiency of flux-cored wire welding using current equipment are presented. 16 Ref., 2 Tabl., 3 Fig.

Keywords: electric arc welding, flux-cored wire, low-alloy high-strength steels, welding heat input, wire melting efficiency, automation and control of welding process

Поступила 17.10.2018



17 - 19 сентября 2018 г.

Учебный центр подготовки
руководителей Национального
исследовательского университета
«Высшая школа экономики»,
г. Санкт-Петербург, Пушкин

Тематика конференции

1. Физические основы и математическое моделирование лучевых технологий. CAD-CAM-CAE системы.
2. Оборудование и технологии сварки, наплавки и термообработки.
3. Оборудование и технологии аддитивного производства.
4. Оборудование и технологии резки, прошивки отверстий и обработки поверхности.
5. Метрология, системы измерений и дефектоскопия.

Официальные языки конференции: английский, русский.

www.ilwt-stu.ru

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. М. НЕСТЕРЕНКОВ¹, Ю. В. ОРСА¹, К. С. ХРИПКО¹, Ю. В. ГУСЕВ²

¹ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ГП «ЛРЗ «Мотор». 43006, г. Луцк, Волынская обл., ул. Киверцовская, 3. E-mail: info@motor-lutsk.com.ua

Восстановление газотурбинных двигателей является весьма актуальной и одновременно сложной задачей, решение которой обеспечивает значительную экономию средств. В работе отражены результаты разработки эффективного и надежного способа ремонта лопаток газотурбинных двигателей с использованием электронно-лучевой сварки. Отработана технология ремонта трех типов дефектов пера лопатки с использованием «вварышей». Показано, что электронно-лучевая сварка идеально подходит для решения задачи замены отдельных элементов неразъемно собранных узлов газотурбинных двигателей. Библиогр. 4, рис. 14.

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, газотурбинные двигатели, восстановительный ремонт, замена узлов, технологические приемы, точечные и протяженные дефекты, «вварыши»

Целесообразность восстановительного ремонта дорогостоящих частей газотурбинных двигателей (ГТД) не вызывает сомнения [1].

Например, при эксплуатации авиационных ГТД одной из основных причин их досрочной замены является повреждение титановых лопаток вентилятора и компрессора в результате попадания в двигатель посторонних предметов. Обычно эксплуатация двигателя допускается при незначительных дефектах входной и выходной кромок пера лопатки без надрывов. Часть аналогичных (т. е. без надрывов), но немного больших, дефектов допускается ремонтировать непосредственно на двигателе. Так, например, зачищают приподнятости материала у забоин, погнутости лопаток устраняют правкой. Затем исправленные места полируют. Иногда допускается устранение забоин за счет плавного скругления кромок радиусом до 10...12 мм. Напротив, исправление местных повреждений лопаток, превышающих допустимые нормы, уже требует демонтажа поврежденной лопатки и ремонта в производственных условиях. Обычно такой ремонт заключается в механическом удалении дефектной области до границ заведомо неповрежденного металла лопатки с последующим прикреплением (сварка, пайка) вместо нее вкладыша из того же металла соответствующего размера и с технологическим припуском по толщине для получения последующей механической обработкой нужного профиля ремонтного участка лопатки [2–4].

Вообще решение о допустимости ремонта каждого конкретного дефекта лопатки принимает аккредитованная ремонтная организация, исходя из следующих аспектов: принадлежность лопатки к компрессору низкого давления (КНД) или же к

компрессору высокого давления (КВД), тип лопатки (т. е. рабочая или направляющая), номер ступени компрессора, входная это кромка пера или выходная, и наконец – оценивая непосредственно размеры самих дефектов, их количество и расположение относительно мест максимальных эксплуатационных напряжений (в том числе резонансных).

Наша же задача заключалась исключительно в разработке эффективного и надежного способа, принципиально позволяющего такой ремонт с использованием электронно-лучевой сварки (ЭЛС) в отечественных производственных условиях. В качестве объектов для отработки технологических приемов ремонта были выбраны точечные и протяженные дефекты входной кромок пера титановых лопаток различного размера, а именно: вентиляторных лопаток и лопаток КНД ГТД.

Была разработана следующая схема сварного соединения ремонтного «вварыша» и пера лопатки, принципиально независимая от того, точечный это или протяженный дефект (рис. 1).

Во всех случаях соединение выполняется однопроводной ЭЛС, а плавный (без подрезов) переход от поверхности «вварыша» к основному металлу обеспечивается как за счет умеренной концентрации электронного пучка, так и за счет достаточного количества дополнительного металла — благодаря примененной конструкции сварного соединения с «нависающим буртиком». При этом такой плавный переход достигается как на участках достаточно большой толщины пера, так и в самых тонких местах, прилегающих к кромке (рис. 2).

Отработана технология ремонта трех типов дефектов пера лопатки: точечного повреждения угла

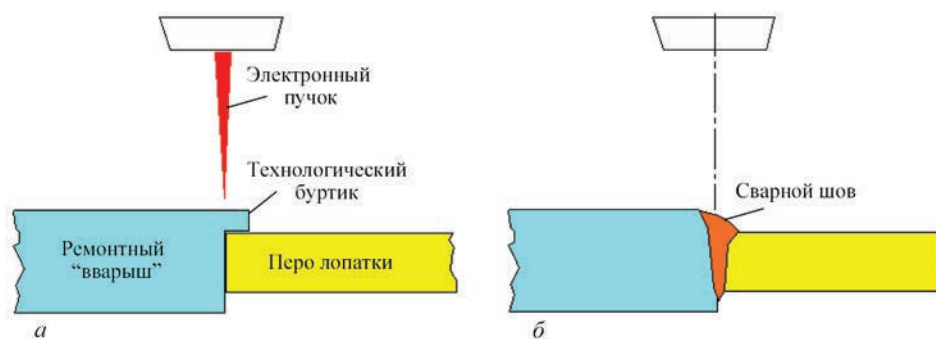


Рис. 1. Схема ремонтного ЭЛС-соединения «вварыша» и пера лопатки: а — до сварки; б — после



Рис. 2. Макрошлифы ремонтного ЭЛС-соединения «вварыша» и пера лопатки

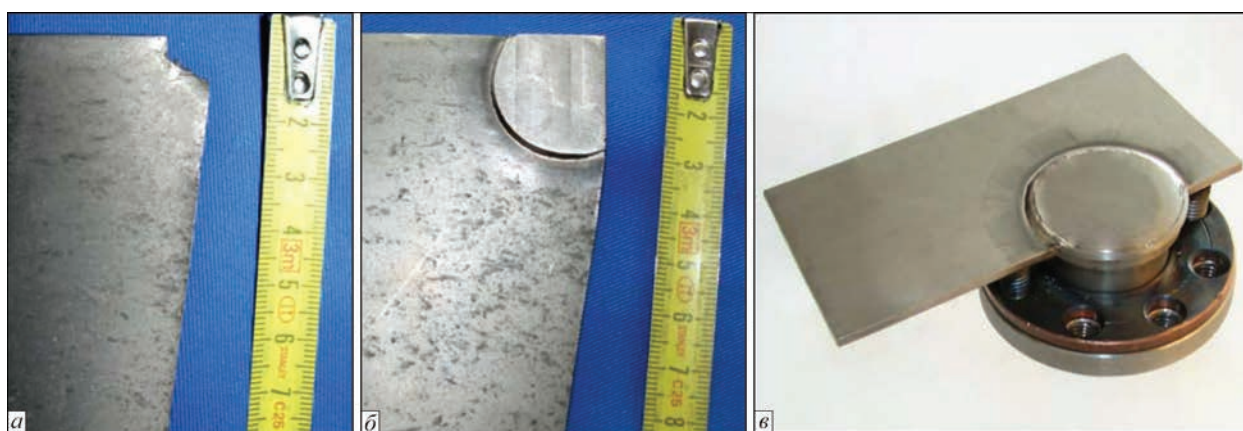


Рис. 3. Ремонт точечных дефектов угла пера лопатки с применением цилиндрических ремонтных «вварышей»: а — поврежденный угол лопатки до ремонта; б — отремонтированный угол (края «вварыша» обрезаны после ЭЛС); в — сборочно-сварочная оснастка для ЭЛС цилиндрических «вварышей» (имитатор лопатки)

лопатки, точечного повреждения кромки основной части пера лопатки, а также протяженных локальных дефектов кромки, начинающихся от угла лопатки.

Ремонт обоих типов точечных дефектов осуществляется с использованием цилиндрических «вварышей» (рис. 3 и 4), нескольких типоразмеров диаметров в зависимости от размеров дефекта кромки пера.

Подобная конструкция выгодна тем, что при совпадении диаметров вырезанного в лопатке «окна» и «вварыша» сама обеспечивает фиксацию и плотный контакт стыкуемых деталей в радиальном направлении. Поэтому достаточно простому сборочно-сварочному приспособлению (рис. 3, в) остается лишь обеспечивать прижим кромки вы-

резанного «окна» к вышеупомянутому «нависающему буртику», а также удерживание всей сборки в пространстве во время выполнения электронно-лучевого прохода вдоль дуги соответствующей окружности.

Работы проведены вначале на образцах, имитирующих реальные изделия. Затем результаты успешно опробованы на опытных партиях дефектных лопаток, предоставленных ГП «Ивченко-Прогресс» (рис. 4, б).

Для протяженных дефектов различных участков кромки пера лопатки используются соответственно протяженные «вварыши», форма которых может видоизменяться в зависимости от ширины и формы поврежденной зоны кромки пера лопатки. В частности, это может быть как узкая полоса,

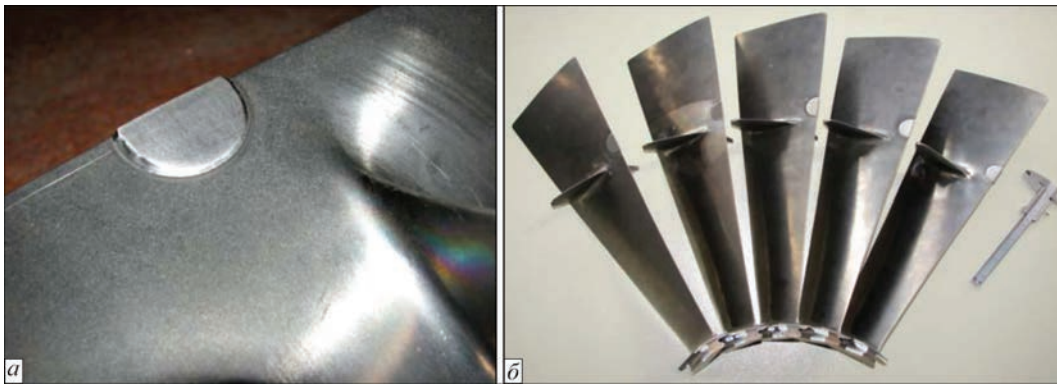


Рис. 4. Ремонт точечных дефектов основной части кромки пера лопатки с применением цилиндрических ремонтных «вварышей»: *а* — цилиндрический ремонтный «вварыш» на кромке пера (его край обрезан при первичной механической обработке после ЭЛС); *б* — опытная партия лопаток КНД ГТД с цилиндрическими «вварышами» на кромке пера (до финишной механической обработки)

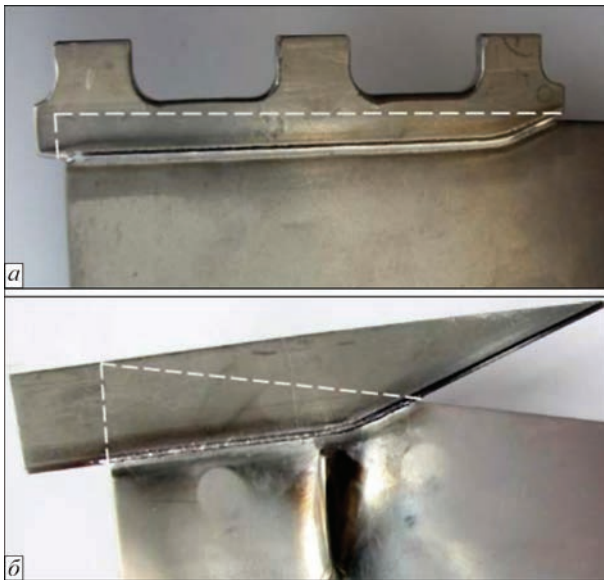


Рис. 5. Ремонт протяженных дефектов кромки пера лопатки: восстановление узкой зоны, граничной с кромкой пера (*а*); восстановление более широкой зоны с сильно поврежденным углом пера (*б*)

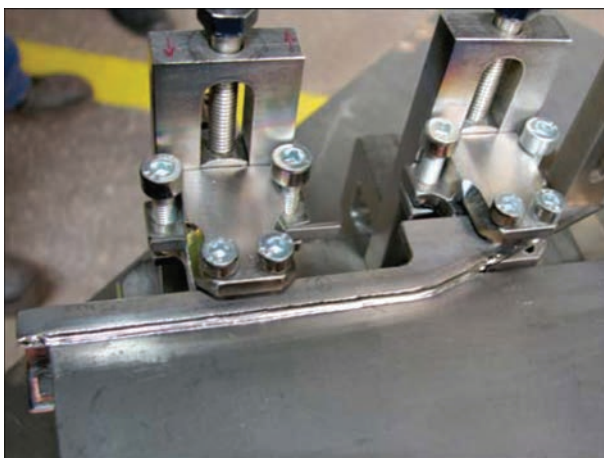


Рис. 6. Электронно-лучевое соединение пера лопатки с протяженным ремонтным «вварышем» в сборочно-сварочной оснастке

заменяющая только поврежденную часть кромки пера (рис. 5, *а*), так и «вварыш», ширина которого сильно расширяется к углу — для случая сильного



Рис. 7. Примеры реализации разработанной ремонтной технологии для различных типоразмеров лопаток (большие — вентиляторного тракта, меньшие — КНД), а также формы и протяженности дефектов кромки пера

повреждения не только самой кромки, но и угла (рис. 5, *б*).

Соответственно, для равномерного прижатия таких «вварышей» по всей длине криволинейного стыка с пером используются уже другие, более сложные, сборочно-сварочные приспособления (рис. 6).

Разработанная ремонтная технология опробована на кромках пера лопаток различных трактов и, соответственно, типоразмеров при ремонте дефектов различного размера и формы (рис. 7).

Кроме ремонта локальных дефектов лопаток, не менее важной задачей является замена отдельных элементов неразъемно собранных узлов газотурбинного двигателя. В частности, подобная задача поставлена Луцким ремонтным заводом «Мотор».

Направляющие аппараты 3...8 ступеней статора компрессора высокого давления газотурбинного двигателя состоят из полуколец с набором впадных в них консольных лопаток (рис. 8). Лопатки 3...6 ступеней изготовлены из сплава ЭП-866 (15Х16К5Н2МФАБ-ш), а лопатки 7, 8 ступеней —

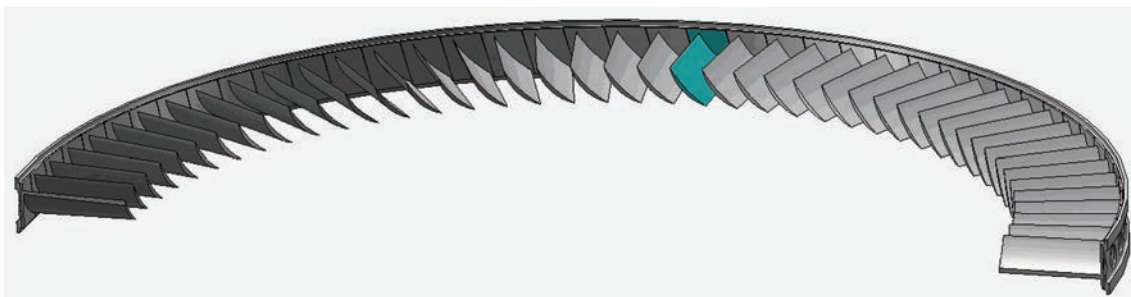


Рис. 8. Схема полуколысца направляющего аппарата статора с набором впаивных в него консольных лопаток

из сплава ЭП-718-ИД (ХН45МВТЮБР-ИД); рабочая температура узлов составляет 300...500 °С.

При эксплуатации таких двигателей также имеют место случаи появления забоин и трещин на лопатках, а также их отрыва по причине локального непрочия их со стенкой полуколысца.

Согласно «Руководству по капитальному ремонту двигателей» допускается замена дефектных лопаток. При этом дефектную лопатку удаляют фрезерованием из полуколысца до самой его стенки, включая и весь удерживающий ранее лопатку припой, а на ее место подбирают неповрежденную лопатку-донор (рис. 9). Иными словами в по-

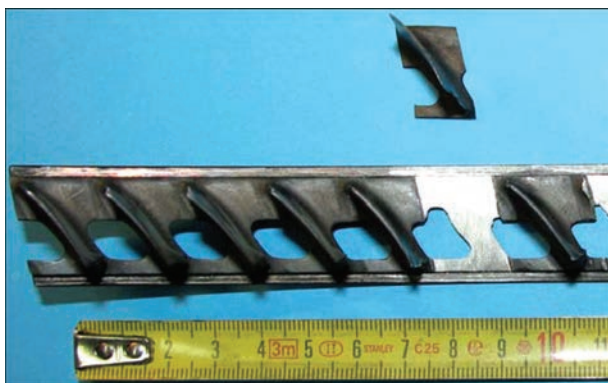


Рис. 9. Полуколысцо с подготовленной площадкой для установки консольной лопатки-донора

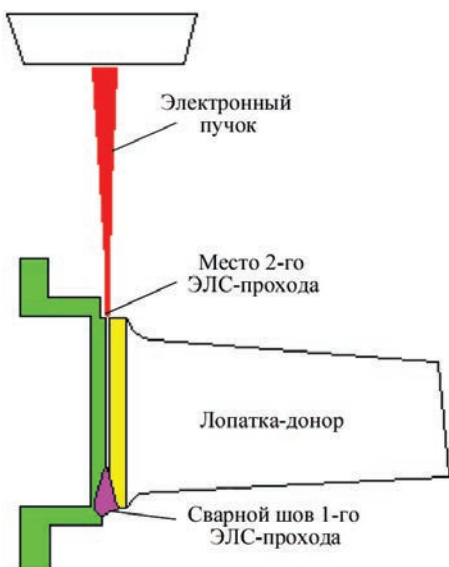


Рис. 10. Схема двухсторонней ЭЛС лопатки-донора со стенкой полуколысца направляющего аппарата

луколысце делается полностью очищенная площадка для установки лопатки-донора. Очевидно, что повторить исходный процесс пайки невозможно, не затронув соседние, еще годные лопатки. Поэтому необходим способ крепления с локальным и концентрированным температурным воздействием на весь собранный узел. Существующая ранее технология фиксации лопатки-донора предполагала использование аргонодуговой сварки с последующей зачисткой усиления шва для восстановления геометрии торца полуколысца направляющего аппарата. Недостатками такой технологии являлись значительное искажение формы изделия, а также малая глубина провара и, вследствие этого, недостаточная площадь зоны соединения, остающаяся после обработки усиления шва, а значит и высокая вероятность отрыва замененной лопатки при эксплуатации двигателя.

Способ ЭЛС идеально подходит в данном случае, позволяя получить надежное сварное соединение достаточной глубины при сравнительно небольшом тепловложении в свариваемое изделие.

Была разработана следующая схема сварного соединения лопатки-донора и стенки полуколысца направляющего аппарата (рис. 10). Соединение лопатки со стенкой выполняется двусторонней ЭЛС с промежуточным переворотом изделия на 180°. Конструктивной прочности двух подобных швов вполне достаточно для надежного крепления лопатки, не уступающего соседним паяным.

Учитывая то, что это статорная (т.е. неподвижная) часть двигателя, чрезмерно высоких требова-

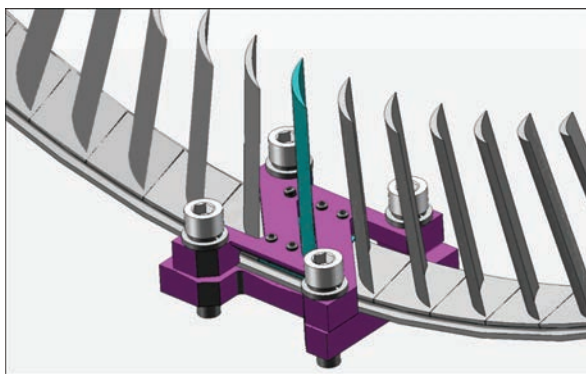


Рис. 11. Модель сборочно-сварочного приспособления для ЭЛС консольной лопатки-донора с полуколысцом направляющего аппарата

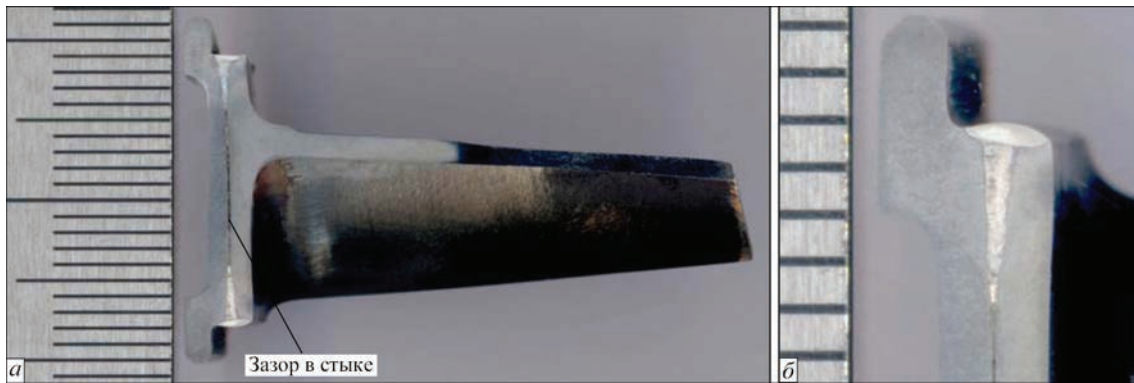


Рис. 12. Макрошлиф поперечного сечения ЭЛ-соединения лопатки с полукольцом направляющего аппарата, полученного при зазоре в стыке до 0,1 мм (а) и область сечения, содержащая сам сварной шов (б)



Рис. 13. Вид ремонтного соединения с торца полукольца направляющего аппарата



Рис. 14. Отремонтированные полукольца направляющих аппаратов различных ступеней статора КВД

ний к геометрической точности установки лопатки-донора не требуется. Поэтому и не требуется особо сложная сборочно-сварочная оснастка, что обычно является самой затратной частью при использовании ЭЛС. Разработанная лабораторная оснастка (рис. 11) обеспечила достаточно точную регулировку пространственной ориентации лопатки-донора и ее надежную фиксацию при последующей сварке. Позднее разработана и передана Заказчику конструкторская документация на промышленный вариант подобной оснастки для ремонта полуколец направляющего аппарата на имеющейся у него установке для ЭЛС типа КЛ-188.

Главной технологической проблемой, связанной, в частности, с особенностями самого спосо-

ба ЭЛС, были возможные зазоры в стыке между стенкой полукольца и основанием лопатки-донора, получающиеся в результате сложности локального механического удаления поврежденной лопатки и формирования площадки под лопатку-донора. Такие зазоры весьма критичны, поскольку сама толщина стенки, к которой приваривается лопатка, составляет в некоторых местах всего 0,5 мм.

В результате экспериментов, проведенных на образцах-имитаторах, был найден оптимальный компромисс между энергетическими параметрами электронного пучка и возможностью формирования достаточно глубокого шва в тонкостенном соединении при наличии зазора в стыке. При этом для улучшения формирования шва и уменьшения общего тепловложения применен импульсный режим ЭЛС, что позволило получать качественное соединение деталей при локальных зазорах в стыке до 0,1 мм. Затем подобранные режимы ЭЛС были скорректированы уже на реальных соединениях лопаток с полукольцом направляющего аппарата (рис. 12 и 13).

Технология успешно опробована при ремонте партии реальных полуколец направляющих аппаратов различных ступеней статора КВД — вначале в лабораторных условиях в ИЭС (рис. 14), а позднее на Луцком ремонтном заводе «Мотор».

Список литературы

1. Безязычный В. Ф., Стризов А. Н. (2010) Повышение эффективности ремонта газотурбинных двигателей на основе его локализации. *Справочник. Инженерный журнал с приложением*, 8, 52-56.
2. Елисеев Ю. С., Крымов В. В., Малиновский К. А., Попов В. Г. (2002) *Технология эксплуатации, диагностики и ремонта газотурбинных двигателей*. Москва, Высшая школа.
3. Крымов В. В., Елисеев Ю. С., Зудин К. И. (2002) *Производство лопаток газотурбинных двигателей*. Москва, Машиностроение.
4. Мошкин Ю. Б., Елисеев Ю. С., Поклад В. А., Гейкин В. А., Редчин В. В. (2002) *Способ восстановления лопаток турбомашин*. РФ, Пат. 2185945, МПК8 В23Р6/00.

References

1. Beziyazychny, V.F., Strizhov, A.N. (2010) Increase in efficiency of repair of gas turbine engines on the base of its localization: *Refer. book. Ingenerny J. s Prilozheniem*, **8**, 52-56 [in Russian].
2. Eliseev, Yu.S., Krymov, V.V., Malinovsky, K.A. et al. (2002) *Technology of service, diagnostics and repair of gas turbine engines*. Moscow, Vysshaya Shkola [in Russian].
3. Krymov, V.V., Eliseev, Yu.S., Zudin, K.I. (2002) *Production of blades of gas turbine engines*. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
4. Moshkin, Yu.B., Eliseev, Yu.S., Poklad, V.A. et al. (2002) *Method of restoration of blades of turbomachines*. Pat. RF 2185945, Int. Cl. 8 B 23P6/00 [in Russian].

V. M. Нестеренков¹, Ю. В. Орса¹,
К. С. Хрипко¹, Ю. В. Гусев²

¹ІЕЗ ім. С. О. Патона НАН України.
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

²ДП «ЛРЗ «Мотор». 43006, м. Луцьк, Волинська обл.,
вул. Ківерцівська, 3. E-mail: info@motor-lutsk.com.ua

ВІДНОВЛЮВАЛЬНИЙ РЕМОНТ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ВУЗЛІВ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

Відновлення газотурбінних двигунів є досить актуальним і одночасно складним завданням, рішення якого забезпечує значну економію коштів. У роботі відображені результати розробки ефективного і надійного способу ремонту лопаток газотурбінних двигунів з використанням електронно-променевого зварювання. Відпрацьовано технологію ремонту трьох типів дефектів пера лопатки з використанням «вваривів». Показано, що елек-

тронно-променево зварювання ідеально підходить при вирішенні завдання заміни окремих елементів нероз'ємно зібраних вузлів газотурбінних двигунів. Бібліогр. 4, рис. 14.

Ключові слова: електронно-променево зварювання, газотурбінні двигуни, відновлювальний ремонт, заміна вузлів, технологічні прийоми, точкові і протяжні дефекти, «ввариві»

V. M. Nesterenkov¹, YU. V. Orsa¹,
K.S. Khripko¹, YU.V. Gusev²

¹E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.
11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

²SE Lutsk Repair Plant «LRZ «Motor». 3, Kivertsovskaya,
43006, Lutsk, Volyn region. E-mail: info@motor-lutsk.com.ua

RESTORATION REPAIR OF ELEMENTS AND UNITS OF GAS TURBINE ENGINES

Restoration of gas turbine engines is very urgent and at the same time difficult task, the solution of which provides significant cost savings. The work reflects the results of developing an efficient and reliable method for repairing gas turbine engine blades using electron beam welding. The technology of repairing three types of blade airfoil defects was mastered using welding-in pieces. It is shown that electron beam welding is ideally suited for solution of the problem of replacing individual elements of permanently assembled units of gas turbine engines. 4 Ref., 14 Fig.

Key words: electron beam welding, gas turbine engines, restoration repair, replacement of units, technological methods, spot and extended defects, welding-in pieces

Поступила в редакцию 06.10.2017



18-я международная специализированная выставка

Беларусь, Минск, проспект Победителей, 20/2

Организатор: ЗАО «МинскЭкспо»

Направления экспозиций:

- ◆ материалы для сварки, наплавки и пайки
- ◆ оборудование и технологии сварки, резки, наплавки, пайки и термообработки
- ◆ источники питания и системы управления сварочным оборудованием
- ◆ оборудование для орбитальной сварки и обработки труб
- ◆ электронно-лучевая, лазерная, плазменная сварка и резка
- ◆ автоматизированные комплексные системы и агрегаты для сварки и резки
- ◆ автоматизация сварочных производственных и технологических процессов, программное обеспечение
- ◆ приборы для неразрушающего контроля сварных соединений
- ◆ научное информационное обеспечение сварки
- ◆ система подготовки, переподготовки и аттестации сварщиков
- ◆ охрана труда и экологическая безопасность в сварочном производстве
- ◆ сертификация сварочного оборудования

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОАГРЕГАТОВ

А. К. ЦАРЮК¹, В. П. ЕЛАГИН¹, Г. А. РОЗУМЕНКО², А. И. ПАСЕЧНИК³, В. А. ПЕРЕТЯТКО⁴

¹ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²Змиевская ТЭС. 63460, пгт Слобожанское, Змиевский р-н, Харьковская обл. E-mail: csto_zm.tes@ukr.net

³ООО «Энергоинвест». 84500, г. Бахмут, ул. Героев труда, 19. E-mail: a.pasechnik@der.com.ua

⁴ПАО «Центрэнерго». 03680, г. Киев, ул. Казацкая, 120/4е. E-mail: peretyatkovladimir@ukr.net

Приведены особенности бездемонтажного ремонта корпуса из стали марки 15X1M1ФЛ регулирующего клапана цилиндра среднего давления турбины ПТ-200-130 тепловой электростанции, в котором образовалась трещина после длительного срока работы. Выполнение ремонта без разборки клапана возможно за счет применения технологии ремонтной дуговой сварки перлитными электродами с предварительным подогревом и термическим отпуском. Библиогр. 12, табл. 1, рис. 7.

Ключевые слова: трещина, корпус, сталь 15X1M1ФЛ, ремонтная сварка, термический отпуск металла

При длительной эксплуатации энергетического оборудования в условиях высокотемпературного нагрева и напряженного состояния происходит деградация структуры, снижение свойств и трещиностойкости металла [1]. В наибольшей степени этому подвержены литые корпусные детали турбин, особенно такие, как корпуса цилиндров высокого и среднего давления, стопорных и регулирующих клапанов, металл которых имеет значительную неоднородность свойств, литейные дефекты и повышенную загрязненность металла неметаллическими включениями. Образованию и развитию трещин способствуют как термомеханические нагрузки, так и дополнительное совместное действие процессов коррозионной усталости и водородного охрупчивания стали [2].

Основным способом устранения дефектов в корпусных деталях энергетического оборудования является ручная дуговая сварка перлитными электродами с выполнением местного предварительного подогрева и послесварочного высокотемпературного отпуска. Назначение термической обработки — повышение надежности сварного соединения за счет приведения структуры металла в равновесное состояние, снижения уровня сварочных напряжений и диффузионного водорода. Местная термообработка крупногабаритных корпусных деталей характеризуется неравномерным нагревом, появлением дополнительных температурных напряжений, ухудшением структуры и свойств сварного соединения. Избежать этого в определенной степени вполне возможно, применив высокотехнологичное термическое оборудование, позволяющее выполнить все операции нагрева и охлаждения полностью в автоматическом режиме. Однако трудность выбора оптимальных

параметров режима местной термической обработки, особенно крупногабаритного оборудования, имеющего разную толщину стенки, значительно затрудняет ее выполнение [3]. Кроме того, применение термической обработки оказывается невозможным, например, при ремонте без демонтажа деталей, когда высокотемпературный нагрев может привести к деформации и повреждению всего узла энергетической установки.

Для ремонта литых корпусных деталей паровых турбин и арматуры разработаны также и технологии заварки дефектов без термической обработки.

Одной из таких технологий является сварка аустенитными высоконикелевыми электродами [4]. Она позволяет предотвратить образование холодных трещин в сварных соединениях закаливающихся сталей без выполнения предварительного подогрева и послесварочной термической обработки. Это обусловило ее высокую эффективность при устранении дефектов в деталях энергетического оборудования из теплоустойчивых хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей, в том числе и при выполнении бездемонтажного ремонта. Недостатком такой технологии сварки является образование и последующее развитие при эксплуатации химической и структурной неоднородности в зоне сплавления аустенитного металла шва с перлитной сталью, вызванное диффузией углерода. Повышение содержания никеля в аустенитном шве является основным способом снижения структурной неоднородности в этой зоне, однако не устраняет ее полностью [5]. Это приводит к отслоению аустенитного металла с химическим составом на основе железа через 4...8 лет эксплуатации, а с химическим

составом на основе никеля — через 15...20 лет эксплуатации. При ремонте деталей, металл которых отработал больше 150 тыс. ч, надежность их эксплуатации с аустенитной высоконикелевой наплавкой может снизиться до 3...4 лет [3]. Технология ремонтной сварки аустенитными электродами успешно применяется в настоящее время [3, 4], однако требованиями современных нормативных документов допустимая температура эксплуатации разнородных соединений ограничена до 480 °С [6].

Альтернативой технологии заварки дефектов аустенитными электродами без термической обработки стали относительно новые технологии сварки перлитными электродами с применением технологических приемов управления термодеформационным циклом сварки. Одной из них является технология сварки поперечной горкой. Высокая стойкость металла против образования трещин при этом достигается не только без термической обработки, но и без предварительного подогрева. Эффект достигается за счет эффективного использования сварочного нагрева и снижения скорости охлаждения металла для предотвращения образования хрупких структур закалки. Этот способ широко используется при сварке толстолистового металла и в настоящее время совершенствуется применительно к сварке при исправлении дефектов литья энергетического оборудования из теплоустойчивых сталей [7, 8]. Недостатком этого способа, очевидно, является увеличение перегрева металла и рост зерна в околосшовной зоне. Это является особенно нежелательным для металла, имеющего деградированную структуру. Возможность применения этого способа для деталей с таким металлом требует дополнительных исследований.

Широкое использование для ремонтной сварки литья энергетического оборудования нашла технология сварки перлитными электродами с предварительным подогревом и низкотемпературным термическим отпуском [3, 4, 8, 9]. Суть технологической операции отжига заключается в том, что после окончания сварки поддерживается температура предварительного подогрева сварного соединения на протяжении некоторого времени. Отдых относится к рекристаллизационному процессу, который сопровождается снятием искажений решетки, упорядочением атомного строения и повышением пластичности металла. Положительное влияние отдыха на повышение трещиностойкости сварных соединений объясняется также снижением содержания диффузионного водорода в наплавленном металле [9, 10]. Обязательной составляющей этой технологии является предварительное нанесение на поверхность выборки облицовки,

состоящей из двух слоев наплавленного металла. Наплавка их выполняется на минимальной погонной энергии узкими отжигающими валиками [6], которые наносятся в определенной последовательности. Такой технологический прием наплавки позволяет эффективно снизить твердость и повысить пластичность металла зоны термического влияния (ЗТВ) за счет отпуска закалочных структур без значительного роста зерна в околосшовной зоне [11]. Кроме того, при этом снижается на 21...32 % уровень сварочных напряжений [12]. Это является особенно важным для металла, отработавшего свой ресурс, имеющего неблагоприятную структуру и повышенную склонность к образованию трещин. Дальнейшее снижение уровня сварочных напряжений происходит при высокотемпературной эксплуатации [9]. В зависимости от уровня и типа легирования основного металла и толщины стенки температура отдыха является относительно низкой (120...300 °С) по сравнению с температурой высокотемпературного отпуска (560...750 °С). В связи с этим отпадает опасность возможного коробления деталей сложной формы, образования трещин и окалины, а также нежелательных структурных превращений. Это позволяет применить такую технологию для бездемонтажного ремонта. Трещиностойкость сварных соединений при этом определяется размерами дефекта, техникой и параметрами режима наплавки, которые являются особенностями технологии сварки.

Целью данной работы являлся выбор технологии сварки при бездемонтажном ремонте литья корпуса регулирующего клапана цилиндра среднего давления (ЦСД) паровой турбины мощностью 130 МВт (рис. 1), выполненного из стали 15X1M1ФЛ.

Корпус клапана представляет собой крупногабаритную отливку сложной конфигурации (рис. 2), которая приварена к корпусу ЦСД



Рис. 1. Общий вид турбины ПТ-200-130



Рис. 2. Крышка ЦСД со стопорными клапанами при подготовке к ремонту

(рис. 3). Клапан отработал около 300 тыс. ч при температуре 545 °С и давлении пара 3,0 МПа. Повреждение в виде небольшой (30...40 мм) трещины в зоне сплавления аустенитной наплавки на его наружной поверхности было обнаружено при подготовке турбины к капитальному ремонту. Наплавка располагалась на участке переменного сечения, в котором толщина стенки изменялась от 60 до 140 мм. Эта наплавка проработала без замечаний около 200 тыс. ч. Она была выполнена высоконикелевыми электродами ЦТ-28 (типа 08X14H65M15B4Г2) при заварке выборки сечением 420×155 мм и глубиной 45 мм, образовавшейся при удалении отслоившегося металла, наплавленного аустенитными электродами марки ЭА-395/9 (типа X16H25M6). Причиной проведения первоначальной наплавки явилось раскрытие на этом участке дефекта литья в виде усадочной трещины глубиной 10...35 мм и длиной до 120 мм.

При удалении дефекта послойной шлифовкой наблюдалось развитие отслаивания и отделе-

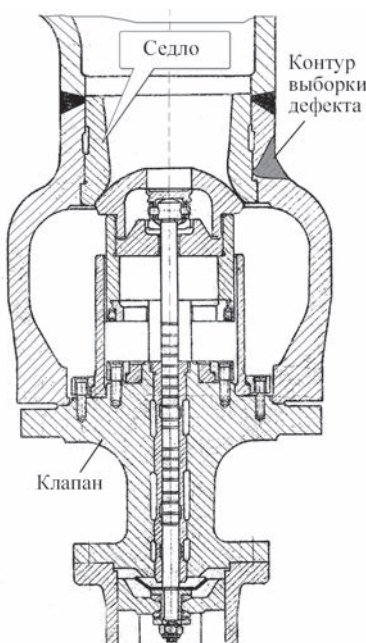


Рис. 3. Регулирующий клапан в сборе

ние аустенитного металла небольшими кусками (рис. 4). При этом поверхность отслоения имела рельеф, характерный для наплавленного металла, а твердость его участков имела высокие ($HV\ 480...520$) и низкие ($HV\ 110...150$) значения. Это свидетельствует о том, что разрушение произошло в зоне сплавления как в науглероженном, так и в обезуглероженном участке. Полноту удаления аустенитного металла контролировали магнитно-порошковым способом и металлографическим травлением поверхности 20 %-й азотной кислотой. Кроме аустенитного металла вышлифовали также и слой основного металла толщиной 8...10 мм. Это позволило удалить металл ЗТВ, имеющий высокую степень дефектности, вызванную крупным зерном, охрупчиванием границ зерен, фазовыми и структурными превращениями, снижающими механические свойства. В результате получилась выборка с размерами в плане 590×185 мм и глубиной в пределах 30...65 мм. Кроме того, в ее средней части образовалась сквозная прорезь шириной 10...18 и длиной 120 мм, в которой обнажилась поверхность седла (рис. 3 и 5).

Демонтаж седла из корпуса клапана оказался невозможным из-за «зарастания» зазора с внутренней поверхностью корпуса клапана прочными отложениями в процессе длительной эксплуатации. Это определило выбор для ремонта корпуса клапана ЦСД технологии сварки с выполнением предварительного подогрева и послесварочного термического отдыха.

Для диагностирования состояния металла на участке ремонта, определения возможности дальнейшей эксплуатации и пригодности его к выполнению сварного соединения исследовали его микроструктуру, твердость и выполнили оценку его микрповрежденности. Для металлографического исследования был отобран фрагмент основного металла размером 20×30×8 мм на ремонтируемом участке. Твердость основного металла измеряли переносным твердомером типа Польши, а его микротвердость — прибором ПМТ-3А.

Микроструктура основного металла — мелкозернистый бейнит с частицами карбидов разме-



Рис. 4. Фрагмент аустенитной наплавки (×3). Вид со стороны поверхности отслоения

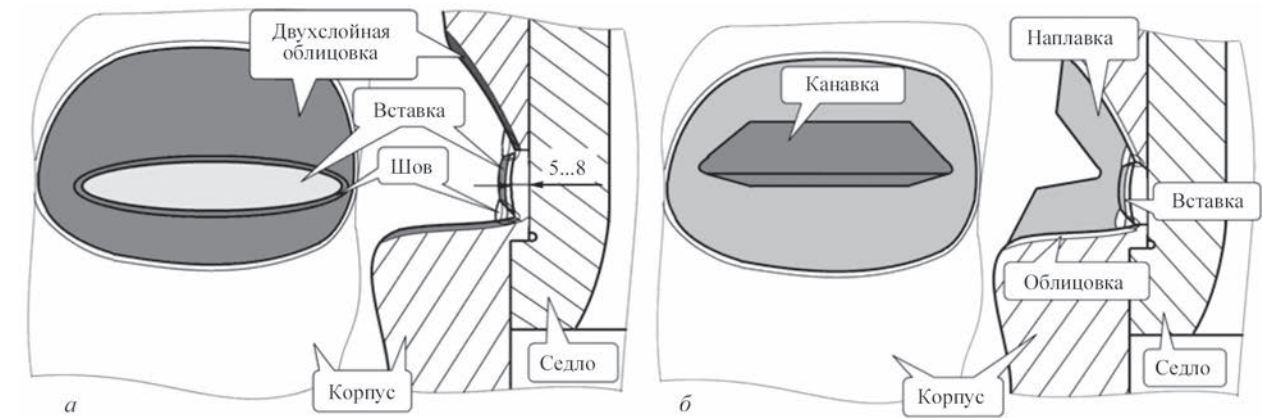


Рис. 5 Разделка под сварку трещины в корпусе регулирующего клапана ЦСД и этапы ее заварки

ром до 12 мкм и единичными изолированными микропорами размером до 2 мкм. Ферритной составляющей не более 5 %. Микроповрежденность основного металла соответствует 2 баллу шкалы Приложения Ж ОСТ 34-70-690-96 при допустимой не выше 4 балла [1]. Микротвердость структурных составляющих приведена в таблице, а микроструктура основного металла — на рис. 6.

Результаты исследования основного металла свидетельствуют о его ремонтпригодности с применением дуговой сварки и возможной его дальнейшей эксплуатации.

Предварительный подогрев зоны дефекта до температуры 280 °С, поддержание температуры отдыха длительностью 6 ч выполняли при помощи термической автоматизированной установки «Weldoterm». Регулировка температуры осуществ-

лялась на 12 контролируемых точках для обеспечения равномерности ее распределения не только в зоне ремонта, но и в зоне шириной 150 мм, прилегающей к ней.

Для исключения повреждения седла при заварке сквозной прорези в нее вваривали специальную вставку на расстоянии 5...8 мм от его поверхности (рис. 5, а). Вставка была вырезана из участка трубы (сталь 15Х1М1Ф), наплавленного электродами ТМЛ-5 (06Х1М), и подвергнута термической обработке — нормализации и высокотемпературному отпуску. Профилирование вставки выполнено строго по размеру прорези со скосом кромки для сварки под углом 45° со стороны наплавки. Размещалась она в прорези выше нижней кромки прорези на 1...2 мм с образованием зазора между свариваемыми кромками величиной 1,0...1,5 мм. Для предотвращения возможной приварки к седлу его поверхность защищали при помощи антипригарного покрытия. Корневой слой шва вставки выполнялся аргонодуговой сваркой W-электродом с присадкой сварочной проволоки марки Св-08ХГСМФА диаметром 1,6...2,0 мм. Значение тока сварки 220...240 А и наличие зазора обеспечивали полное проплавление свариваемых кромок. Последующие слои шва вставки выполнены электродами марки ТМЛ-5 (06Х1М). Поверхность сварного соединения вставки была зачищена до металлического блеска и проконтролирована визуальным методом на отсутствие трещин.

Наплавка облицовочного металла на поверхность выборки выполнялась в два слоя электродами марки ТМЛ-5. Схема выборки под сварку трещины и этапы ее заварки показаны на рис. 5. Отжигающие валики при наплавке первого слоя выполнялись электродами диаметром 3 мм шириной не более 5...8 мм. Накладывались они с перекрытием на 40...50 % ширины предыдущего валика. Второй слой выполнялся электродами диаметром 4 мм. При нагреве основного металла до температуры, превышающей 280 °С, сварка прекращалась для снижения и выравнивания

Микротвердость структурных составляющих основного металла

Структурная составляющая	Значение твердости HV 0,2*
Ферритные зерна	114...123 118,5
Зерна с субструктурой бейнита	143...155 151

*В знаменателе указано среднеарифметическое значение твердости из шести замеров.

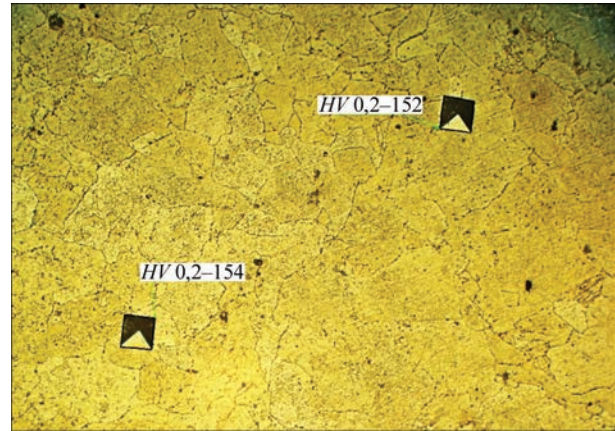


Рис. 6 Микроструктура (×200) стали 15Х1М1ФЛ на участке ремонта



Рис. 7. Выполнение ремонтной сварки трещины в корпусе регулирующего клапана ЦВД

температуры до уровня предварительного подогрева. После наплавки второго слоя выполнялась проковка его поверхности молотком массой 0,5 кг с закругленным бойком. Этот технологический прием является эффективным способом снижения сварочных напряжений [4]. После зачистки поверхности прокованного металла проводился его контроль на отсутствие дефектов. Последующее заполнение выборки выполнялось в два этапа: первый — послойная наплавка на боковые и донные участки выборки в направлении от кромок выборки к центру вплоть до образования продольной канавки V-образной формы шириной 15...20 мм и общим углом раскрытия 40...45° в средней части выборки (рис. 6, б). Второй этап — заполнение канавки наплавкой продольными валиками. Момент выполнения ремонтной сварки показан на рис. 7. После окончания наплавки проводился термический отдых металла поддержанием температуры 280 °С длительностью 24 ч при помощи установки «Weldoterm». Охлаждение зоны наплавки осуществлялось под слоем теплоизоляции со скоростью не более 25 °С/ч до температуры 70 °С, а при более низкой температуре — на спокойном воздухе при снятой теплоизоляции. В результате была получена твердость наплавленного металла в пределах HB 150...175; основного металла в зоне термического влияния HB 140...240.

Контроль качества металла выполнялся до, в процессе и после наплавки по всей поверхности наплавленного металла и за ее пределами шириной 150 мм визуально-измерительным, магнитно-порошковым и ультразвуковым методами. Трещин не обнаружено. По результатам ультразвукового контроля металл ремонтной заварки соответствовал требованиям уровня качества 2 по EN 12680-1:2003 и СОУ ВЕА.200.1.1/01-2016.

В связи с низкой температурой термического отдыха по сравнению с высокотемпературным отпуском расширение области применения дан-

ной ремонтной технологии возможно по мере накопления результатов обследования ремонтных сварных соединений не только деталей энергетического, но и нефтехимического оборудования.

Выводы

1. Для ремонта повреждений узлов и деталей турбоагрегатов из теплоустойчивых сталей действующих ТЭС в случае невозможности проведения высокого отпуска может использоваться технология дуговой сварки перлитными электродами с предварительным подогревом и послесварочным термическим отдыхом.

2. Технология дуговой сварки перлитными электродами с предварительным подогревом и послесварочным термическим отдыхом позволяет:

- повысить стойкость ремонтных сварных соединений против образования трещин за счет улучшения структуры, повышения пластических свойств металла зоны термического влияния и снижения сварочных напряжений под влиянием эффекта «отжигающих» валиков при выполнении двухслойной облицовки, а также снижения содержания диффузионного водорода в металле под влиянием термического отдыха;

- продлить срок эксплуатации узлов энергетического оборудования;

- снизить энергозатраты и улучшить условия работы при ремонте за счет отказа от проведения высокотемпературной послесварочной термической обработки.

3. Расширение применения данной ремонтной технологии целесообразно по мере накопления результатов исследований свойств и надежности ремонтных сварных соединений не только деталей энергетического, но и нефтехимического оборудования.

Список литературы

1. Гладштейн В. И. (2014) *Микрповреждаемость металла высокотемпературных деталей энергооборудования*. Москва, Машиностроение.
2. Черноусенко О. Ю. (2013) Поврежденность и остаточный ресурс стопорных клапанов ЦВД и ЦСД паровой турбины К-800-240 Славянской ТЭС. *Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. Харків, НТУ «ХПИ», **12 (986)**, 100–106.
3. Анохов А. Е., Корольков П. М. (2003) *Сварка и термическая обработка корпусного энергетического оборудования при ремонте*. Киев, Экотехнология.
4. Хромченко Ф. А. (2005) *Сварочные технологии при ремонтных работах*. Москва, Интернет Инжиниринг.
5. Липодаев В. Н., Снисарь В. В., Елагин В. П. и др. (1991) Особенности хрупкого разрушения разнородного сварного соединения с высококонилевым металлом шва. *Автоматическая сварка*, **10**, 6–9.
6. СТО ЦКТИ 10.049-2013. Устранение дефектов в литых деталях энергооборудования с применением сварки без последующей термической обработки.
7. Ефименко Н. Г., Атоженко О. Ю., Вавилов А. В. и др. (2014) Структура и свойства сварных соединений стали 15X1M1ФЛ при исправлении дефектов литья способом поперечной горки. *Автоматическая сварка*, **2**, 44–48.

8. Царюк А. К., Иваненко В. Д., Волков В. В. и др. (2009) Ремонтная сварка корпусных деталей турбин из теплоустойчивых сталей без последующей термообработки. *Там же*, **12**, 41–46.
9. Царюк А. К., Иваненко В. Д., Скульский В. Ю. и др. (2012) Технология ремонтной сварки узлов котлоагрегатов без последующей термообработки. *Там же*, **9**, 41–47.
10. Козлов Р. А. (1969) *Водород при сварке корпусных сталей*. Ленинград, Судостроение.
11. Aloraierd A., Al-Maznouseed A., Price J. W. H., Shehata T. (2010) Weld repair practices without post weld heat treatment for ferritic alloys and their consequences on residual stresses: A review. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, **87**, 127–133.
12. Som Dutt Sharma S. D., Saluja R., Moeed K. M. (2013) A review on effect of preheating and/or post weld heat treatment (PWHT) on hardened steel. *International Journal of Technical Research and Applications*, V. **1**, Issue 2 (may-june).

References

1. Gladshetj, V.I. (2014) *Microdamageability of metal of high-temperature parts of power equipment*. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
2. Chernousenko, O.Yu. (2013) Damage and residual life of stop valves of high- and medium-pressure cylinders of steam turbine K-800-240 of Slaviansky thermal power station. *Visnyk NTU KhPI. Series: Power and thermotechnical processes and equipment*. Kharkiv, **12(986)**, 100-106 [in Russian].
3. Anokhov, A.E., Korolkov, P.M. (2003) *Welding and heat treatment of case power equipment in repair*. Kiev, Ekotekhnologiya [in Russian].
4. Khromchenko, F.A. (2005) *Welding technologies in repair works*. Moscow, Internet Engineering [in Russian].
5. Lipodaev, V.N., Snisar, V.V., Elagin, V.P. et al. (1991) Peculiarities of brittle fracture of dissimilar welded joint with high-nickel weld metal. *Avtomatich. Svarka*, **10**, 6-9 [in Russian].
6. STO TsKTI 10.049-2013. Removal of defects in cast parts of power equipment using welding without subsequent heat treatment [in Russian].
7. Efimenko, N.G., Atozhenko, O.Yu., Vavilov, A.V. et al. (2014) Structure and properties of welded joints of 15Kh1M1FL steel at repair of casting defects by transverse hill method. *The Paton Welding J.*, **2**, 42-46.
8. Tsaryuk, A.K., Ivanenko, V.D., Volkov, V.V. et al. (2009) Repair welding of turbine case parts from heat-resistant steels without subsequent heat treatment. *Ibid.*, **12**, 32-36.
9. Tsaryuk, A.K., Ivanenko, V.D., Skulsky, V.Yu. et al. (2012) Technology of repair welding of boiler unit assemblies without postweld heat treatment. *Ibid.*, **9**, 37-43.
10. Kozlov, R.A. (1969) *Hydrogen in welding of hull plates*. Leningrad, Sudostroenie [in Russian].
11. Aloraierd, A., Al-Maznouseed, A., Price, J.W.H. et al. (2010) Weld repair practices without post weld heat treatment for ferritic alloys and their consequences on residual stresses. *Int. J. of Pressure Vessels and Piping*, **87**, 127-133.
12. Som Dutt Sharma, S.D., Saluja, R., Moeed, K.M. (2013) A review on effect of preheating and/or post weld heat treatment. (PWHT) on hardened steel. *Int. J. of Techn. Research and Applications*, **1** (Issue 2), 5-7.

А. К. Царюк¹, В. П. Єлагін¹, Г. А. Розуменко²,
А. І. Пасечник³, В. А. Перетятко⁴

¹ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

²Зміївська ТЕС. 63460, смт Слобожанське, Зміївський р-н,
Харківська обл. E-mail: csto_zm.tes@ukr.net

³ТОВ «Енергоінвест». 84500, м. Бахмут,
вул. Героїв праці, 19, E-mail: a.pasechnik@der.com.ua

⁴ПАТ «Центренерго».
03680, м. Київ, вул. Козацька, 120/4е.
E-mail: peretyatkovladimir@ukr.net

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТНОГО ЗВАРЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОАГРЕГАТІВ

Наведені особливості бездемонтажного ремонту корпусу із сталі марки 15Х1М1ФЛ регулюючого клапана циліндра середнього тиску турбіни ПТ-200-130 теплової електростанції, в якому утворилася тріщина після тривалого терміну роботи. Виконання ремонту без розбирання клапана можливо за рахунок застосування технології ремонтного дугового зварювання перлитними електродами з попереднім підігрівом і термічним відпочинком. Бібліогр. 12, табл. 1, рис. 7.

Ключові слова: тріщина, корпус, сталь 15Х1М1ФЛ, ремонтне зварювання, термічне відпускання металу

А.К. Tsaryuk¹, V.P. Elagin¹, G.A. Rozumenko²,
A.I. Pasechnik³, V.A. Peremyatko²

¹E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,
11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua

²Zmiyevskaya thermal power plant, town Slobozhanskoye,
63460, Zmiyev district, Kharkov region.
E-mail: csto_zm.tes@der.com.ua

³OJSC «Eneroinvest». 19, Geroev truda Str., 84500, Bakhmut.
E-mail: a.pasechnik@der.com.ua

⁴PJSC «Tsentrnergo». 120/4e Kazatskaya Str., 03680, Kiev.
E-mail: peretyatkovladimir@ukr.net

SELECTION OF TECHNOLOGY OF REPAIR WELDING OF PARTS OF TURBINE UNITS

The features of disassembly-free repair of body of steel grade 15Kh1M1FL of the control valve of the medium pressure cylinder of the turbine PT-200-130 of the thermal power plant, in which a crack was formed after a long service life, are given. The repair without disassembly of the valve is possible due to the use of technology of repair arc welding using perlitic electrodes with preheating and thermal tempering. 12 Ref., 1 Tabl., 7 Fig.

Keywords: crack, body, steel 15Kh1M1FL, repair welding, metal relief annealing

Поступила в редакцію 10.10.2017

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕМОНТ КОРПУСА РЕГЕНЕРАТОРА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА Р-202

В. Д. ПОЗНЯКОВ, В. П. ДЯДИН, Е. А. ДАВЫДОВ, А. А. МАКСИМЕНКО, А. В. КЛАПАТЮК

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Рассмотрены основные особенности проведенной технической диагностики поврежденного нефтехимического оборудования для оценки его ремонтпригодности. Отмечено, что для выявления дефектов, природы их развития и последующей возможности проведения ремонтно-восстановительных работ, в большинстве случаев требуется индивидуальный подход в выборе средств и методов контроля. В работе приводится пример создания и реализации ремонтно-сварочных технологий для восстановления целостности и эксплуатационных характеристик корпусов сосудов с учетом результатов технической диагностики и исследований механических свойств. Библиогр. 7. Табл. 3, рис. 7.

К л ю ч е в ы е с л о в а : ремонт корпуса регенератора, визуальный и ультразвуковой контроль, сварные соединения, трещины, ремонтно-сварочная технология

Оценка ремонтпригодности поврежденного нефтехимического оборудования является довольно сложной проблемой, поскольку она требует не только тщательного изучения технического состояния конструкций, но и свойств металла после длительной эксплуатации в условиях агрессивных перерабатываемых и сопутствующих сред, а также широко изменяемых технологических параметров.

Условия эксплуатации регенератора:

Давление рабочее, МПа:	
вверху, не более	0,14
внизу, не более	0,17
расчетное	0,35
Температура рабочая, °С	
среда, не более	700
стенка	150
расчетная	300
Рабочая среда.....	дымовые газы, воздух,
.....	водяной пар, микросферический
.....	цеолитсодержащий катализатор

Поскольку природа появления дефектов, их тип и характер развития отличаются своим многообразием, требуется индивидуальный подход для их выявления и оценки в каждом конкретном случае. Для этого необходимо:

- выяснить причины появления дефектов, природу и характер их развития;
- оценить степень поврежденности оборудования и выявить основные очаги его поражения;
- определить свойства основного металла и сварных соединений оборудования в очагах и вне зон поражения.

Проанализировав результаты выше перечисленных исследований, можно ответить на вопрос является ли данная конструкция ремонтпригодной, и в случае положительного ответа принять техническое решение по ее восстановлению, а

затем приступить к разработке технологии ремонта поврежденного оборудования. Такой подход позволит избежать ошибок при разработке технологии ремонта, которые могут привести к ухудшению технического состояния металлоконструкций, а в некоторых случаях сделать их неремонтпригодными.

В данной работе, на примере подготовки к проведению ремонтно-восстановительных работ поврежденного корпуса регенератора Р-202 каталитического крекинга на заводе ЧАО «ЛИНИК» (г. Лисичанск), показан предложенный специалистами ИЭС им. Е. О. Патона подход к решению указанной проблемы.

Необходимость проведения данной работы вызвана тем, что в процессе плановой проверки технического состояния корпуса регенератора в нем были выявлены сквозные трещины. Образовались они исключительно в сварных соединениях и прилегающих к ним зонах. В этой связи, технические службы ЧАО «ЛИНИК» обратились в ИЭС с просьбой разобраться в данной проблеме и оказать научно-техническую помощь в восстановлении работоспособности поврежденного аппарата на срок не менее четырех лет.

На первом этапе работы решалась задача, связанная с определением технической возможности проведения ремонтно-восстановительных работ. Для этого специалисты ИЭС провели анализ технической документации и результатов предыдущих диагностических обследований, выполнили визуальный контроль поврежденных мест регенератора, выяснили причины, установили временной период появления и развития дефектов в виде трещин [1].

Анализ технической документации и результатов диагностических обследований. В процессе изучения технической документации большое

внимание уделялось особенностям монтажной сборки и информации о текущих ремонтах конструкции. При этом было установлено, что монтажная сборка регенератора выполнялась укрупненными элементами, которые были изготовлены на одном из предприятий России. Вальцовка царг и их сборка с применением сварки проводилась без последующей термообработки как на заводе-изготовителе, так и на монтажной площадке. Регенератор был введен в эксплуатацию в 1993 г.

Опрос обслуживающего персонала, который участвовал при сборке регенератора в период его монтажа, позволил выявить определенные сложности во время стыковки укрупненных элементов между собой, в связи с чем возникла необходимость их предварительного натяга перед сваркой. Наибольшие нестыковки в процессе сборки укрупненных элементов наблюдались в верхней части регенератора, где в местах геометрических переходов корпуса его диаметр составлял 11 тыс. мм (рис. 1). Учитывая этот факт, а также то, что толщина элементов корпуса в этих местах составляет 20...22 мм, вполне очевидно, что в ре-

зультате предварительного натяга, а также образования сварочных деформаций в соединениях образовались значительные остаточные напряжения. Это объясняет тот факт, что именно в этих местах образовалось наибольшее количество трещин.

Анализ результатов диагностических обследований корпуса регенератора, которые проводились с 2002 по 2010 гг., с периодичностью один раз в два года показал, что до 2010 г. дефекты, исключая дальнейшую эксплуатацию регенератора, в корпусе не выявлялись. Массовое образование трещин в корпусе регенератора (в местах вварки штуцеров в корпус аппарата, в сварных кольцевых соединениях обечайки диаметром 11 тыс. мм и верхнего днища) началось предположительно в 2008 – 2010 гг. Об этом свидетельствовали результаты контроля технического состояния регенератора, выполненного в 2010 г.

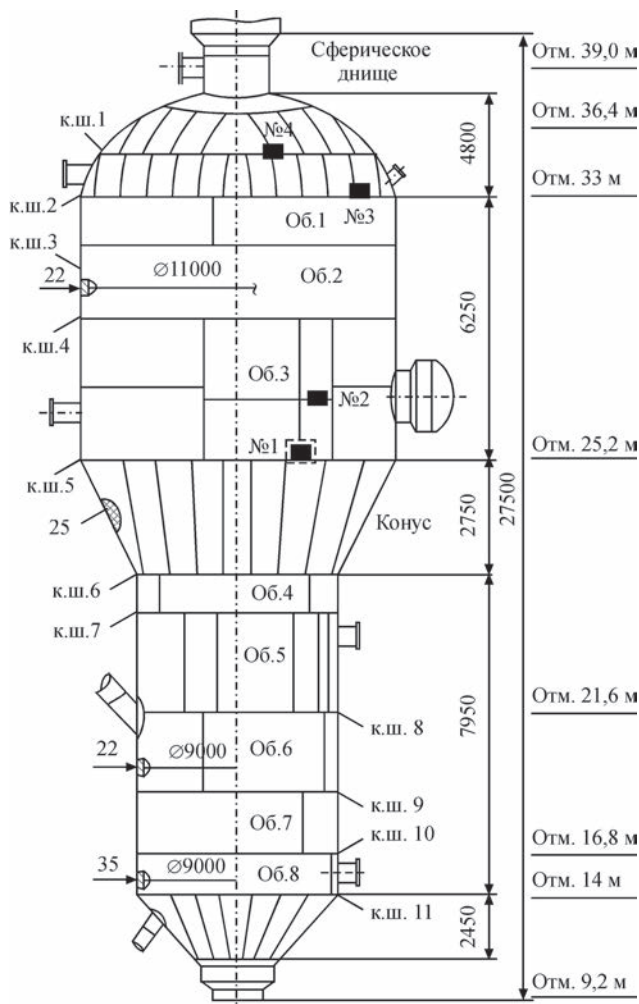


Рис. 1. Конструкция корпуса регенератора Р-202 с указанием мест (■) вырезки контрольных проб (характерные места, где образовались трещины)

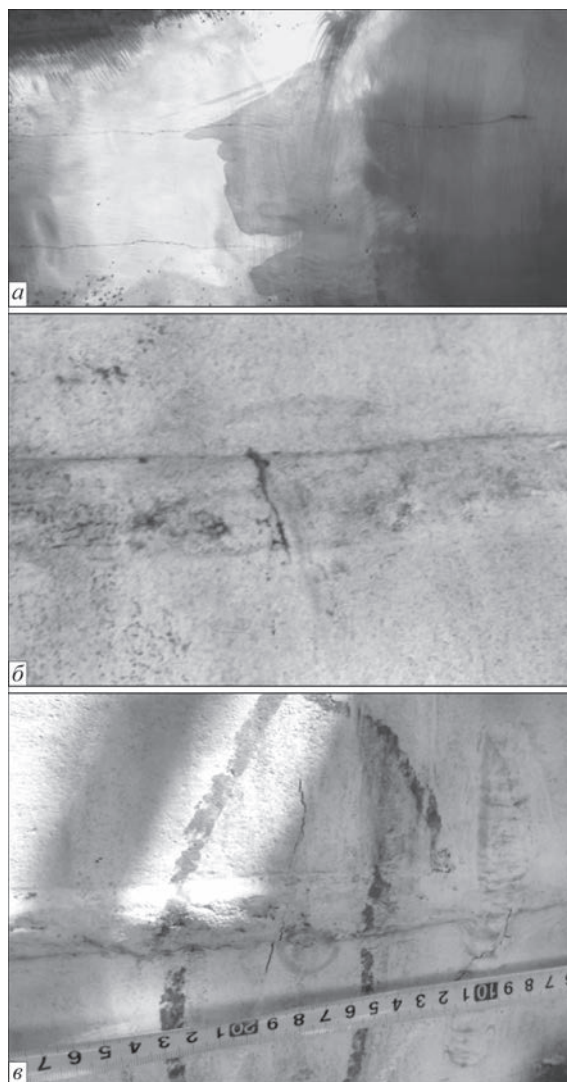


Рис. 2. Примеры типичного образования трещин в сварных соединениях, выполненных в заводских условиях при укрупнении царги обечайки диаметром 11 тыс. мм (а), в кольцевых швах монтажных соединений верхней части регенератора (б) и в местах ремонтных подварок (в)

Т а б л и ц а 1. Химический состав проб металла № 1–4

Номер пробы	C	Si	S	P	Mn	Cu	Cr	Ni
1	0,058	0,573	0,020	0,021	1,50	0,188	0,090	0,112
2	0,072	0,573	0,023	0,024	1,60	0,197	0,094	0,117
3	0,052	0,548	0,023	0,021	1,47	0,179	0,095	0,109
4	0,074	0,629	0,032	0,027	1,44	0,099	0,099	0,094
ГОСТ 19281-89	≤ 0,12	0,5...0,8	≤ 0,035	≤ 0,030	1,3...1,7	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30

Т а б л и ц а 2. Механические характеристики проб металла № 1–4

Номер пробы	σ_r , МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %
1	359...363	494...495	33,4...35,2	68,3...70,7
2	426...426	564...564	29,6...31,2	68,4...68,5
3	444...464	582...594	28,6...31,6	67,0...68,5
4	408...409	526...529	30,9...34,2	58,9...61,2
Исходное состояние	387...398	540...578	30,0...33,5	55,7...55,3
ГОСТ19281-89	345	480	21	

– эхо-метод для относительно быстрого выявления трещин и их примерной локализации [2–4];
– дифракционно-временной метод (TOFD) для количественной оценки высоты трещин [5–7].

В результате ультразвукового контроля, выполненного с использованием стандартного эхо-метода, было установлено, что в основном металле корпуса регенератора отсутствует расслоение. В то же время в сварных соединениях с кольцевыми швами к.ш.1, к.ш.2, к.ш.5 были выявлены системные трещиноподобные несплошности (рис. 3). Плотность трещин на некоторых участках швов превышала 20...30 несплошностей на метр. На остальных участках указанных соединений также обнаружены трещиноподобные несплошности, но не столь высокой плотности. Наибольшие размеры трещиноподобных несплошностей были оценены величиной 100...120 мм от кольцевого шва в сторону основного металла. Кольцевой шов к.ш.5 имеет преимущественное растрескивание сварного шва в направлении обечайки Об.3 на расстояние не более 100 мм, в основном металле не более 50 мм. Развитие трещин в направлении конусной части незначительное и составляет около 20...35 мм.

В сварных соединениях к.ш.3, к.ш.4, где также выявлены многочисленные трещиноподобные несплошности, размеры и характер развития трещин были несколько иными. Несплошности в таких соединениях развиваются с внутренней стороны корпуса, а протяженность наибольших несплошностей составляет около 50...60 мм в каждую сторону от шва.

Т а б л и ц а 3. Ударная вязкость проб металла № 1–4

Номер пробы	KCU, Дж/см ² при температуре, °C		
	20	-20	-40
1	255...333	188...304	234...346
2	160...176	116...120	83...111
3	150...156	92...110	84...89
4	90...93	78...84	55...61
Исходное состояние	191...196	120...136	63...105
ГОСТ 19281-89	59	-	34

В нижней цилиндрической части регенератора к.ш.6 – к.ш.11 трещиноподобных несплошностей не обнаружено.

Следующий этап работы был связан с оценкой фактического состояния металла (структуры, механических свойств) сварных соединений после длительной, более 131 тыс. ч наработки в условиях эксплуатации. Для этого из корпуса регенератора в местах, где чаще всего обнаруживается образование трещин, был проведен отбор проб металла (см. рис. 1), из которого в дальнейшем изготавливались образцы для металлографических исследований и механических испытаний (статический разрыв и ударный изгиб). По результатам исследования проб металла установлено следующее:

подтверждено, что металлоконструкции регенератора изготовлены из стали 09Г2С (табл. 1);

в процессе эксплуатации заметных изменений в структуре металла на удалении более 150 мм от имеющихся швов не произошло;

металл сохранил статическую прочность, пластичность и ударную вязкость на уровне требований, предъявляемых к стали 09Г2С (табл. 2, 3);

при эксплуатации в металле шва и в основном металле, который расположен на расстоянии до 150 мм от оси шва, на внутренней и внешней поверхностях сварных соединений образовались микро- и макротрещины (рис. 4);

межзеренный характер развития трещин (рис. 5) свидетельствует о том, что это трещины коррозии, возникшие под напряжением;

на удалении 150 мм и более от металла швов сталь 09Г2С сохранила хорошую способность сопротивляться образованию холодных трещин.

На основании таких исследований был сделан вывод, что металл корпуса регенератора в зонах, где расположены поврежденные сварные соединения, накопил в процессе эксплуатации локальные повреждения. Ширина этих участков не превышает 150 мм от оси шва. Таким образом, стано-

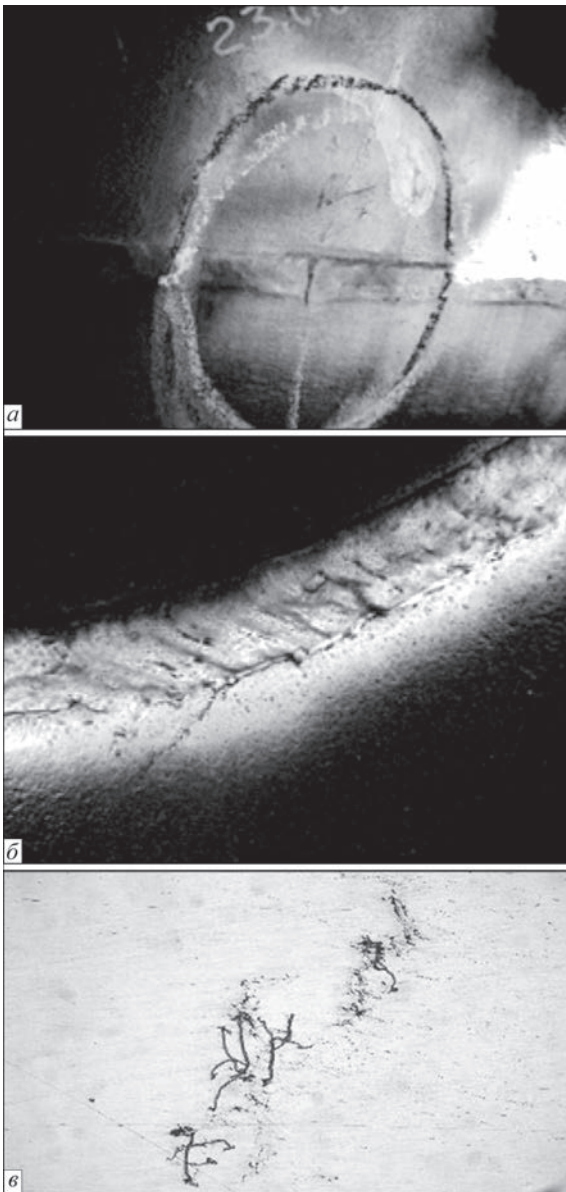


Рис. 4. Макро- (а, б) и микротрещины (в), образовавшиеся на внутренней (а) и внешней (б) поверхностях сварных соединений

вится очевидным, что техническое решение по ремонту корпуса регенератора должно предусматривать обязательное удаление металла, который расположен на расстоянии не менее 150 мм от оси шва. Учитывая это, ремонт кольцевых швов с массовым скоплением трещин выполнялся методом поэтапной вырезки и замены дефектных участков корпуса пластинами-вставками. С использованием данной технологии на участках корпуса регенератора, указанных на рис. 6, был проведен ремонт сварных соединений к.ш.5, к.ш.2 и к.ш.1.

На участках, где встречались единичные трещины небольшой протяженности, они удалялись методом вышлифовки с последующей заваркой образовавшейся разделки.

При поэтапном способе замены дефектных участков в вырезанные и подготовленные меха-

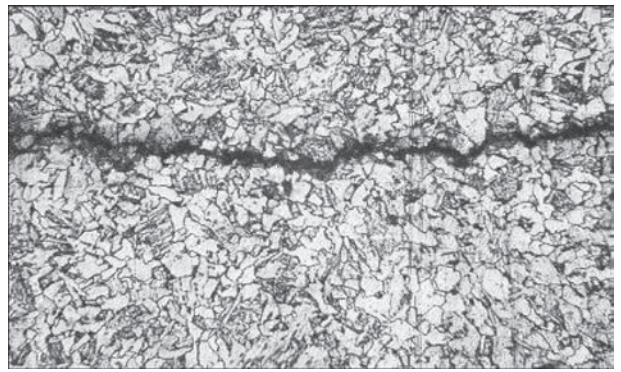


Рис. 5. Микроструктура ($\times 320$) металла образца № 1 в зоне образования трещины

ническим путем проемы последовательно устанавливались и вваривались, предварительно подвальцованные по радиусу пояса, листы из стали 09Г2С. Учитывая, что дефектные пояса имели значительные повреждения на длине, равной не менее $3/4$ их общей протяженности, их разбивали на равное количество участков.

Длина участков вырезки была соизмерима с длиной пластин, из которых состояла обечайка и корректировалась, исходя из требований, что места расположения вертикальных швов в местах соединения между собой вставок следует смещать относительно имеющихся на обечайке заводских швов на расстояние 150...200 мм. Количество участков, на которые разбивали ремонтируемые пояса, уточнялось по результатам их контроля с внутренней стороны регенератора. Ширина листов-вставок 300 мм. Последовательность вварки пластин-вставок в корпус регенератора показана на рис. 7.

Работа начиналась с того, что после удаления футеровки внутренняя и наружная поверхности корпуса, где производилась замена металла, очищалась от загрязнения, а затем зачищалась на ширину не менее 50 мм в каждую сторону от границ предполагаемого проема для проведения неразрушающего контроля. Зачистка выполнялась до металлического блеска механическим способом с использованием шлифмашинки, оснащенной набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток.

Неразрушающий контроль для определения границ пораженного трещинами участка проводился с использованием визуально-оптического, капиллярного и ультразвукового методов.

По результатам неразрушающего контроля проводили разметку ремонтируемого участка корпуса регенератора под вырезку.

Вырезку поврежденного трещинами участка осуществляли с использованием воздушно-плазменной резки. Так как работы выполнялись в зимний период, перед вырезкой дефектного участка

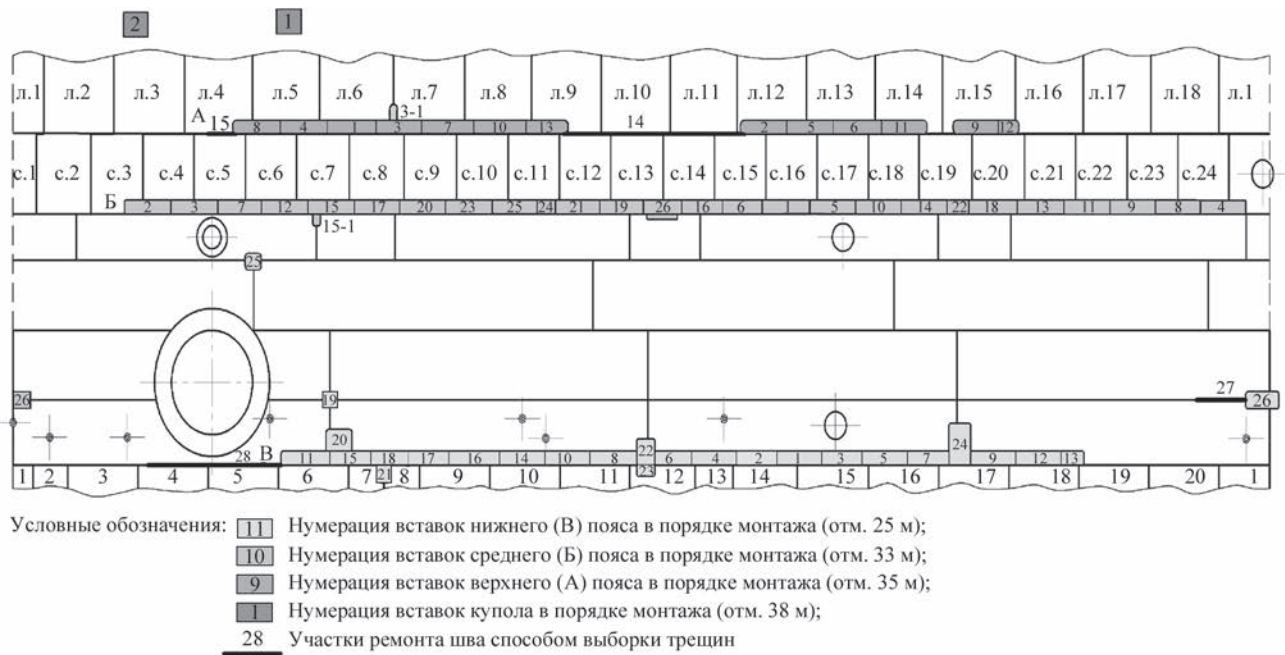


Рис. 6. Схематическое изображение размещения вставок

его подогревали газовыми горелками до температуры 50...70 °С.

Технологические проемы вырезали таким образом, чтобы их длина была на 300 мм, а ширина на 6...10 мм больше размеров ввариваемых пластин.

После вырезки технологического проема, механическим способом осуществлялась зачистка поверхности реза на глубину 0,5...1,0 мм, а затем визуально и с использованием метода цветной дефектоскопии контролировали полноту удаления дефектов.

Если в процессе контроля выявлялись остатки трещин, они разделялись механическим спосо-

бом и повторно подвергалась неразрушающему контролю. После полного удаления дефектов образовавшиеся разделки заваривались с использованием следующих процедур.

Перед сваркой каждый из участков, где была выполнена разделка остатков трещин, нагревался до температуры 120...150 °С. Сам процесс сварки осуществляли ручным дуговым способом с использованием электродов марки LB-52U диаметром 3,2 мм при выполнении корневого слоя шва, и электродов марки ОК 48.00 диаметром 4,0 мм при выполнении заполняющих и лицевого слоев шва. Сварку проводили на постоянном токе обратной полярности с использованием следующих режимов: $I_{св} = 90...120 \text{ А}$, $U_{д} = 26...28 \text{ В}$ при сварке электродами диаметром 3,2 мм и $I_{св} = 140...170 \text{ А}$, $U_{д} = 24...28 \text{ В}$ — электродами диаметром 4,0 мм.

После восстановления целостности кромок технологического окна на них с использованием воздушно-плазменной резки готовилась разделка под сварку пластин-вставок с корпусом регенератора. Затем кромки зачищались механическим способом на глубину 0,5...1,0 мм от поверхности кромки. При этом также до металлического блеска, с внешней и внутренней стороны корпуса и пластин-вставок, зачищалась поверхность свариваемых элементов. Зачистка выполнялась шлифмашинкой на расстояние не менее чем 20 мм от края каждой кромки. На окончательном этапе подготовки корпуса регенератора и пластин-вставок под сборку и сварку проверяли геометрию разделки и качество подготовки кромок. Конструктивные элементы сварных соединений соединяющих между собой пластину-вставку с корпусом регенератора и двух соседних пластин-вставок соот-

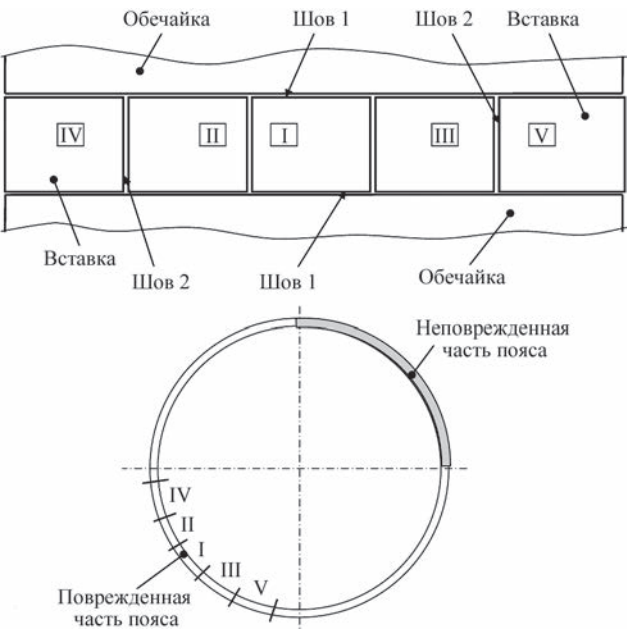


Рис. 7. Очередность сварки вставок при ремонте регенератора Р-202

ветствовали соединениям С12 и С21, указанным в ГОСТ 56264-80, ГОСТ 14771-76.

Во время сборки пластины-вставки устанавливали в подготовленные под сварку проемы в корпусе регенератора и прихватывались. Перед установкой прихваток и в процессе сварки соединения подогревали до температуры 120...150 °С. Такая температура предварительного подогрева была принята на основании того, что сварку проводили в зимнее время, когда температура воздуха опускалась ниже –20 °С.

Сварку осуществляли без перерывов в работе. При этом регулярно проводили контроль температуры предыдущего валика и следили за тем, чтобы в процессе заполнения разделки она находилась в пределах 100...180 °С. В случае вынужденных перерывов температуру сварного соединения поддерживали на уровне 100 °С.

Процесс сварки выполняли в следующей последовательности.

Первоначально штучными электродами с внутренней стороны регенератора выполнялась ручная дуговая сварка корневых слоев шва верхнего и нижнего горизонтальных стыковых соединений. При этом края пластины-вставки длиной 150...200 мм оставляли недоваренными. Сварку вели от середины вставки к ее концам обратноступенчатым способом, участками 100...150 мм, смещая начала и концы ступеней второго прохода относительно первого на 25...40 мм. Корень шва проваривался методом «двойного слоя».

После выполнения полноценных внутренних горизонтальных швов с наружной стороны с применением шлифмашинки обрабатывались корни горизонтальных швов до чистого бездефектного металла. Затем проводили сварку горизонтальных швов наружной стороны корпуса регенератора. Последовательность сварки наружной части шва была такой же, как и при его выполнении с внутренней стороны корпуса регенератора.

Для выполнения корневых валиков использовали электроды LB-52U диаметром 3,2 мм. Сварку осуществляли на следующем режиме: $I_{св} = 100...130$ А, $v_{св} = 6...7$ м/ч. Второй и последующие слои наружного шва выполнялись механизированной сваркой в среде смеси газов 80 % Ar + 20 % CO₂ проволокой марки ОК Aristorod 12.50 диаметром 1,2 мм на режиме: $I_{св} = 160...190$ А, $U_{д} = 24...28$ В, $v_{св} = 10...14$ м/ч. В труднодоступных для механизированной сварки местах заполнение разделки осуществлялось ручным дуговым способом штучными электродами ОК 53.70 (48.00) диаметром 4,0 мм на режиме: $I_{св} = 150...160$ А, $v_{св} = 7...9$ м/ч.

После завершения сварки верхнего и нижнего горизонтальных швов сварные соединения нагрелись

до температуры 200...220 °С (температура низкотемпературного отпуска), выдерживались при этой температуре 1 ч, затем укрывались теплоизолирующим поясом, под которым находились до полного остывания.

Далее воздушно-плазменной резкой проводили вырезку дефектной части корпуса регенератора слева и справа от вставки I для установки листов-вставок (карт) II и III. Выполняли разделку кромок и зачистку их до металлического блеска с внешней и внутренней стороны на расстояние не менее чем 20 мм от края каждой кромки. Устанавливали вставки II и III в проектное положение, закрепляли на сварочных монтажных прихватках. С внутренней стороны сваркой выполняли горизонтальные швы, оставляя у кромок примыкания листов II и III с листами I, IV и V роспуски длиной 200...300 мм.

После того как в корпус регенератора были вварены вставки I, II и III, приступали к сварке вертикальных швов, которыми соединялись между собой вставки I и II, I и III. Сварка вертикальных швов начинала выполняться в основном с внутренней стороны корпуса регенератора. В отдельных случаях порядок выполнения сварки вертикального шва целенаправленно использовался для регулирования положения пластины-вставки по отношению к корпусу регенератора. Именно из этих соображений, когда возникала необходимость «втянуть» концы пластины-вставки внутрь корпуса регенератора, последовательность сварки изменялась, и вертикальный шов начинали выполнять с наружной стороны корпуса.

Корневой и прикорневые слои вертикальных швов (с первого по третий) выполняли электродами марки LB-52U диаметром 3,2 мм на следующем режиме: $I_{св} = 90...120$ А, $U_{д} = 22...24$ В, $v_{св} = 6...7$ м/ч. После выполнения этих слоев шва с лицевой стороны сварного соединения проводилась расчистка корневого слоя шва механическим способом до чистого (бездефектного) металла. К заполнению разделки приступали после визуального контроля состояния поверхности расчищенного шва. Заполнение разделки осуществлялось комбинированным способом: четвертый, пятый, шестой слои выполняли ручной дуговой сваркой с использованием электродов марки ОК 53.70 (48.00) диаметром 4,0 мм; сварку последующих слоев шва осуществляли механизированным способом в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения марки ОК Aristorod 12.50 диаметром 1,2 мм. При этом использованы следующие режимы: $I_{св} = 150...160$ А, $U_{д} = 24...26$ В, $v_{св} = 7...9$ м/ч — для ручной дуговой сварки; $I_{св} = 140...150$ А, $U_{д} = 23...24$ В; $v_{св} = 7...9$ м/ч — для механизированной сварки в смеси газов.

После сварки вертикального шва выполнялось «замыкание» горизонтальных швов (в местах роспусков), т. е. в той части, которая оставалась недоваренной до выполнения вертикальных швов. Процедуру сварки горизонтальных швов в местах «замыканий» выполняли теми же сварочными материалами в последовательности и на режимах, что и основные горизонтальные швы, которыми сварены между собой пластины-вставки и корпус регенератора.

После завершения сварки вертикальных швов и «замыканий» участок корпуса регенератора, на котором выполнялись эти работы, нагревали до температуры 200...220 °С и выдерживали при данной температуре 1 ч с последующим укрытием теплоизолирующим поясом до полного остывания. После полного остывания сварных соединений их поверхность подготавливали механическим способом для выполнения неразрушающего контроля. Контроль качества сварных соединений осуществляли визуально-оптическим и ультразвуковым методами.

Перечисленные выше операции, способы и последовательность их выполнения были реализованы при ремонте остальных участков корпуса регенератора, требующих замены поврежденного металла. Всего с использованием этого способа была проведена замена поясных монтажных швов к.ш.5 протяженностью 23 м (вварено 18 пластин-вставок), к.ш.2 протяженностью 30 м (вварено 24 пластины-вставки) и к.ш.1 протяженностью 16 м (вварено 13 пластин-вставок).

После выполнения ремонтных работ были выполнены пневматические испытания корпуса регенератора на плотность. Во время таких испытаний утечек и видимых деформаций в зоне ремонта элементов конструкции не наблюдалось. Это свидетельствует о высоком качестве и надежности ремонтных сварных соединений.

Выводы

1. Для выявления и оценки несплошностей в сварных соединениях корпусов нефтеперерабатывающего оборудования рационально применять УЗК с использованием эхо-метода для относительно быстрого выявления трещин и их примерной локализации, а также TOFD метод для количественной оценки высоты трещин.

2. Программа проведения диагностического обследования, которая по требованиям НТД разрабатывается до начала работ, должна иметь возможность корректировки в зависимости от текущих результатов обследования.

3. До принятия технического решения по ремонту нефтеперерабатывающего оборудования должны быть выполнены металлографические ис-

следования металла сварных соединений и прилегающих к нему участков основного металла, что позволит оценить степень их поврежденности, а также установить характер и масштабы повреждений вне зоны сварных швов.

4. При восстановлении оборудования, имеющего повреждения не только сварных соединений, но и прилегающих к ним зон основного металла, ремонт рекомендуется выполнять с полной заменой поврежденных участков методом.

5. Условием надежной дальнейшей эксплуатации является использование технологий сварки, обеспечивающих минимизацию остаточных напряжений в сварных соединениях и конструкции в целом, что достигается поэтапной вырезкой поврежденных фрагментов корпуса и вваривания пластин-вставок с определенной последовательностью выполнения швов.

Список литературы

1. Позняков В. Д., Дядин В. П., Давыдов Е. А. (2016) Диагностическое обследование поврежденного регенератора установки каталитического крекинга с целью определения необходимых ремонтно-восстановительных работ для безопасной эксплуатации. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **1**, 45-49.
2. DSTU EN ISO 17640:2014. *Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Способи, рівні контролю і оцінювання*.
3. DSTU EN 10160:2015. *Контроль ультразвуковий сталевих виробів плоскої форми завтовшки 6 мм або більше (метод відбиття)*.
4. DSTU EN ISO 16826:2015. *Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Виявлення несуцільностей перпендикулярних до поверхні*.
5. DSTU EN ISO 10863:2014. *Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Застосування дифракційно-часового методу (TOFD)*.
6. DSTU EN ISO 16828:2015. *Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Дифракційно-часовий метод для виявлення та визначення розмірів несуцільностей*.
7. DSTU CEN/TS 14751:2008. *Зварювання. Використання дифракційно-часового методу (TOFD) для контролю зварних швів*.

References

1. Poznyakov, V.D., Dyadin, V.P., Davydov, E.A. (2016) Diagnostic examination of damaged regenerator of catalytic cracking unit, in order to determine the repair-reconditioning operations required for operating safety. *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **1**, 45-49 [in Russian].
2. DSTU EN ISO 17640:2014: *Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing. Techniques, testing levels, and assessment* [in Ukrainian].
3. DSTU EN 10160:2015: *Ultrasonic testing of steel flat product of thickness equal or greater than 6 mm (reflection method)* [in Ukrainian].
4. DSTU EN ISO 16826: *Non-destructive testing. Ultrasonic testing. Examination for discontinuities perpendicular to the surface* [in Ukrainian].
5. DSTU EN ISO 10863:2014: *Non-destructive testing of welds. Ultrasonic testing. Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD)* [in Ukrainian].
6. DSTU EN ISO 16828:2015: *Non-destructive testing. Ultrasonic testing. Time-of-flight diffraction technique as a method for detection and sizing of discontinuities* [in Ukrainian].

7. DSTU CEN/TS 14751:2008: *Welding. Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD) for examination of welds* [in Ukrainian].

В. Д. Позняков, В. П. Дядін, Є. О. Давидов,
А. О. Максименко, А. В. Клапатюк

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03680, м.Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА РЕМОНТ КОРПУСУ РЕГЕНЕРАТОРА КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ P-202

Розглянуто основні особливості проведеної технічної діагностики пошкодженого нафтохімічного устаткування для оцінки його ремонтпригодності. Відзначено, що для виявлення дефектів, природи їх розвитку та подальшої можливості проведення ремонтно-відновлювальних робіт, в більшості випадків потрібен індивідуальний підхід у виборі засобів і методів контролю. У роботі наводиться приклад створення і реалізації ремонтно-зварювальних технологій для відновлення цілісності та експлуатаційних характеристик корпусів судин з урахуванням результатів технічної діагностики та досліджень механічних властивостей. Бібліогр. 7. Табл. 3, рис. 7.

Ключові слова: ремонт корпусу регенератора, візуальний і

ультразвуковий контроль, зварні з'єднання, тріщини, ремонтно-зварювальна технологія

V.D. Poznyakov, V.P. Dyadin, E.A. Davydov,
A.A. Maksimenko, A.V. Klapatyuk

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.
11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua

EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION AND REPAIR OF CASING OF REGENERATOR OF CATALYTIC CRACKING P-202

The main features of technical diagnostics of damaged petrochemical equipment for evaluating its reparability are considered. It is noted that in order to detect defects, the nature of their development and the subsequent possibility of carrying out repair and restoration works, in most cases an individual approach in selection of means and methods of control is required. The work gives an example of creation and implementation of repair and welding technologies for restoration of integrity and service characteristics of vessel bodies, taking into account the results of technical diagnostics and investigations of mechanical properties. 7 Ref., 3 Tabl., 7 Fig.

Keywords: repair of regenerator casing, visual and ultrasonic testing, welded joints, cracks, repair and welding technology

Поступила в редакцию 17.10.2016

Гибридные сварочные оболочки для аддитивного производства

При сварке титана и любого другого реакционноспособного металла для введения присадки важно, чтобы зона сварки была очищена от кислорода и азота до уровня, равного 10^{-5} мм рт. ст. или менее.

Благодаря более чем 40-летнему опыту в области производства гибких сварочных оболочек, Huntingdon Fusion Techniques (HFT®) расширила свой диапазон по сравнению со стандартными круглыми оболочками, включив изготовление оболочек объемов 30 м³ и более для удовлетворения потребностей научно-исследовательских и производственных подразделений на международном уровне. Стабилизированный ультрафиолетом прозрачный полимер с низким давлением, используемый для этих оболочек, является жестким и трудно повреждаемым. Для тех случаев, когда может произойти повреждение, существует ремонтный комплект, который входит в поставку всех оболочек.

Эти специально разработанные оболочки имеют герметичные молнии, размещенные где угодно, так, чтобы они могли использоваться для доступа ко всем точкам входа. Входные точки для аргона размещаются на уровне пола, что является хорошей практикой для продувки аргоном с соответствующими точками выхлопа в верхней части. Дополнительные клапанные порты доступны для использования Weld Purge Monitors®, чтобы информировать пользователей, когда обеспечена сварочная безопасность, чтобы избежать риска окисления расходного материала.

Потолочные перчаточные отверстия встроены на этапе проектирования, и их можно интегрировать в любые требуемые положения вокруг корпусов.

Предоставляются панели обслуживания, обеспечивающие герметичную подачу всех необходимых шлангов, труб, входов и выходов для обеспечения подачи газа, электроэнергии, воды для обслуживания автоматических и ручных сварочных позиций.

Оболочки были изготовлены для WAAM (Wire plus Arc Additive Manufacturing), и они подходят для ручной и роботизированной TIG (GTAW) сварки, а также для роботизированного лазерного осаждения.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ В УКРАИНЕ

А. А. МАЗУР, В. Н. ЛИПОДАЕВ, С. В. ПУСТОВОЙТ, В. С. ПЕТРУК

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Сварка как основная технология соединения материалов является неотъемлемой составляющей промышленного сектора экономики, интегрированной в производственный процесс базовых отраслей промышленности. В статье представлена систематизированная экономико-статистическая информация о состоянии и развитии рынка сварочного оборудования и материалов в Украине, показатели объемов их производства и экспортно-импортных операций. Мощности украинских предприятий-производителей позволяют как удовлетворять спрос на внутреннем рынке, так и осуществлять поставки своей продукции на внешний рынок. Библиогр. 9, рис. 11.

Ключевые слова: сварочное производство, оборудование, материалы, технологии, рынок, состояние, перспективы

Процессы глобализации мировой экономики [1, 2] оказывают влияние на внутренний рынок сварочной техники в Украине и обуславливают необходимость проведения исследований его состояния для выявления перспективных направлений развития сварочного производства, оптимальных путей функционирования украинских предприятий и обеспечения стабильного спроса на продукцию в условиях жесткой конкуренции на внутреннем и внешних рынках. Экономико-статистическому анализу состояния мирового рынка сварочного оборудования и материалов посвящены работы [3–5]. Региональные особенности и перспективы его развития рассмотрены в работах [6–9], в которых показано, что стратегии развития национальных сварочных производств на среднесрочную перспективу практически не имеют резких отличий и ориентированы на решение наиболее актуальных задач, среди которых увеличение объемов и расширение областей применения сварки и родственных технологий, повышение производительности технологических процессов при одновременном обеспечении высокого качества соединений, а также снижение энергопотребления и общепроизводственных затрат на сварку и родственные технологии. Целью работы является исследование состояния и тенденций развития рынка сварочного оборудования и материалов в Украине. Такой анализ позволяет определить необходимые решения для успешного функционирования украинских производителей и обеспечение стабильно растущего спроса на их продукцию.

Сварочное производство в Украине является сложным научно-техническим и производственным комплексом национальной экономики, в котором задействовано около 80 тыс. человек. Его основными составляющими являются науч-

ные центры, ведущие исследования и разработки новых сварочных технологий, оборудования и материалов; промышленные предприятия, осуществляющие выпуск современного основного и вспомогательного оборудования, сварочных материалов, средств защиты производственной и окружающей среды; сеть организаций, обеспечивающих связь разработчиков и потребителей сварочной техники; система подготовки инженерных и рабочих кадров, состоящая из вузов I-IV уровня аккредитации и ПТУ.

Региональная структура мощностей сварочного производства в Украине и выпуска сварных конструкций представлена на рис. 1. Наибольшее количество промышленных предприятий, выпускающих более половины изготавливаемых в стране сварных конструкций, сосредоточено в Донецко-Приднепровском регионе, в котором расположены крупные производственные объединения различных отраслей промышленности.

Сварочное оборудование и материалы для сварки и пайки являются важными составляющими сварочного производства в Украине. Мощности украинских предприятий по их производству позволяют удовлетворять потребности как внутреннего рынка, так и осуществлять поставки продукции на внешние рынки. Динамика производства сварочного оборудования и сварочных материалов представлена на рис. 2. Видно, что во время кризисных явлений в экономике объемы производства существенно сокращаются, а при восстановлении — увеличиваются до предкризисных уровней. Неблагоприятная ситуация на мировом рынке, политический и экономический кризисы в Украине вызвали сокращение промышленного производства и, как следствие, снижение объемов выпуска сварочных материалов, которое

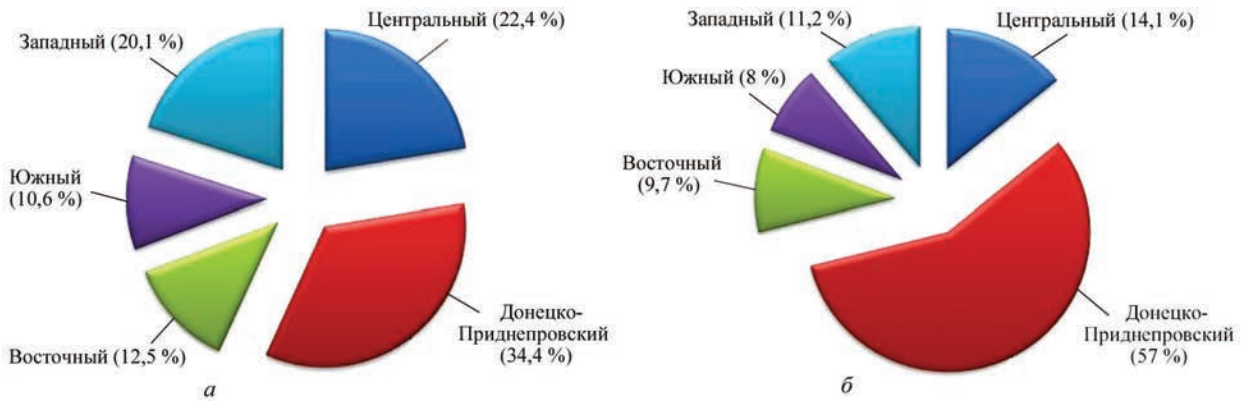


Рис. 1. Региональная структура предприятий по выпуску сварных конструкций (а) и объемы их производства (б) в Украине (состав регионов в соответствии с классификацией Госкомстата Украины)

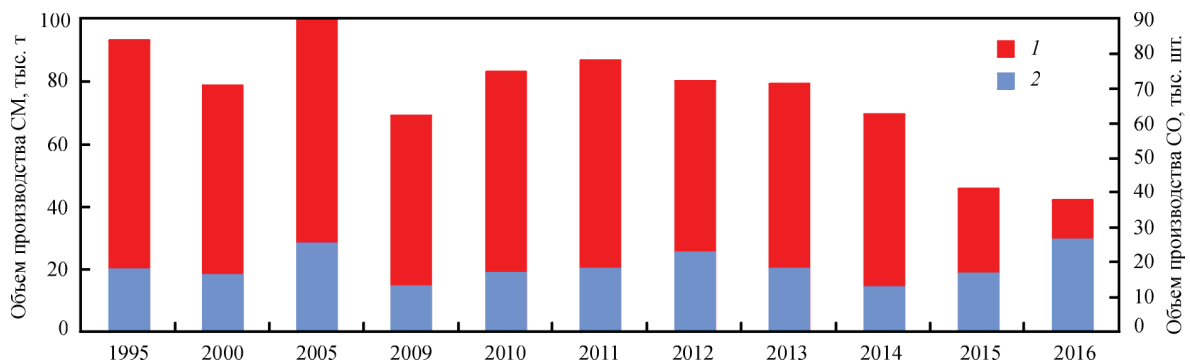


Рис. 2. Динамика производства сварочного оборудования (СО) и сварочных материалов (СМ) в Украине: 1 — СМ; 2 — СО

наблюдается во всех группах товаров сварочных материалов. Производство сварочного оборудования после спада в 2014 г. постепенно восстановилось и достигло в 2016 г. максимальной величины в 26,7 тыс. ед. Это свидетельствует о том, что предприятия-изготовители сварочного оборудования адаптировались к новым условиям внутреннего рынка.

Сварочное оборудование. Весомым сегментом украинского рынка сварочной техники является производство сварочного оборудования. В Украине насчитывается 39 предприятий-изготовителей сварочного оборудования, сертифицированных в системе УкрСЕПРО [1], производственные мощности которых позволяют суммарно производить 20...25 тыс. ед. оборудования в год.

Выпуск сварочного оборудования в Украине ориентирован на потребление как внутри страны в разных отраслях промышленности и строительства, так и на поставку на зарубежные рынки. Объемы производства зависят от состояния украинской экономики и спроса на внутреннем и мировом рынках сбыта. Реализация крупных инфраструктурных проектов (например, подготовка к проведению Евро-2012) способствует увеличению деловой активности предприятий, занятых на выполнении работ, и росту спроса на сварочное оборудование, а это, в свою очередь, стимулирует рост его объемов производства и реализации. С 2013 г. на основных внешних рынках наблюдает-

ся снижение спроса на многие товары украинской промышленности. Это обусловило спад производства в экспортно-ориентированных отраслях промышленности и снижение спроса на многие промышленные товары, в том числе и на сварочное оборудование. Адаптация предприятий-изготовителей к новым условиям, сложившимся на внутреннем и внешних рынках, позволила восстановить докризисные объемы производства.

На рис. 3 представлена динамика структура производства электросварочного оборудования в Украине. В структуре производства сварочного оборудования преобладают части, которые соответствуют производству автоматов и полуавтоматов для дуговой сварки. Объем их производства с 2013 г. постоянно растет и в 2016 г. составил 25,2 тыс. ед. Объем выпуска машин для контактной сварки за последние три года находится на уровне 100 машин в год. В основном это рельсосварочные машины, 98 % выпуска которых идет на экспорт. Выпуск же источников питания с 2012 г. постоянно сокращается и в 2016 г. составил 1,4 тыс. ед., что меньше показателя 2013 г. почти в 7 раз. Основной причиной такого спада является вступление Украины в ВТО и, соответственно, открытие внутреннего рынка. Объем импортных поставок сварочного оборудования на украинский рынок с тех пор постоянно растет и в условиях жесткой конкуренции доля отечественных производителей уменьшается.

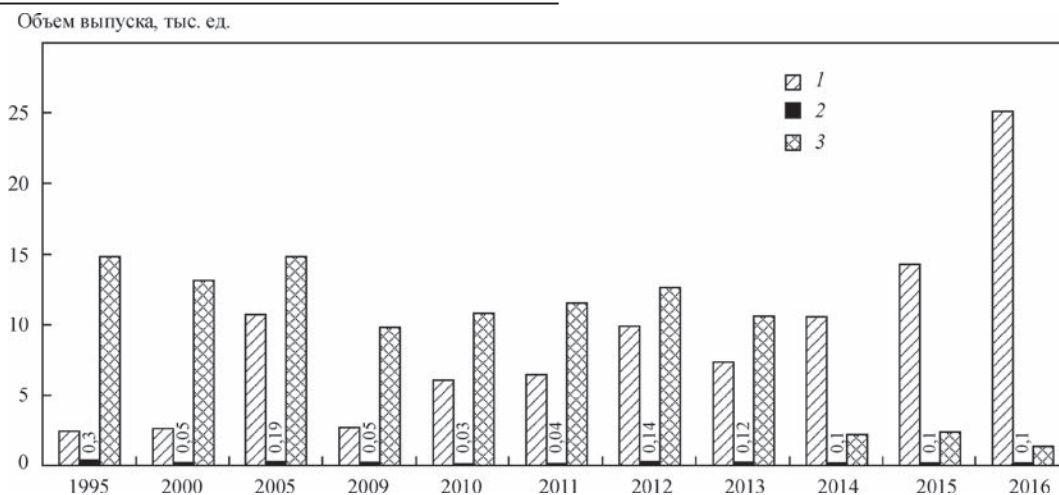


Рис. 3. Динамика и структура производства электросварочного оборудования, тыс. ед.: 1 — автоматы и полуавтоматы для РДС и ЭШС; 2 — машины для контактной сварки; 3 — источники питания, которые не входят в комплект автоматов и полуавтоматов

Также следует отметить, что в Украине практически прекратился выпуск автоматизированных электросварочных линий и комплексов, а также специализированного оборудования для специальных способов сварки, доля которых в структуре производства составляла несколько процентов. Это оборудование наиболее наукоемкое, высокотехнологичное, в котором внедрены перспективные научные и инженерные решения, как правило запатентованные.

Такое уникальное оборудование конкурентоспособно и востребовано на рынке. Как правило, такое оборудование создается предприятиями при тесном и плодотворном сотрудничестве с научными организациями, конструкторскими бюро, различными внедренческими организациями. Поэтому увеличение производства данного оборудования является одной из задач, стоящей перед предприятиями и организациями сварочного производства.

Динамика экспорта-импорта по группе товаров электросварочного оборудования представлена на

рис. 4. Во внешнеторговой деятельности с 2014 г. преобладают импортные операции, по сравнению с базовым периодом 2005 г. объем импорта в 2016 г. увеличился в 1,8 раза. Объем экспорта электросварочного оборудования зависит от спроса на внешних рынках. Во время кризисных явлений мировой экономики объемы поставок продукции снижаются, а во время восстановления рынка увеличиваются. Наблюдаемое соотношение объемов импортных и экспортных операций формирует отрицательное сальдо по группе товаров электросварочного оборудования.

Экспортно-импортные операции по группе товаров электросварочного оборудования охватывают свыше 50 стран. Среди них выделяются два основных региональных объединения — ЕС и СНГ. На страны СНГ (в основном Россия, Беларусь и Казахстан) приходится основная часть экспорта, а импорт поступает в основном из Европейского Союза и Китая. С 2008 г. существенно увеличились и затем ежегодно росли объемы поставок сварочного оборудования из Китая.

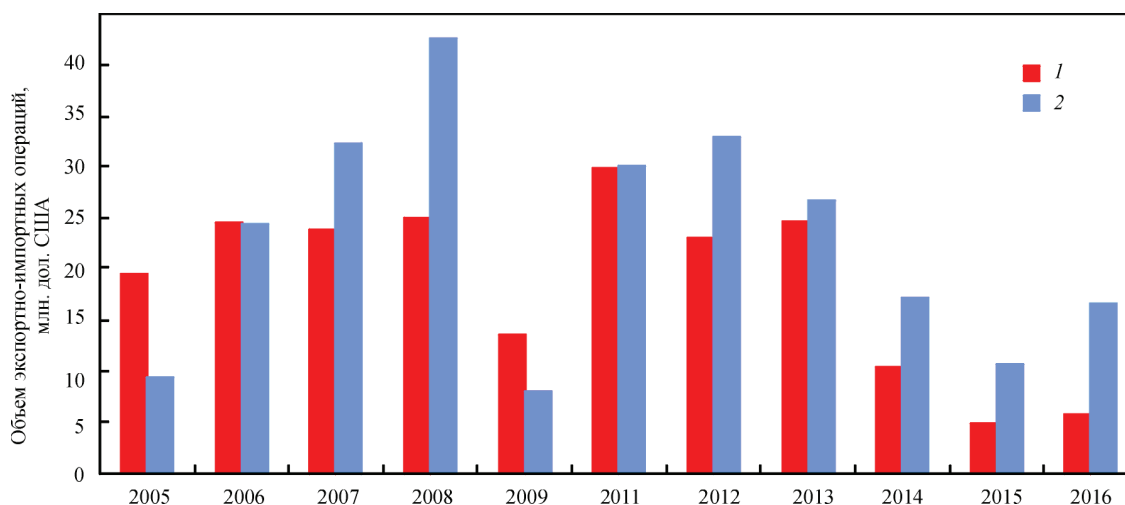


Рис. 4. Динамика экспорта-импорта по группе товаров электросварочного оборудования: 1 — экспорт; 2 — импорт

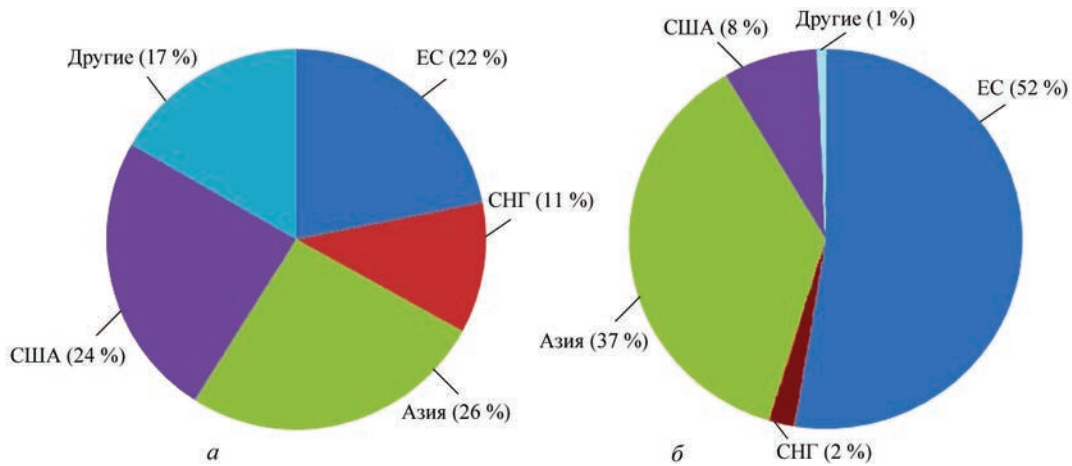


Рис. 5. Структура экспорта (а) и импорта (б) по основным региональным объединениям и странам в 2016 г.

На рис. 5 приведены данные экспорта-импорта за 2016 г. основной номенклатуры сварочного оборудования — машин для контактной сварки, аппаратов для дуговой сварки и других машин и аппаратов для сварки — по основным региональным объединениям. Они показывают тенденцию снижения объемов экспорта в страны СНГ и повышения доли импорта из стран ЕС (превышает 50 %).

Анализ состояния экспортно-импортных операций по группе товаров электросварочного оборудования показал, что производителям такого оборудования необходима диверсификация направлений сбыта своей продукции. Большая зависимость от поставок электросварочного оборудования на рынок стран СНГ в сегодняшних условиях взаимоотношений стран скрывает в себе большие риски. Ограничения, вводимые на этом рынке, могут негативно сказаться на экономическом состоянии предприятий-изготовителей сварочного оборудования.

Сварочные материалы изготавливаются на 64 предприятиях, из которых 32 сертифицированы в системе УкрСЕПРО. Из них ведущими производителями являются Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий, Плазматек, Вистек, БАДМ ЛТД, Опытный завод сварочных материалов, ТМ.ВЕЛТЕК, Ганза, Мариупольский меткомбинат им. Ильича и Сумы-Электрод. Суммарная

доля этих предприятий превышает 90 % годового выпуска сварочных материалов в Украине. Такой высокий показатель производства и продаж этих предприятий на внутреннем рынке свидетельствует о концентрации производства сварочных материалов на крупных предприятиях.

Производство сварочных материалов с 2012 г. постоянно сокращается. В 2015–2016 гг. объем выпуска составил 42...46 тыс. т, что почти в два раза меньше показателя 2012 г. Это обусловлено ограничениями в поставках продукции на рынок стран СНГ, который являлся основным внешним рынком. Весомой причиной является также изменение структуры промышленного производства в Украине. Доля машиностроения в общем объеме промышленного производства сократилась почти в 4 раза (до 7,2 %). Поэтому сократился выпуск основных видов промышленной продукции, при производстве которой сварочные технологии, применяемые для соединения и обработки конструкционных материалов, являются базовыми.

Динамика структуры выпуска сварочных материалов приведена на рис. 6. Анализ данных производства и реализации продукции показывает падение объемов по всем позициям номенклатуры группы товаров сварочных материалов, особенно, в 2014–2016 гг. Мощности украинских предприятий-производителей сварочных материалов рассчитаны на удовлетворение потребностей как

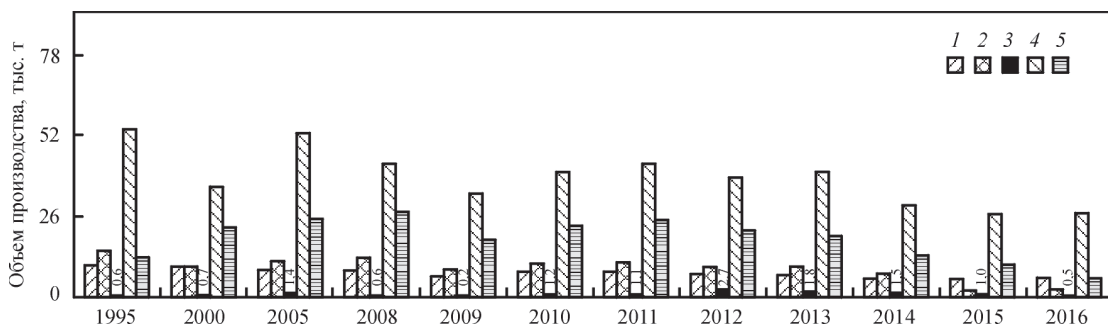


Рис. 6. Динамика структуры выпуска сварочных материалов: 1 — проволока сварочная обыкновенного качества; 2 — проволока сварочная легированная; 3 — проволока сварочная порошковая; 4 — электроды сварочные; 5 — флюсы сварочные

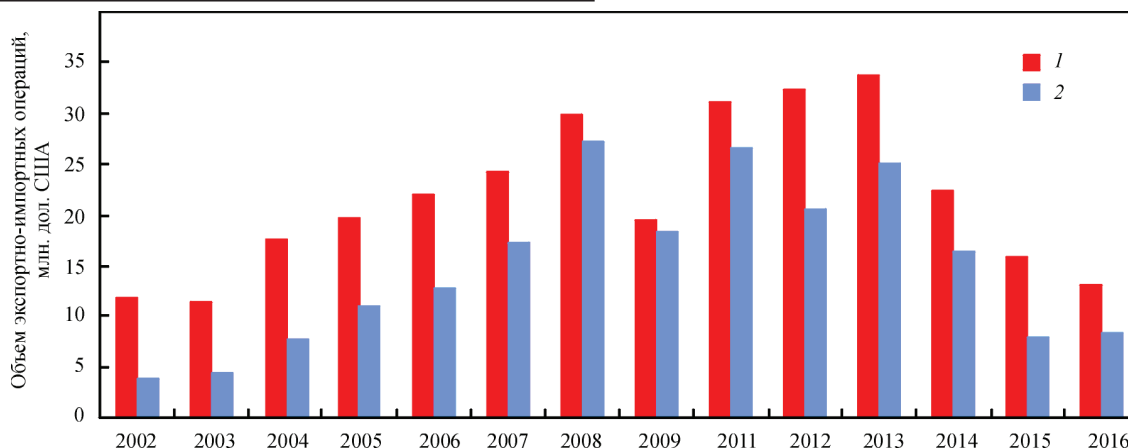


Рис. 7. Динамика экспортно-импортных операций по группе товаров сварочных материалов: 1 — экспорт; 2 — импорт



Рис. 8. Структура экспорта (а) и импорта (б) сварочных материалов в 2016 г., т

внутреннего рынка, так и на поставку на внешние рынки.

В структуре, по данным 2016 г., основную часть (65 %) занимает производство сварочных электродов, на сварочные флюсы приходится почти 15 %, на сварочную проволоку обычного качества — 14 %, на легированную проволоку — 5 %, а доля порошковой составляет менее 1 %.

Динамика и структура экспортно-импортных операций представлена на рис. 7 и 8. Экспортные поставки почти в 2 раза превышают импорт, что позволяет обеспечивать положительный внешнеторговый баланс по группе товаров сварочных материалов.

Украинские производители в 2016 г. в основном экспортировали сварочные флюсы и электроды, доля которых составляет почти 80 % (рис. 7). В структуре импорта основной объем (86 %) составляет легированная проволока, производство которой в Украине только осваивается на ведущих предприятиях.

С 2014 г. объем экспортных поставок сварочных материалов постоянно снижается и в 2016 г. составил 13 млн дол. США (в 2,5 раза меньше показателя 2013 г.), что составляет почти треть объема их производства в Украине. Объем импорта за

указанный период также уменьшился и составил 8,47 млн дол. США.

Такое соотношение экспорта-импорта обеспечивает положительный внешнеторговый баланс по сварочным материалам на протяжении 2002–2016 гг. Так, в 2016 г. внешнеторговый баланс составил 4,65 млн дол. США, т. е. предприятия, производящие сварочные материалы, являются одними из тех, которые способствуют поступлению иностранной валюты в Украину.

В 2016 г. экспортно-импортные операции по группе товаров сварочных материалов охватывали свыше 30 стран. Среди них выделяются страны, входящие в два основных региональных объединения — ЕС и СНГ (ТС). На страны СНГ (ТС) приходится основная часть экспорта, а импорт поступает в основном из Европейского Союза и Китая. На рис. 9 приведена география экспорта-импорта сварочных материалов по основным региональным объединениям.

Внешнеторговый баланс. Экспортно-импортные операции по группе товаров сварочной техники осуществлялись с организациями свыше 60 стран. Данные о динамике внешнеторгового баланса приведены на рис. 10. После вступления Украины в ВТО наблюдается отрицательное сальдо во внешней торговле, которое обусловлено

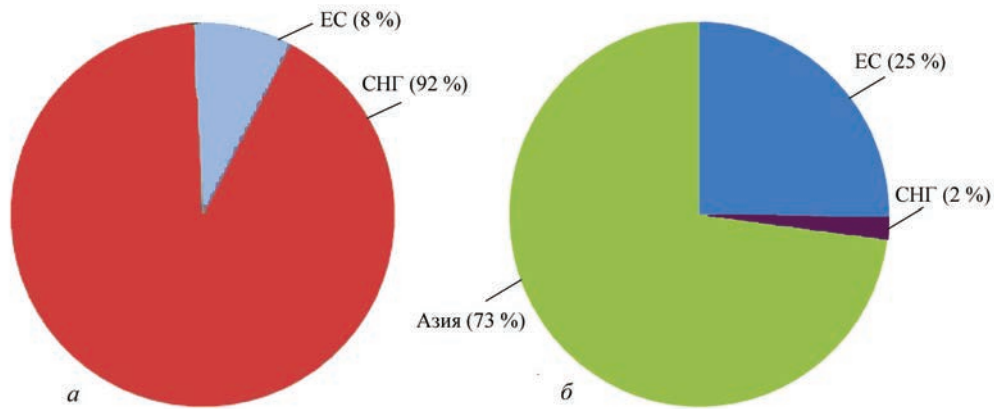


Рис. 9. География экспорта (а) и импорта (б) сварочных материалов по основным региональным объединениям в 2016 г.

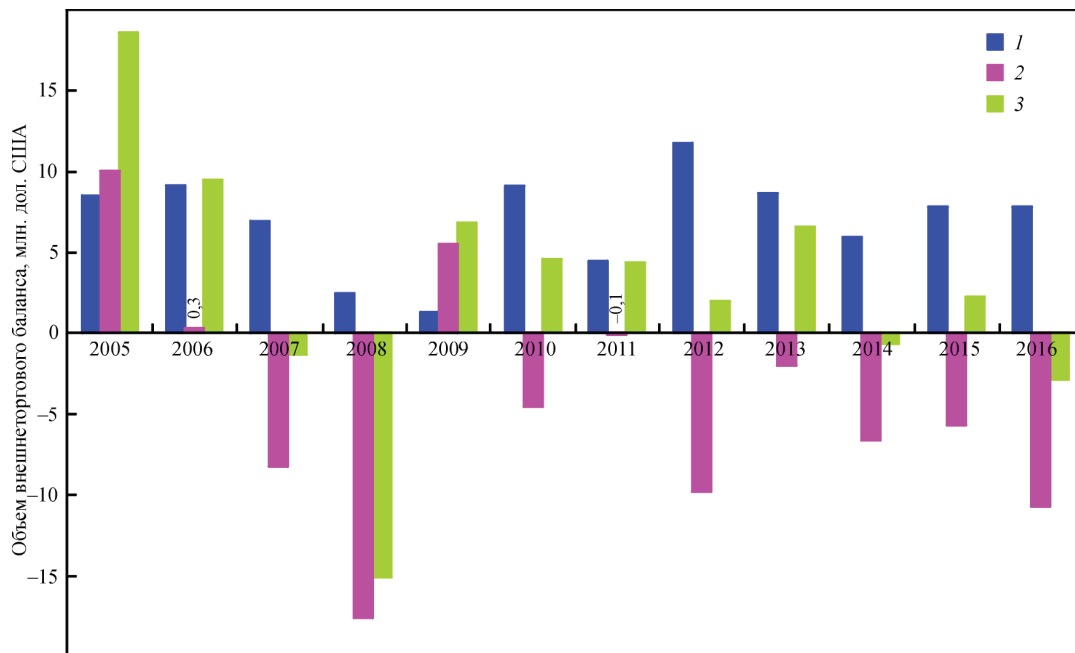


Рис. 10. Динамика внешнеторгового баланса по группе товаров сварочного оборудования и материалов за 2005–2016 гг.: 1 — сварочные материалы; 2 — сварочное оборудование; 3 — внешнеторговый баланс

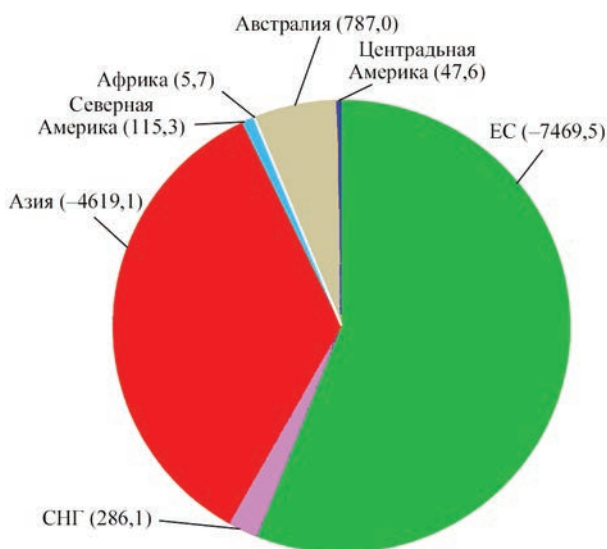


Рис. 11. Распределение внешнеторгового баланса по группе товаров электросварочного оборудования в 2016 г., тыс. дол. США

значительным преобладанием импортных поставок оборудования, особенно электросварочного. Во время финансового кризиса (2009 г.) вследствие девальвации гривни объем импорта значительно сократился и внешнеторговый баланс был положительным.

Данные о внешнеторговом балансе по основным регионам (за 2016 г.) по группе товаров электросварочного оборудования приведены на рис. 11. Положительный баланс наблюдается со странами СНГ, Африки, Центральной и Южной Америки, а отрицательный — со странами ЕС и Азии (в основном Китай, Турция и Южная Корея).

Выводы

Наличие экономической, статистической и маркетинговой информации о сварочном производстве в Украине позволяет предприятиям принимать обоснованные решения по выработке стратегии

действий на макро- и микроуровне для обеспечения своих конкурентных преимуществ и наращивания спроса на свою продукцию.

Результаты проведенного анализа состояния украинского рынка сварочного оборудования и материалов позволяют сделать вывод о том, что имеющиеся производственные мощности украинских предприятий-изготовителей позволяют удовлетворить внутренние потребности по группе товаров электросварочного оборудования и сварочных материалов, а также осуществлять поставки продукции на внешние рынки.

Дальнейшее устойчивое и эффективное развитие рынков сварочного оборудования и материалов возможно при активном трансфере высоких сварочных технологий и других инноваций.

Список литературы

1. Коваленко В. С. Глобализация и лазерная технология. <http://kpi.ua/ru/node/12977>
2. Бернадский В. Н., Маковецкая О. К. (2007) Сварочное производство и рынок сварочной техники в современной экономике. *Автоматическая сварка*, **1**, 44–48.
3. Бернадский В. Н., Мазур А. А. (1999) Состояние и перспективы мирового сварочного рынка. *Там же*, **11**, 49–55.
4. Pekkari B. (2004) The Future of Welding and Joining. *Svetsaren*, **1**, 53–59.
5. Миддельдорф К., Хофе Д. фон. (2009) Тенденции развития технологий соединения материалов. *Мир техники и технологий*, **11**, 12–16.
6. Маковецкая О. К. (2011) Современный рынок сварочной техники и материалов. *Автоматическая сварка*, **6**, 23–38.
7. Маковецкая О. К. (2012) Основные тенденции на рынке сварочной техники в 2008–2011 гг. и прогноз его развития (Обзор). *Там же*, **6**, 44–50.
8. Маковецкая О. К. (2012) Технологические инновации – основа повышения конкурентоспособности сварочного производства США. *Там же*, **11**, 53–57.
9. Задольский А. Н., Ма Пин. (2009) Обзор рынка сварочного производства Украины. *Бизнесинформ*, **5**, 33–39.

References

1. Kovalenko, V.S. Globalization and laser technology. <http://kpi.ua/ru/node/12977> [in Russian].
2. Bernadsky, V.N., Makovetskaya, O.K. (2007) Welding fabrication and welding equipment market in modern economy. *The Paton Welding J.*, **1**, 35–39.
3. Bernadsky, V.N., Mazur, A.A. (1999) State-of-the-art and prospects of world welding market. *Avtomatich. Svarka*, **11**, 49–55 [in Russian].
4. Pekkari B. (2004) The Future of Welding and Joining. *Svetsaren*, **1**, 53–59.
5. Middeldorf, K. Hofe, D. fon (2009) Tendencies of development of technologies for joining of materials. *Mir Tekhniki i Tekhnologij*, **11**, 12–16 [in Russian].

6. Makovetskaya, O.K. (2011) Modern market of welding equipment and materials. *The Paton Welding J.*, **6**, 18–32.
7. Makovetskaya, O.K. (2012) Main tendencies at the market of welding technologies in 2008–2011 and forecast of its development (Review). *Ibid.*, **6**, 32–38.
8. Makovetskaya, O.K. (2012) Technological innovations – basis for increase of competitiveness of the U.S. welding production. *Ibid.*, **11**, 48–52.
9. Zadolsky, A.N., Ma Pin (2009) Review of market of welding production of Ukraine. *Biznesinform*, **5**, 33–39 [in Russian].

О. А. Мазур, В. М. Ліподаєв,
С. В. Пустовойт, В. С. Петрук

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ ЗВАРЮВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ В УКРАЇНІ

Зварювання як основна технологія з'єднання матеріалів є невід'ємною складовою промислового сектора економіки, інтегрованої в виробничий процес базових галузей промисловості. У статті представлена систематизована економіко-статистична інформація про стан та розвиток ринку зварювального устаткування і матеріалів в Україні, показники обсягів їх виробництва та експортно-імпортних операцій. Потужності українських підприємств-виробників дозволяють як задовольняти попит на внутрішньому ринку, так і здійснювати поставки своєї продукції на зовнішній ринок. Бібліогр. 9, рис. 11.

Ключові слова: зварювальне виробництво, устаткування, матеріали, технології, ринок, стан, перспективи

A. A. Mazur, V. N. Lipodaev, S. V. Pustovoyt and V. S. Petruk

E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.
11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua

CURRENT STATE OF WELDING EQUIPMENT AND MATERIALS MARKET IN UKRAINE

Welding as a main materials joining technology is an integral part of commercial sector of economy, integrated into production process of the basic branches of industry. The paper provides systematic economical-statistical information on state and evolution of market of welding equipment and materials in Ukraine, indices of volumes of their production and export-import operations. Production capacities of enterprise-manufacturers allow satisfying internal market demand as well as supply products to external market. 9 Ref., 11 Fig.

Keywords: welding production, welding equipment, welding materials, technology, market, state, perspectives.

Поступила в редакцию 05.10.2017

ВНЕДРЕНИЕ ГАРМОНИЗИРОВАННЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ И ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ В СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО УКРАИНЫ

Н. А. ПРОЦЕНКО

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

С целью приведения национальной системы стандартизации к европейским и международным стандартам разработан и принят Закон Украины от 05.06.2014 № 1315-VII «О стандартизации» (далее Закон, вступивший в силу 03.01.2015), который предусматривает совершенствование правовых и организационных основ национальной стандартизации.

Согласно Программы деятельности Кабинета Министров Украины, утвержденной Постановлением Кабинета Министров Украины от 09.12.2014 № 695 и одобренной Постановлением Верховной Рады Украины от 11.12.2014 № 26-VIII было принято решение об отмене межгосударственных стандартов (ГОСТ), разработанных до 1992 г. Соответствующая информация 27.03.2017 была размещена на веб-сайте Государственного предприятия ГП «УкрНДНЦ», который выполняет функции Национального органа стандартизации. Для выполнения Программы ГП «УкрНДНЦ» на протяжении 2015 г. отменило все действующие в Украине ГОСТы (со сроками отмены в 2016, 2017, 2018 и 2019 гг.). Соответствующая информация размещена на веб-сайте ГП «УкрНДНЦ». Срок действия ГОСТов, касающихся сварочного производства, заканчивается 01.01.2018.

Законом Украины от 05.06.2014 № 1315-VII «Про стандартизацию», который действует с 03.01.2015 г., в национальное законодательство Украины как государства — члена Всемирной организации торговли (ВТО), реализованы положения Соглашения ВТО о технических барьерах в торговле, а именно Кодекса добровольной практики по разработке, принятию и использованию стандартов, введению международных и европейских принципов стандартизации.

Прежде всего это касается принципа добровольного применения национальных стандартов, который изложен в статье 4 и статье 23 Закона, где указано, что

национальные стандарты применяются на добровольной основе.

В соответствии со статьей 15 Хозяйственного кодекса Украины применение стандартов является обязательным:

- если это установлено нормативно-правовыми актами;
- для участников контракта по разработке, изготовлению или поставке продукции, если в нем есть ссылка на определенные стандарты;
- для производителя или поставщика продукции, если он оформил декларацию о соответствии продукции определенным стандартам или применил обозначение этих стандартов в ее маркировке.

Многие предприятия Украины, имеющие сварочные производства и выполняющие заказы для внешних рынков, используют международные и европейские стандарты на языке оригинала или стандарты, гармонизированные в Украине.

Сейчас в Украине введено в действие более 400 стандартов, касающихся сварочного производства, которые могут в полной мере заменить отмененные ГОСТы. В табл. 1 приведен перечень ГОСТов, касающихся сварочного производства и подлежащих отмене с 01.01.2018 (в соответствии с Постановлением КМУ от 09.12.2014 № 695). В табл. 2-6 приведен перечень гармонизированных стандартов на сварочные материалы, механические испытания, неразрушающий контроль, общие требования по процессам и технологиям сварки, квалификации сварочного персонала.

С актуальным состоянием нормативной документации можно ознакомиться на сайте УкрНДНЦ в разделах «Магазин стандартов» и «Каталог нормативной документации».



Таблица 1. Перечень отменяемых стандартов (ГОСТов) с 01.01.2018 г.

Международный стандарт	Нормативный документ
ГОСТ 4.41-85	СПКП. Машины для термической резки металлов. Номенклатура показателей
ГОСТ 4.44-89	СПКП. Оборудование сварочное механическое. Номенклатура показателей
ГОСТ 4.140-85	СПКП. Оборудование электросварочное. Номенклатура показателей
ГОСТ 12.1.035-81	ССБТ. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений
ГОСТ 12.2.007.8-75	ССБТ. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.052-81	ССБТ. Оборудование, работающее с газообразным кислородом. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.054-81	ССБТ. Установки ацетиленовые. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.054.1-89	ССБТ. Установки ацетиленовые. Приемка и методы испытаний
ГОСТ 12.2.060-81	ССБТ. Трубопроводы ацетиленовые. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.003-86	ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.025-80	ССБТ. Обработка металлов резанием. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.026-81	ССБТ. Работы кузнечно-прессовые. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.028-82	ССБТ. Процессы обработки абразивным и элборовым инструментом. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.036-84	ССБТ. Газопламенная обработка металлов. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.039-85	ССБТ. Плазменная обработка металлов. Требования безопасности
ГОСТ 31.2031.01-91	Приспособления сборно-разборные переналаживаемые для сборки деталей под сварку. Типы, параметры и размеры
ГОСТ 31.2031.02-91	Приспособления сборно-разборные переналаживаемые для сборки деталей под сварку. Технические условия
ГОСТ 95-77	Трансформаторы однофазные однопостовые для ручной дуговой сварки. Общие технические условия
ГОСТ 297-80	Машины контактные. Общие технические условия
ГОСТ 304-82	Генераторы сварочные. Общие технические условия
ГОСТ 1077-79	Горелки однопламенные универсальные для ацетилено-кислородной сварки, пайки и подогрева. Типы, основные параметры и размеры и общие технические требования
ГОСТ 1429.0-77	Припой оловянно-свинцовые. Общие требования к методам анализа
ГОСТ 1429.1-77	Припой оловянно-свинцовые. Методы определения сурьмы
ГОСТ 1429.2-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения олова
ГОСТ 1429.3-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения железа
ГОСТ 1429.4-77	Припой оловянно-свинцовые. Методы определения меди
ГОСТ 1429.5-77	Припой оловянно-свинцовые. Методы определения висмута
ГОСТ 1429.6-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения серы
ГОСТ 1429.7-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения никеля
ГОСТ 1429.8-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения цинка
ГОСТ 1429.9-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения алюминия
ГОСТ 1429.10-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения мышьяка
ГОСТ 1429.11-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения кадмия
ГОСТ 1429.12-77	Припой оловянно-свинцовые. Метод определения свинца
ГОСТ 1429.13-77	Припой оловянно-свинцовые. Спектральный метод определения примесей сурьмы, меди, висмута, мышьяка, железа, никеля, цинка, алюминия с использованием синтетических градуировочных образцов
ГОСТ 1429.15-77	Припой оловянно-свинцовые. Спектральный метод определения примесей сурьмы, меди, висмута, мышьяка, железа, свинца
ГОСТ 2402-82	Агрегаты сварочные с двигателями внутреннего сгорания. Общие технические условия
ГОСТ 2601-84	Сварка металлов. Термины и определения основных понятий
ГОСТ 3242-79	Соединения сварные. Методы контроля качества
ГОСТ 5191-79	Резаки инжекторные для ручной кислородной резки. Типы, основные параметры и общие технические требования
ГОСТ 5264-80	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 5614-74	Машины для термической резки металлов. Типы, основные параметры и размеры
ГОСТ 6996-66	Сварные соединения. Методы определения механических свойств
ГОСТ 7122-81	Швы сварные и металл наплавленный. Методы отбора проб для определения химического состава
ГОСТ 7237-82	Преобразователи сварочные. Общие технические условия
ГОСТ 7871-75	Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия
ГОСТ 8213-75	Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом. Общие технические условия

Международный стандарт	Нормативный документ
ГОСТ 8713-79	Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 8856-72	Аппаратура для газопламенной обработки. Давление горючих газов
ГОСТ 9466-75	Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия
ГОСТ 9467-75	Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы
ГОСТ 10051-75	Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы
ГОСТ 10052-75	Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы
ГОСТ 10594-80	Оборудование для дуговой, контактной, ультразвуковой сварки и для плазменной обработки. Ряды параметров
ГОСТ 11533-75	Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 11534-75	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 11930.0-79	Материалы наплавочные. Общие требования к методам анализа
ГОСТ 11930.1-79	Материалы наплавочные. Методы определения углерода
ГОСТ 11930.2-79	Материалы наплавочные. Метод определения серы
ГОСТ 11930.3-79	Материалы наплавочные. Метод определения кремния
ГОСТ 11930.4-79	Материалы наплавочные. Метод определения хрома
ГОСТ 11930.5-79	Материалы наплавочные. Методы определения марганца
ГОСТ 11930.6-79	Материалы наплавочные. Методы определения никеля
ГОСТ 11930.7-79	Материалы наплавочные. Методы определения железа
ГОСТ 11930.8-79	Материалы наплавочные. Метод определения фосфора
ГОСТ 11930.9-79	Материалы наплавочные. Методы определения бора
ГОСТ 11930.10-79	Материалы наплавочные. Метод определения вольфрама
ГОСТ 11930.11-79	Материалы наплавочные. Метод определения молибдена
ГОСТ 11930.12-79	Материалы наплавочные. Метод определения сурьмы
ГОСТ 12169-82	Заготовки стальные, вырезаемые кислородной резкой. Припуски
ГОСТ 12221-79	Аппаратура для плазменно-дуговой резки металлов. Типы и основные параметры
ГОСТ 13585-68	Сталь. Метод валиковой пробы для определения допускаемых режимов дуговой сварки и наплавки
ГОСТ 13821-77	Выпрямители однопостовые с падающими внешними характеристиками для дуговой сварки. Общие технические условия
ГОСТ 13861-89 (ИСО 2503-83)	Редукторы для газопламенной обработки. Общие технические условия
ГОСТ 14651-78	Электрододержатели для ручной дуговой сварки. Технические условия
ГОСТ 14771-76	Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 14776-79	Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 14792-80	Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза
ГОСТ 14806-80	Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 15164-78	Электродшлаковая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 15878-79	Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 16037-80	Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 16038-80	Сварка дуговая. Соединения сварные трубопроводов из меди и медно-никелевого сплава. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 16098-80	Соединения сварные из двухслойной коррозионно-стойкой стали. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 16310-80	Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винипласта. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 16882.1-71	Серебряно-медно-фосфорные припои. Метод определения массовой доли серебра
ГОСТ 16882.2-71	Серебряно-медно-фосфорные припои. Методы определения массовой доли фосфора, свинца, железа и висмута
ГОСТ 16883.1-71	Серебряно-медно-цинковые припои. Метод определения массовой доли серебра
ГОСТ 16883.2-71	Серебряно-медно-цинковые припои. Метод определения массовой доли меди

Международный стандарт	Нормативный документ
ГОСТ 16883.3-71	Серебряно–медно–цинковые припои. Спектральный метод определения свинца, железа и висмута
ГОСТ 16971-71	Швы сварных соединений из винипласта, поливинилхлоридного пластика и полиэтилена. Методы контроля качества. Общие требования
ГОСТ 17325-79	Пайка и лужение. Основные термины и определения
ГОСТ 17349-79	Пайка. Классификация способов
ГОСТ 18130-79	Полуавтоматы для дуговой сварки плавящимся электродом. Общие технические условия
ГОСТ 19248-90, (ИСО 3677-76)	Припои. Классификация и обозначения
ГОСТ 19249-73	Соединения паяные. Основные типы и параметры
ГОСТ 19521-74	Сварка металлов. Классификация
ГОСТ 19738-74	Припои серебряные. Марки
ГОСТ 19739-74	Полосы из припоев серебряных. Технические условия
ГОСТ 19746-74	Проволока из припоев серебряных. Технические условия
ГОСТ 20485-75	Пайка. Метод определения затекания припоя в зазор
ГОСТ 20487-75	Пайка. Метод испытаний для оценки влияния жидкого припоя на механические свойства паяемого материала
ГОСТ 20549-75	Диффузионная сварка в вакууме рабочих элементов разделительных и формообразующих штампов. Типовой технологический процесс
ГОСТ 21449-75	Прутки для наплавки. Технические условия
ГОСТ 21547-76	Пайка. Метод определения температуры распайки
ГОСТ 21548-76	Пайка. Метод выявления и определения толщины прослойки химического соединения
ГОСТ 21549-76	Пайка. Метод определения эрозии паяемого материала
ГОСТ 21930-76	Припои оловянно–свинцовые в чушках. Технические условия
ГОСТ 21931-76	Припои оловянно–свинцовые в изделиях. Технические условия
ГОСТ 22917-78	Соединители кабеля для дуговой сварки. Технические условия
ГОСТ 22974.14-90	Флюсы сварочные плавные. Метод определения содержания влаги
ГОСТ 22990-78	Машины контактные. Термины и определения
ГОСТ 23046-78	Соединения паяные. Метод испытаний на удар
ГОСТ 23137-78	Припои медно–цинковые. Марки
ГОСТ 23178-78	Флюсы паяльные высокотемпературные фторборатно– и боридногалогенидные. Технические условия
ГОСТ 23240-78	Конструкции сварные. Метод оценки хладостойкости по реакции на ожог сварочной дугой
ГОСТ 23338-91	Сварка металлов. Методы определения содержания диффузионного водорода в наплавленном металле и металле шва
ГОСТ 23518-79	Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 23792-79	Соединения контактные электрические сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 23870-79	Свариваемость сталей. Метод оценки влияния сварки плавлением на основной металл
ГОСТ 23904-79	Пайка. Метод определения смачивания материалов припоями
ГОСТ 23949-80	Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия
ГОСТ 24167-80	Соединения паяные. Метод испытаний на изгиб
ГОСТ 24715-81	Соединения паяные. Метод контроля качества
ГОСТ 25001-81	Заготовки для теплообменников листовые прокатно–сварные алюминиевые. Технические условия
ГОСТ 25445-82	Бараны, катушки и сердечники для сварочной проволоки. Основные размеры
ГОСТ 25616-83	Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств
ГОСТ 26054-85	Роботы промышленные для контактной сварки. Общие технические условия
ГОСТ 26056-84	Роботы промышленные для дуговой сварки. Общие технические условия
ГОСТ 26408-85	Колонны для сварочных полуавтоматов. Типы, основные параметры и размеры
ГОСТ 26446-85	Соединения паяные. Методы испытаний на усталость
ГОСТ 26467-85	Лента порошковая наплавочная. Общие технические условия
ГОСТ 27265-87	Проволока сварочная из титана и титановых сплавов. Технические условия
ГОСТ 27387-87	Роботы промышленные для контактной точечной сварки. Основные параметры и размеры
ГОСТ 27580-88	Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

Международный стандарт	Нормативный документ
ГОСТ 27776-88	Модули производственные гибкие дуговой сварки и плазменной обработки. Основные параметры
ГОСТ 28332-89	Модули производственные гибкие дуговой сварки. Нормы надежности и основные требования к методам контроля
ГОСТ 28555-90	Флюсы керамические для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия
ГОСТ 28830-90 (ISO 3787-85)	Соединения паяные. Методы испытаний на растяжение и длительную прочность
ГОСТ 28915-91	Сварка лазерная импульсная. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 28944-91	Оборудование сварочное механическое. Методы испытаний
ГОСТ 29090-91 (ISO 9539-88)	Материалы, используемые в оборудовании для газовой сварки, резки и аналогичных процессов. Общие требования
ГОСТ 29091-91 (ISO 9012-88)	Горелки ручные газоздушные инжекторные. Технические требования и методы испытаний
ГОСТ 29273-92 (ISO 581-80)	Свариваемость. Определение
ГОСТ 29297-92 (ISO 4063-90)	Сварка, высокотемпературная и низкотемпературная пайка, пайкосварка металлов. Перечень и условные обозначения процессов

Таблица 2. Перелік гармонізованих стандартів на зварювальні матеріали

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 544:2015 (EN ISO 544:2011, IDT)	Матеріали зварювальні. Технічні умови постачання зварювальних присадних матеріалів. Тип продукції, розміри, допуски і маркування
ДСТУ EN ISO 2560:2015 (ISO 2560:2005, IDT)	Матеріали зварювальні. Електроди покриті для ручного дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 3581:2015 (EN ISO 3581:2012, IDT)	Матеріали зварювальні. Електроди покриті для ручного дугового зварювання нержавіючих і жароміцних сталей. Класифікація
ДСТУ ISO 6847:2015 (ISO 6847:2013, IDT)	Матеріали зварювальні. Наплавлення валика металу шва для хімічного аналізу
ДСТУ ISO 14341:2015 (EN ISO 14341:2011, IDT)	Матеріали зварювальні. Електродні дроти та наплавлений метал, при зварюванні в захисному газі плавким електродом нелегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 14372:2015 (EN ISO 14372:2011, IDT)	Матеріали зварювальні. Визначення вологостійкості електродів для ручного дугового зварювання виміром дифузійного водню
ДСТУ EN ISO 14171:2015 (EN ISO 14171:2010, IDT)	Матеріали зварювальні. Комбінація дріт-флюс для зварювання низьколегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 14174:2015 (EN ISO 14174:2012, IDT)	Матеріали зварювальні. Флюси для зварювання під флюсом. Класифікація
ДСТУ EN ISO 18275:2015 (EN ISO 18275:2012, IDT)	Матеріали зварювальні. Електроди покриті металеві для ручного дугового зварювання високоміцних сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 18273:2015 (EN ISO 18273:2004, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт електродний, дріт та прутки для зварювання алюмінію і алюмінієвих сплавів. Класифікація
ДСТУ EN ISO 18274:2015 (EN ISO 18274:2010, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт електродний суцільний, стрічки електродні суцільні, дріт та прутки суцільні для зварювання плавленням нікелю та нікелевих сплавів. Класифікація
ДСТУ EN ISO 14343:2015 (EN ISO 14343:2009, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт та стрічки електродні, дріт та прутки для зварювання плавленням неіржавіючих сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 16834:2015 (EN ISO 16834:2012, IDT)	Матеріали зварювальні. Дроти електродні, прутки та наплавлений метал для зварювання високоміцних сталей в захисному газі. Класифікація
ДСТУ EN ISO 17632:2015 (EN ISO 17632:2008, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей у захисному газі і без захисного газу. Класифікація
ДСТУ ISO 17633:2015 (ISO 17633:2010, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для зварювання нержавіючих і жароміцних сталей плавким електродом в захисних газах або без захисного газу. Класифікація.
ДСТУ ISO 17634:2015 (ISO 17634:2015, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для зварювання жароміцних сталей плавким електродом в захисних газах. Класифікація
ДСТУ EN ISO 18276:2015 (EN ISO 18276:2006, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для зварювання високоміцних сталей в захисних газах. Класифікація
ДСТУ EN ISO 3580:2015 (EN ISO 3580:2011, IDT)	Матеріали зварювальні. Електроди з покриттям для ручного дугового зварювання жароміцних сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 636:2015 (EN ISO 636:2008, IDT)	Матеріали зварювальні. Дроти електродні, прутки та наплавлений метал для зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей вольфрамовим електродом в захисних газах. Класифікація
ДСТУ EN ISO 26304:2015 (EN ISO 26304:2011, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт електродний суцільний, дріт порошковий та комбінація дріт-флюс для зварювання під флюсом високоміцних сталей. Класифікація

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 6848:2015 (EN ISO 6848:2004, IDT)	Дугове зварювання та різання. Електроди вольфрамові неплавкі. Класифікація
ДСТУ ISO 14344 :2015 (ISO 14344 :2010, IDT)	Зварювання і споріднені процеси. Флюси і захисні гази для дугового зварювання. Настанови щодо постачання матеріалів
ДСТУ EN ISO 24034 : 2015 (EN ISO 24034 : 2010, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт електродний суцільний, дріт і прутки суцільні для дугового зварювання титану і титанових сплавів. Класифікація
ДСТУ EN ISO 12153 : 2015 (EN ISO 12153 : 2012, IDT)	Дріт порошковий для дугового зварювання нікелю та нікелевих сплавів в захисному газі і самозахисні. Класифікація
ДСТУ EN ISO 14172 : 2015 (EN ISO 14172 : 2013, IDT)	Матеріали зварювальні. Електроди з покриттям для ручного дугового зварювання нікелю та нікелевих сплавів. Класифікація
ДСТУ EN ISO 21952 : 2015 (EN ISO 21952 : 2012, IDT)	Матеріали зварювальні. Дріт електродний, дріт, прутки і депозити для дугового зварювання в захисних газах жароміцних сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 24598 : 2015 (EN ISO 24598 : 2012, IDT)	Матеріали зварювальні. Дроти електродні суцільні, дроти порошкові і комбінація дріт-флюс для дугового зварювання жароміцних сталей. Класифікація
ДСТУ EN ISO 15792-1:2015 (EN ISO 15792-1:2008, IDT)	Матеріали зварювальні. Методи випробувань Частина 1. Методи випробувань зразків із наплавленого металу зварного шва зі сталі, нікелю і нікелевих сплавів
ДСТУ EN ISO 15792-2:2015 (EN ISO 15792-2:2008, IDT)	Матеріали зварювальні. Методи випробувань Частина 2. Підготовка зразків для випробувань одно- та двосторонніх з'єднань із сталі
ДСТУ EN ISO 15792-3:2015 (EN ISO 15792-3:2008, IDT)	Матеріали зварювальні. Методи випробувань Частина 3. Випробування зварювальних матеріалів по положенню і провару кореня в кутових зварних швах
ДСТУ EN 12074:2015 (EN 12074:2000, IDT)	Матеріали зварювальні. Вимоги до якості виробництва, постачання і продажу зварювальних матеріалів для зварювання та споріднених процесів
ДСТУ EN 13479:2015 (EN 13479:2004, IDT)	Матеріали зварювальні. Загальні вимоги до зварювальних матеріалів та флюсів для зварювання плавленням металевих матеріалів
ДСТУ EN 14700:2008 (EN 14700:2005, IDT)	Матеріали зварювальні. Зварювальні матеріали для наплавлення. Класифікація
ДСТУ ISO 2401:2005 (ISO 2401:1972, IDT)	Електроди покриті. Визначення коефіцієнта використання, переходу металу і коефіцієнта наплавлення
ДСТУ EN ISO 14175:2014 (EN ISO 14175:2008, IDT)	Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання

Т а б л и ц а 3. Перелік гармонізованих стандартів на механічні випробування

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 4136:2015 (EN ISO 4136:2012, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на розтягування зразка з поперечним швом
ДСТУ EN ISO 9017:2015 (EN ISO 9017:2013, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на руйнування
ДСТУ EN ISO 5178:2015 (EN ISO 5178:2011, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на повздовжнє розтягування металу зварного шва в з'єднаннях, виконаних зварюванням плавленням
ДСТУ EN ISO 17641-1:2015 (EN ISO 17641-1:2004, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на спротив утворенню гарячих тріщин у зварних з'єднаннях. Дугові способи зварювання. Частина 1: Загальні положення
ДСТУ ISO 17641-2:2015 (ISO 17641-2:2005, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на спротив утворенню гарячих тріщин у зварних з'єднаннях. Дугові способи зварювання. Частина 2: Випробування на самозакріплені зразки
ДСТУ ISO 17641-3:2015 (ISO 17641-3:2005, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на спротив утворенню гарячих тріщин у зварних з'єднаннях. Дугові способи зварювання. Частина 3. Випробування під зовнішнім навантаженням
ДСТУ EN ISO 17642-1:2015 (ISO 17642-1:2004, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на спротив утворенню холодних тріщин у зварних з'єднаннях. Дугові способи зварювання Частина 1. Загальні положення
ДСТУ EN ISO 17642-2:2015 (ISO 17642-2:2005, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на спротив утворенню холодних тріщин у зварних з'єднаннях. Дугові способи зварювання Частина 2. Випробування під власним навантаженням
ДСТУ EN ISO 17642-3:2015 (ISO 17642-3:2005, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на спротив утворенню холодних тріщин у зварних з'єднаннях. Дугові способи зварювання Частина 3 Випробування під зовнішнім навантаженням.
ДСТУ EN ISO 17655:2015 (EN ISO 17655:2003, IDT)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Метод відбору зразків для вимірювання вмісту дельта-фериту
ДСТУ EN ISO 6520-1:2015 (EN ISO 6520-1:2007, IDT)	Зварювання та споріднені процеси. Класифікація геометричних дефектів в металевих матеріалах. Частина 1. Зварювання плавленням
ДСТУ EN ISO 6520-2:2015 (EN ISO 6520-2:2013, IDT)	Зварювання та споріднені процеси. Класифікація геометричних дефектів в металевих матеріалах. Частина 2. Зварювання тиском

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 10042:2015 (EN ISO 10042:2005, IDT)	Зварювання. З'єднання з алюмінію і алюмінієвих сплавів, що виконані дуговим зварюванням. Рівні якості залежно від дефектів швів
ДСТУ EN ISO 13919-1:2015 (EN ISO 13919-1:1996, IDT)	Зварювання. З'єднання, одержані електронно-променевим та лазерним зварюванням. Настанова з оцінки рівня якості залежно від дефектів швів. Частина 1. Сталь
ДСТУ EN ISO 13919-2:2015 (EN ISO 13919-2:2001, IDT) (13919-2 A1:2003)	Зварювання. З'єднання, одержані електронно-променевим та лазерним зварюванням. Настанова з оцінки рівня якості залежно від дефектів швів. Частина 2. Алюміній і його сплави
ДСТУ EN ISO 9018:2015 (EN ISO 9018:2003)	Випробування руйнівні зварних з'єднань металевих матеріалів. Випробування на розтягування хресто-подібних з'єднань і з'єднань внакладку
ДСТУ EN ISO 8249:2015 (EN ISO 8249:2000, IDT)	Зварювання. Визначення феритної фази (FN) в металі зварного шва аустенітних і дуплексних феритно-аустенітних Cr-Ni нержавіючих сталей
ДСТУ EN ISO 3690:2015 (EN ISO 3690:2012, IDT)	Зварювання та споріднені процеси. Визначення вмісту водню в металі шва при дуговому зварюванні
ДСТУ ISO 5173:2009 (ISO 5173:2000, IDT)	Випробування зварних з'єднань металевих матеріалів руйнівні. Випробування на згин
ДСТУ ISO 9015-1:2008 (ISO 9015-1:2001, IDT)	Випробування зварних з'єднань металевих матеріалів руйнівні. Частина 1. Випробування на твердість зварних з'єднань, виконаних дуговим зварюванням
ДСТУ ISO 9015-2:2009 (ISO 9015-2:2003, IDT)	Випробування зварних з'єднань металевих матеріалів руйнівні. Випробування на твердість. Частина 2. Випробування на мікротвердість
ДСТУ-ЗТ ISO/TR 16060:2009 (ISO/TR 16060:2003, IDT)	Випробування зварних з'єднань металевих матеріалів руйнівні. Травлення для макро- і мікроскопічного дослідження
ДСТУ EN ISO 17639:2016 (EN ISO 17639:2013)	Руйнівні випробування зварних з'єднань металевих матеріалів – Макроскопічна і мікроскопічна оцінка зварних з'єднань

Таблиця 4. Перелік гармонізованих стандартів на неруйнівний контроль

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ ISO 17637:2003 (ISO 17637:2003, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Візуальний контроль з'єднань, виконаних зварюванням плавленням
ДСТУ ISO 17635:2015 (ISO 17635:2010, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Загальні правила для металевих матеріалів
ДСТУ EN ISO 17636-1:2014 (EN ISO 17636-1:2013; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Радіографічний контроль. Частина 1. Способи контролю рентгенівським і гамма-випромінюванням із застосуванням плівки
ДСТУ EN ISO 17636-2:2014 (EN ISO 17636-2:2013; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Радіографічний контроль. Частина 2. Способи контролю рентгенівським і гамма-випромінюванням із застосуванням цифрових детекторів
ДСТУ EN ISO 10675-1:2014 (EN ISO 10675-1:2013; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Рівні приймання для радіографічного контролю. Сталь, нікель, титан та їх сплави
ДСТУ EN ISO 10675-2:2014 (EN ISO 10675-2:2013; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Рівні приймання для радіографічного контролю. Алюміній та його сплави
ДСТУ EN ISO 17640:2014 (EN ISO 17640:2010; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Способи, рівні контролю і оцінювання
ДСТУ EN ISO 16827:2015 (EN ISO 16827:2014, IDT)	Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Визначення характеристик і розмірів несутільностей
ДСТУ EN ISO 11666:2014 (EN ISO 11666:2010; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Рівні приймання
ДСТУ EN ISO 13588:2014 (EN ISO 13588:2012; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Застосування автоматизованого методу фазованих решіток
ДСТУ EN ISO 23279:2014 (EN ISO 23279:2010; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Характеристика індикацій у зварних швах
ДСТУ EN ISO 10863:2014	Неруйнівний контроль зварних з'єднань. Ультразвукова дефектоскопія. Використання дифракційно-часового метода (TOFD)
ДСТУ EN ISO 15626:2014 (EN ISO 15626:2013; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Дифракційно-часовий метод (TOFD). Рівні приймання
ДСТУ EN ISO 3452-1:2014 (EN ISO 3452-1:2013, IDT)	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 1. Загальні принципи
ДСТУ EN ISO 3452-2:2014 (EN ISO 3452-2:2013, IDT)	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 2. Випробування дефектоскопічних матеріалів
ДСТУ EN ISO 3452-3:2014 (EN ISO 3452-3:2013, IDT)	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 3. Контрольні випробувальні зразки
ДСТУ EN ISO 3452-4:2014 (EN ISO 3452-4:1998, IDT)	Неруйнівний контроль. Контроль капілярний. Частина 4. Устаткування

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 3452-5:2014 (EN ISO 3452-5:2008, IDT)	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 5. Капілярний контроль при температурах понад 50°C
ДСТУ EN ISO 3452-6:2014 (EN ISO 3452-6:2008, IDT)	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 6. Капілярний контроль при температурах нижче 10°C
ДСТУ EN ISO 23277:2014 (EN ISO 23277:2009; IDT)	Контроль неруйнівний зварних швів. Капілярний контроль. Рівні приймання
ДСТУ EN ISO 17638:2014 (EN ISO 17638:2009; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Магнітопорошковий контроль
ДСТУ EN ISO 9934-1:2015 (EN ISO 9934-1:2015, IDT; ISO 9934-1:2015, IDT)	Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 1. Загальні вимоги
ДСТУ EN ISO 9934-2:2015 (EN ISO 9934-2:2015, IDT; ISO 9934-2:2015, IDT)	Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 2. Засоби контролю
ДСТУ EN ISO 9934-3:2015 (EN ISO 9934-3:2015, IDT; ISO 9934-3:2015, IDT)	Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 3. Обладнання
ДСТУ EN ISO 23278:2014 (EN ISO 23278:2009; IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Магнітопорошковий контроль зварних швів. Рівні приймання
ДСТУ EN ISO 3059:2007 (EN ISO 3059:2001, IDT)	Неруйнівний контроль. Капілярний та магнітопорошковий контроль. Умови огляду
ДСТУ ISO 15549:2015 (ISO 15549:2008, IDT)	Неруйнівний контроль. Вихрострумовий контроль. Загальні вимоги

Таблиця 5. Перелік гармонізованих стандартів на загальні вимоги по процесам і технологіям зварювання

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ ISO 15607:2008 (ISO 15607:2003, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Загальні правила
ДСТУ CEN ISO/TR 15608:2015 (CEN ISO/TR 15608:2013, IDT)	Зварювання. Настанова з класифікації металевих матеріалів по групам
ДСТУ ISO 15609-1:2008 (ISO 15609-1:2004, IDT)	Технічні умови й атестація технології зварювання металевих матеріалів. Технологічна інструкція зі зварювання. Частина 1. Дугове зварювання
ДСТУ EN ISO 15609-2:2015 (EN ISO 15609-2:2001, IDT)	Технічні умови й атестація технології зварювання металевих матеріалів. Технологічна інструкція зі зварювання Частина 2. Газове зварювання
ДСТУ EN ISO 15609-3:2015 (EN ISO 15609-3:2004, IDT)	Технічні умови й атестація технології зварювання металевих матеріалів. Технологічна інструкція зі зварювання Частина 3. Електронне-променеве зварювання
ДСТУ EN ISO 15609-4:2015 (EN ISO 15609-4:2004, IDT)	Технічні умови й атестація технології зварювання металевих матеріалів. Технологічна інструкція зі зварювання Частина 4. Лазерне зварювання
ДСТУ EN ISO 15609-5:2015 (EN ISO 15609-5:2004, IDT)	Технічні умови й атестація технології зварювання металевих матеріалів. Технологічна інструкція зі зварювання Частина 5. Контактне зварювання
ДСТУ EN ISO 15609-6:2015 (EN ISO 15609-6:2013, IDT)	Технічні умови й атестація технології зварювання металевих матеріалів. Технологічна інструкція зі зварювання Гібридне лазерно-дугове зварювання
ДСТУ ISO 15610:2005 (ISO 15610:2003, IDT)	Технічні умови і атестація технологічних процесів зварювання металевих матеріалів. Атестація на основі випробуваних зварювальних матеріалів
ДСТУ ISO 15611:2005 (ISO 15611:2003, IDT)	Технічні умови і атестація технологічних процесів зварювання металевих матеріалів. Атестація на основі имеющегося сварочно-технического опыта
ДСТУ ISO 15613:2005 (ISO 15613:2004, IDT)	Технічні умови і атестація технологічних процесів зварювання металевих матеріалів. Атестація на основі довиробничих випробувань
ДСТУ EN ISO 15614-1:2014 (EN ISO 15614-1:2004+EN ISO 15614-1:2004/A1:2008 EN ISO 15614-1:2004/A2:2012, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 1: Дугове і газове зварювання сталей та дугове зварювання нікелю і нікелевих сплавів
ДСТУ EN ISO 15614-2:2016 (EN ISO 15614-2:2004)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування технології зварювання. Частина 2. Дугове зварювання алюмінію та алюмінієвих сплавів
ДСТУ EN ISO 15614-3:2016 (EN ISO 15614-3:2008, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 3. Зварювання плавленням нелегованого та низьколегованого чавуну
ДСТУ EN ISO 15614-4:2016 EN ISO 15614-4:2005; C:2007	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 4. Дугове зварювання дефектів алюмінієвих відливок
ДСТУ EN ISO 15614-5:2016 (EN ISO 15614-5:2004)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 5. Дугове зварювання титану, цирконію та їх сплавів

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 15614-6:2016 (EN ISO 15614-6:2006)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 6. Дугове і газове зварювання міді та її сплавів
ДСТУ EN ISO 15614-7:2016 (EN ISO 15614-7:2007)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 7. Наплавлення.
ДСТУ EN ISO 15614-8:2016 (EN ISO 15614-8:2002)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 8. Зварювання труб з трубною плитою
ДСТУ EN ISO 15614-10: 2016 (EN ISO 15614-10:2005, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 10. Зварювання сухе гіпербаричне
ДСТУ ISO 15614-12: 2016 (ISO 15614-12:2014, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 12: Зварювання точкове, шовне та рельєфне
ДСТУ ISO 15614-13: 2016 (ISO 15614-13: 2012, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 13. Зварювання опором встик і встик з оплавленням
ДСТУ ISO 15614-14: 2016 (ISO 15614-14: 2013, IDT)	Технічні умови і атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 14. Лазерно-дугове гібридне зварювання сталей, нікелю та нікелевих сплавів
ДСТУ EN 13134:2016 (EN 13134:2000)	Паяння твердим припоєм. Випробування процесу.
ДСТУ ISO 3834-1:2008 (ISO 3834-1:2005, IDT)	Вимоги до якості зварювання. Зварювання плавленням металевих матеріалів. Частина 1. Настанови щодо вибору і застосування.
ДСТУ ISO 3834-2:2008 (ISO 3834-2:2005, IDT)	Вимоги до якості зварювання. Зварювання плавленням металевих матеріалів. Частина 2. Всебічні вимоги до якості
ДСТУ ISO 3834-3:2008 (ISO 3834-3:2005, IDT)	Вимоги до якості зварювання. Зварювання плавленням металевих матеріалів. Частина 3. Типові вимоги до якості
ДСТУ ISO 3834-4:2008 (ISO 3834-4:1994, IDT) 8	Вимоги до якості зварювання. Зварювання плавленням металевих матеріалів. Частина 4. Елементарні вимоги до якості
ДСТУ ISO 3834-5:2008 (ISO 3834-5:2005, IDT)	Вимоги до якості зварювання. Зварювання плавленням металевих матеріалів. Частина 5. Документи для підтвердження вимог
ДСТУ EN ISO 15620:2016 (EN ISO 15620:2000)	Зварювання. Зварювання тертям металевих матеріалів.
ДСТУ EN ISO 17660-1: 2015 (ISO 17660-1: 2006, IDT)	Зварювання. Зварювання арматурної сталі. Частина 1. Зварні з'єднання, що несуть навантаження
ДСТУ EN ISO 17660-2: 2015 (EN ISO 17660-2: 2006, IDT)	Зварювання. Зварювання арматурної сталі. Частина 2. Зварні з'єднання, що не несуть навантаження
ДСТУ ISO/TR 17671-1:2015 (ISO / TR 17671-1: 2002, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 1. Настанова по дуговому зварюванню
ДСТУ ISO/TR 17671-2:2015 (ISO / TR 17671-2: 2002, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 2. Дугове зварювання феритних сталей
ДСТУ ISO/TR 17671-3:2015 (ISO / TR 17671-3: 2002, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 3. Дугове зварювання нержавіючих сталей
ДСТУ ISO/TR 17671-4:2015 (ISO / TR 17671-4: 2002, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 4. Дугове зварювання алюмінію і алюмінієвих сплавів
ДСТУ ISO/TR 17671-5:2015 (ISO / TR 17671-5: 2004, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 5. Зварювання плакованої сталі
ДСТУ ISO/TR 17671-6:2015 (ISO / TR 17671-6: 2005, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 6. Зварювання лазерне
ДСТУ ISO/TR 17671-7:2015 (ISO / TR 17671-7: 2004, IDT)	Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 7. Електронно-променеве зварювання
ДСТУ EN ISO 14555:2015 (EN ISO 14555:2014, IDT)	Зварювання. Дугове приварювання шпильок з металевих матеріалів
ДСТУ EN ISO 16432:2015 (EN ISO 16432:2007, IDT)	Зварювання опором. Процедура зварювання рельєфної низьковуглецевої сталі без покриття і з покриттям
ДСТУ EN ISO 16433:2015 (EN ISO 16433:2007, IDT)	Зварювання опором. Процедура шовного зварювання низьковуглецевої сталі без покриття і з покриттям
EN ISO 14373:2015 (EN ISO 14373:2015, IDT)	Зварювання опором. Процедура точкового зварюванням низько вуглецевих сталей без покриття і з покриттям
ДСТУ EN ISO 15608:2006 (EN ISO 17632:2008, IDT)	Зварювання — Настанова з класифікації металевих матеріалів по групам
ДСТУ EN ISO 14554-1:2015 (EN ISO 14554-1:2013, IDT)	Вимоги до якості зварювання. Електричне контактне зварювання металевих матеріалів. Частина 1. Всебічні вимоги до якості
ДСТУ EN ISO 14554-2:2015 (EN ISO 14554-2:2013, IDT)	Вимоги до якості зварювання. Електричне контактне зварювання металевих матеріалів. Частина 2. Елементарні вимоги до якості

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ ISO 16338:2015 (ISO 16338:2013, IDT)	Зварювання у авіаційно-космічній промисловості. Точкове і шовне зварювання
ДСТУ EN ISO 13920:2015 (EN ISO 13920:1996, IDT)	Зварювання. Загальні допуски для зварних конструкцій. Розміри лінійні і кутові. Форма і положення
ДСТУ ISO 17663:2015 (ISO 17663:2009, IDT)	Зварювання. Вимоги до якості термічної обробки в процесі зварювання і споріднених процесів
ДСТУ ISO/TR 581:2015 (ISO/TR 581:2005, IDT)	Зварюваність. Металеві матеріали. Загальні положення
ДСТУ EN ISO 17662:2015 (EN ISO 17662:2005, IDT)	Зварювання. Калібрування, перевірка і атестація устаткування для зварювання і споріднених процесів
ДСТУ ISO / TR 18491:2015 (ISO / TR 18491:2015, IDT)	Зварювання та споріднені процеси. Настанова з вимірювання погонній енергії при зварюванні
ДСТУ EN 1708-1:2015 (EN 1708-1:2010, IDT)	Зварювання. Зварні з'єднання сталених елементів Частина 1. Зварні з'єднання конструкційних елементів, що працюють під тиском
ДСТУ EN 1708-2:2015 (EN 1708-2:2000, IDT)	Зварювання. Зварні з'єднання сталених елементів Частина 2. Зварні з'єднання конструкційних елементів, що не працюють під тиском
ДСТУ EN 1708-3:2015 (EN 1708-3:2012, IDT)	Зварювання. Зварні з'єднання сталених елементів Частина 3. Зварні з'єднання з плакованих і промаслених, зморшкуватих конструкційних елементів, що працюють під тиском
ДСТУ EN 15085-1: 2015 (EN 15085-1: 2007, IDT)	Вимоги залізниці, зварювання рейкового рухомого складу та його елементів. Частина 1. Загальне.
ДСТУ EN 15085-2: 2015 (EN 15085-2: 2007, IDT)	Вимоги залізниці. Зварювання рейкового рухомого складу та його елементів. Частина 2. Вимоги до якості і сертифікації зварювальних виробництв.
ДСТУ EN 15085-3: 2015 (EN 15085-3: 2007, IDT)	Вимоги залізниці. Зварювання рейкового рухомого складу та його елементів. Частина 3. Вимоги до конструювання.
ДСТУ EN 15085-4: 2015 (EN 15085-3: 2007, IDT)	Вимоги залізниці. Зварювання рейкового рухомого складу та його елементів. Частина 4. Технологічні вимоги
ДСТУ EN 15085-5: 2015 (EN 15085-3: 2007, IDT)	Вимоги залізниці. Зварювання рейкового рухомого складу та його елементів. Частина 5. Випробування і документування
ДСТУ ISO:2014 (ISO 2553:2013, IDT)	Зварювання та споріднені процеси. Умовні позначки на кресленнях. Зварні з'єднання.
ДСТУ EN ISO 9692-1:2014	Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG-зварювання та променеве зварювання сталей
ДСТУ EN ISO 9692-2:2014	Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 2. Дугове зварювання сталей під флюсом
ДСТУ EN ISO 9692-3:2014	Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготовки зварних з'єднань. Частина 3. Дугове зварювання алюмінію і алюмінієвих сплавів в інертному газі плавким і вольфрамовим електродом
ДСТУ EN ISO 9692-4:2015 (EN ISO 9692-4:2003, IDT; ISO 9692-4:2003, IDT)	Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо готування зварних з'єднань. Частина 4. Плаковані сталі

Таблиця 6. Перелік гармонізованих стандартів по кваліфікації зварювального персоналу

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ EN ISO 9606-1:2015 (EN ISO 9606-1:2013, IDT; ISO 9606-1:2013, IDT)	Кваліфікаційні випробування зварників. Зварювання плавленням. Частина 1. Сталі
ДСТУ ISO 9606-2:2008	Атестаційне випробування зварників. Зварювання плавленням. Частина 2. Алюміній та алюмінієві сплави (ISO 9606-2:2004, IDT)
ДСТУ ISO 9606-3:2005	Атестаційне випробування зварників. Зварювання плавленням. Частина 3. Мідь та мідні сплави (ISO 9606-3:1999, IDT)
ДСТУ ISO 9606-4:2005	Атестаційне випробування зварників. Зварювання плавленням. Частина 4. Нікель та сплави нікелю (ISO 9606-4:1999, IDT)
ДСТУ ISO 9606-5:2005	Атестаційне випробування зварників. Зварювання плавленням. Частина 5. Титан та сплави титану, цирконій та сплави цирконію (ISO 9606-5:2000, IDT)
ДСТУ ISO 24394:2015 (ISO 24394:2008, IDT)	Зварювання в аерокосмічній галузі. Атестаційне випробування зварників та операторів. Зварювання плавленням металевих компонентів
ДСТУ ISO 11745:2015 (ISO 11745:2010, IDT) (ISO 11745 AMD 1:2015-04)	Зварювання у авіаційно-космічній промисловості. Кваліфікаційні випробування для паяльщиків і операторів пайки. Пайка металевих компонентів
ДСТУ ISO 15618-1:2015 (ISO 15618-1: 2001, IDT)	Кваліфікаційні випробування зварників, які виконують підводне зварювання. Частина 1. Зварювальники-підводники, що працюють в гіпербаричному мокрому середовищі

Номер стандарту	Назва стандарту
ДСТУ ISO 15618-2:2015 (ISO 15618-2: 2001, IDT)	Кваліфікаційні випробування зварників, які виконують підводне зварювання. Частина 2. Зварювальники-підводники і оператори зварювання, що працюють в гіпербаричному сухому середовищі
ДСТУ EN ISO 13585:2016 (EN ISO 13585, IDT)	Паяння. Кваліфікаційні випробування паяльщиків та операторів
ДСТУ EN ISO 13067:2015 (EN 13067:2015, IDT)	Персонал для сварки пластмас. Приемочные испытания сварщиков. Сварные термопластические конструкции
ДСТУ EN ISO 9712:2014 (EN ISO 9712:2012, IDT)	Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу неруйнівного контролю
ДСТУ ISO 14731:2008 (ISO 14731:2006, IDT)	Координація зварювальних робіт. Завдання та функції
ДСТУ EN ISO 14732:2014 (EN ISO 14732:2013, IDT)	Персонал зварювального виробництва. Атестаційне випробування операторів автоматичного зварювання плавленням та наладчиків контактної зварювання металевих матеріалів



В МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ «ЭЛЕКТРОД»

11 октября 2017 г. в Москве в рамках международной выставки «Weldex/Россварка 2017» (10–13 октября) состоялось ежегодное собрание Совета ассоциации «Электрод» (АЭ) в расширенном составе. В нем приняли участие свыше 30 руководителей и ведущих специалистов предприятий-производителей сварочных материалов, оборудования и сырья для их производства, научных организаций, торгующих компаний России и Украины. Среди них: ЧАО «ВИСТЕК», ЗАО «Завод сварочных материалов», ООО «Электрод-Бор», ЗАО «Электрод», ОАО «ММК-МЕТИЗ», ООО «Техпром», ООО «Электродсервис», ООО «Ротекс», ООО «Новооскольский электродный завод», ООО «Тантал ЛТД», ООО «Судиславский завод сварочных материалов», ООО «Высокие технологии», ООО «Мелдис-Ферро», ООО «НТЦ «Пигмент», ПАО «ПлазмаТек», ООО «ТМ. ВЕЛТЕК», ООО «КЕРАМГЛАС», АО «Белорецкий металлургический комбинат», ООО «Эллой», «Группа ЧТПЗ», ООО «Амарис», ООО «Регион-Сервис», ООО «ИТЭК», ИЭС им. Е. О. Патона.

Присутствующим тепло поблагодарила президент АЭ, директор ООО «Техпром» Е. А. Палиевская за участие в работе Совета и пожелала всем дальнейших успехов.

На собрании были подведены итоги прошедшего 5–8 июня 2017 г. в Белгороде научно-практического семинара «Совершенствование сварочных материалов и технологий их производства под прогнозируемые требования», вручены поощрительные грамоты Ю. А. Глушкову, директору НЭЗ (г. Новый Оскол), А. Н. Бондаренко, ведущему менеджеру компании КЕРАМГЛАС (г. Белгород) за качественную подготовку и проведение семинара.

Поощрительная Грамота была вручена также В. А. Пронину, директору «ПК Хобэкс-Электрод» (через представителя), за организацию и проведение международной конференции АЭ в г. Волгограде (2016 г.).

На собрании была заслушана информация исполнительного директора АЭ В. Н. Липодаева о юбилейной 80-й Ассамблее Международного института сварки (г. Шанхай, 25–29 июня 2017 г.) и о международной выставке «Сварка и резка» в Дюссельдорфе (25–29 сентября 2017 г.). Последнюю дополнил исполнительный



директор ПАО «ПлазмаТек» Ю. Н. Омельчук, который непосредственно принимал участие в выставке. Кроме «ПлазмаТек» в этой выставке приняли участие директор ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» А. Н. Голякевич и директор ООО «Сумы-Электрод» П. Н. Погребной (на объединенном стенде Украины).

Технический директор ООО «Техпром» З. А. Сидлин рассказал о формировании Минпромторгом РФ каталога сварочной продукции модуля сварки и родственных технологий ГИСП «Сварка». У предприятий, сведения о продукции которых размещены в каталоге, появляется возможность получения информации о заинтересованности заказчиков с сервиса ГИСП «Биржа». Он же рассказал о трех прошедших в последнее время в России конференциях: международной конференции в Москве «Сварка: стандартизация и оценка соответствия» (19–20.04.2017 г.), конференции в рамках международной сварочной выставки в Санкт-Петербурге (25–28.04.2017 г.) и общероссийской конференции в Санкт-Петербурге «Проволока» (27–28.04.2017 г.).

З. А. Сидлин отметил, что АЭ реализует проект «Тюменский завод ферросплавов, которым на базе рудных титан-циркониевых песков месторождения «Стекланка» в Нижнетаврийском районе Тюменской обл. в рамках строительства «ГОК Тюменский», кроме получения качественных рутилового и ильменитового концентратов предусмотрено получение по уникальной

технологии ферротитана сварочных марок с регламентированным пониженным содержанием вредных примесей. Технические условия на ферротитан согласованы ассоциацией «Электрод».

На собрании в состав АЭ были приняты три новых организации. Это АО «Белорецкий металлургический

комбинат» (г. Белорецк), ООО «Эллой» (г. Нижний Новгород) и ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона (г. Киев).

Во время дружеского ужина было продолжено обсуждение актуальных вопросов совершенствования производства и реализации сварочных материалов.

<http://association-electrode.com>

Е. А. Палиевская, В. Н. Липодаев

ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины



В. С. Волков (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитил 18 октября кандидатскую диссертацию на тему «Развитие научных положений разработки тонких сварных конструкций преобразуемого объема космического назначения».

Диссертация посвящена изучению рациональных методов построения металлических преобразуемых оболочек с целью создания конструкций космического назначения, характеризующихся способностью к многократному изменению одного из габаритов без потери функциональных свойств. Выполнено математическое моделирование движения

нейтральной поверхности оболочки конструкции преобразуемого объема (КПО), результат которого использован для задания эталонной поверхности при кинематическом моделировании ее напряженно-деформированных состояний в процессе компактного складывания. Расширены представления о влиянии параметров импульсных методов ввода тепла при микроплазменной сварке на характеристики качества, пластичность и прочность сварных соединений фольговых материалов для оболочек КПО космической техники.

Разработаны способы модификации поверхности тонкостенных металлических оболочек из нержавеющей стали, позволяющие повысить запас устойчивости КПО космического назначения без изменения их массы и компактности. Впервые подтверждена возможность полного преобразования новой перспективной конструкции двухстенчатой КПО конического типа к проектным размерам и впервые экспериментально подтверждена возможность и сформулированы условия устойчивости полной обратной трансформации многосекционной КПО конического типа.



МЕТАЛ ОБЛАДНАННЯ ІНСТРУМЕНТ

VIII спеціалізована виставка

«Метал. Обладнання. Інструмент 2018»

25–27 квітня 2018 р., Палац спорту «Україна», вул. Мельника, 18, м. Львів

Виставка «Метал. Обладнання. Інструмент-2018» — це місце зустрічі провідних фахівців у галузі машинобудування і русло потужного інформаційного потоку.

Тематичні розділи виставки:

- ♦ обладнання для обробки металу ♦ металорізальні верстати та оснастка
- ♦ лазерне, плазмове обладнання і технології ♦ обладнання для розкрою листа і прокату
- ♦ металорізальні інструменти ♦ зварювальне обладнання ♦ ковальське обладнання та ін.

Детальна інформація про проект та архів заходів на сайті: <http://met.expolviv.ua>

Интервью с А. В. Степахно — Генеральным директором ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона



Опытный завод сварочного оборудования является ведущей производственной базой научно-технического комплекса «ИЭС им. Е. О. Патона». С момента начала работы в 1959 г. основной задачей завода была отработка технологии изготовления нового сварочного оборудования, создаваемого учеными Института электросварки.

За истекшие годы заводом выпущено много уникального оборудования — от высокоточного малогабаритного, использовавшегося для сварки в космосе, до мощных автоматических установок, например, для стыковой контактной сварки труб большого диаметра типа «Стык», «Север», для сварки продольных швов труб в условиях автоматизированного производства и др. В настоящее время завод ориентирован на выпуск надежной сварочной техники, пригодной для эксплуатации в любых производственных условиях.

Сегодня существенную долю объема производства занимает изготовление оборудования для сварки и наплавки специального назначения, в том числе автоматизированного, по специальным заказам крупных потребителей. ОЗСО первым освоил серийный выпуск инверторной техники в Украине. Завод имеет хорошие перспективы экономического и производственного развития и его продукция пользуется высоким потребительским спросом.

Ваше предприятие в последние годы успешно развивается. Что послужило или способствовало началу интенсивного роста?

Стратегия развития предприятия разрабатывалась на долгосрочную перспективу, своей целью мы ставили выход в лидеры по производству сварочного оборудования в Восточной Европе. Для достижения этой цели была проведена коренная реконструкция производственных мощностей завода, проанализирован современный рынок потребления сварочного оборудования и определены приоритеты в номенклатуре производимой продукции.

С момента основания до 1990 г. Завод серийно выпускал классическое сварочное оборудование (трансформаторы, полуавтоматы, выпрямители). За все годы было произведено сотни тысяч единиц оборудования для предприятий почти всех континентов мира.

В последующие годы, несмотря на нестабильность экономической ситуации в стране, руководство Завода всегда инвестировало средства в развитие предприятия и собрало команду профессионалов, буквально «живущих своим делом». Это дало свои результаты, и сегодня мы занимаем значительную часть рынка сварочного оборудования и материалов в Украине и не только. Объемы производства за последнее десятилетие выросли почти в 100 раз. В 2006 г. выпускалось 50 ед. инверторного оборудования и около сотни трансформаторного в месяц. Запланированный объем выпуска продукции на этот год составляет 50 тыс. инверторов и более 2 тыс. ед. классического оборудования. Мы оптимистично смотрим на годовой план, потому что это реальные показатели сегодняшних возможностей Завода.

Известно, что в период независимой Украины рынок дугового сварочного оборудования в стране активно развивался и стал довольно насыщенным. Какую нишу в обширном ассортименте Вы намечали для ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона?

В период становления независимости Украины Завод, как и многие предприятия, был на грани выживания. Но в 1998 г. возобновился серийный выпуск наиболее востребованного классического оборудования. Технический прогресс заметно влиял на отрасль сварочного оборудования: все аппараты модифици-



ровались в сторону энергосбережения, и трансформаторная техника постепенно выходила из сегмента потребления. Нужно было искать что-то новое. Мы начали изучать опыт технологически развитых стран. Специалисты Завода посетили предприятия и промышленные выставки Европы, Китая и стран СНГ, где был определен вектор развития компаний, выпускающих сварочное оборудование. Нами было выбрано направление по разработке и выпуску сварочных инверторов.

Предприятие сменило курс на выпуск инверторного оборудования, рассчитанного на массовый сегмент рынка: частные мастерские по ремонту электрооборудования, бытовой техники и изготовлению мебели; приусадебные хозяйства; СТО; строительные организации; производственные предприятия и коммунальные хозяйства.



В 2005 г. был создан экспериментальный участок по производству инверторных сварочных аппаратов, которые сегодня являются лидерами продаж. К 2008 г. завод уже изготавливал малыми партиями инверторы для ручной дуговой сварки на токи 120, 160 и 200 А трех модификаций. Сегодня линейка инверторов насчитывает 25 моделей на токи от 140 до 315 А, к концу года появятся модели на токи до 500 А.

Что включала реконструкция производственных мощностей?

Сегодня Завод имеет хорошо оснащенные производственные мощности, включающие цеха по производству классического и инверторного оборудования, металлообработки с высокотехнологичными станками TRUMPF, порошковой покраски, инструментальный, а также производственную площадку по выпуску электродов.

Запуск собственного цеха по металлообработке позволил значительно снизить себестоимость выпускаемых сварочных аппаратов и привлечь заказы других компаний на изготовление различных металлических изделий. Помимо производственных помещений, были обновлены административные, офисные и складские мощности Завода.

Преобразования, вероятно, были связаны также с изменением кадровой политики предприятия?

Все цеха и участки Завода укомплектованы высококвалифицированным персоналом. Команда завода уникальна — профессионалы сварочного дела передают опыт перспективным молодым специалистам в условиях реального производства.

Руководство Завода постоянно инвестирует в развитие своих сотрудников. Регулярно проводятся тренинги, обучение и стажировки не только в Украине, но и за рубежом. Специалисты Завода посещают ведущие отраслевые выставки в Эссене, Пекине и странах СНГ, чтобы быть в курсе последних новинок и тенденций развития отрасли. Также на Заводе проходят стажировку студенты Национального технического университета Украины «КПИ им. Игоря Сикорского». Таким образом, Завод способствует передаче научного опыта и возрождению технического потенциала нашей страны.

Расширилась ли география поставок оборудования сегодня?

После того, как Завод занял серьезную долю рынка Украины, мы начали заниматься экспортом. Постепенно откликались зарубежные потребители и появлялись новые партнеры.

В 2012 г. была осуществлена первая экспортная поставка сварочных инверторов в Экваториальную Гвинею. С 2013 г. сварочные аппараты начали экспортироваться в Грузию, Молдову и Азербайджан. В Грузии уже три года активно работает дистрибьюторская сеть, налажена работа сервисного центра.

В 2014 г. мы получили Европейскую сертификацию CE на инверторы, а в этом году подтвердили ее для всей линейки выпускаемых сегодня инверторов. И это открыло нам новые возможности.

В 2015 г. сварочное оборудование «ПАТОН» было представлено на рынках Чехии, Узбекистана, Объединенных Арабских Эмиратов и Мьянмы, в 2016 г. — Кореи, Беларуси, Казахстана, Эстонии, Польши и Болгарии. В этом году мы начали экспортировать сварочные электроды и аппараты в Латвию, Литву, Румынию и Иран.

Сегодня география экспорта охватывает более 20 стран. Наша продукция пользуется хорошим спросом, поскольку мы находимся в среднем ценовом сегменте, а по характеристикам приближаемся к таким известным производителям, как Esab, Fronius и Kemppi.

В плане диверсификации производства ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона освоило также производство покрытых электродов. В этой связи, какие перспективы для предприятия Вы видите на рынке?

Освоение производства электродов предоставляет нашим потребителям целый комплекс услуг. Каждый из них может сразу получить и нужный ему сварочный аппарат, и электроды. Благодаря качественным электродам, их ассортименту и технической поддержке мы осваиваем широкую базу клиентов. Наша цель — обеспечивать рынок расходными материалами собственного производства, соответствующих требованиям ЕС.

Ваши связи с Институтом электросварки традиционны. Можете ли Вы привести примеры эффективного сотрудничества в последнее время?

Да, Завод продолжает тесно сотрудничать с Институтом электросварки и Опытно-конструкторским и технологическим бюро по разработкам специализированного сварочного оборудования.

В качестве примеров за последние годы можно отметить следующие проекты национального и международного масштаба:

- в 2013 г. была завершена разработка сварочной технологии и оборудования для изготовления сварных комбинированных роторов при помощи автоматической сварки под флюсом по заказу ОАО «Турбоатом»;

- в 2014 г. был выполнен проект для Госнефтекомпании Азербайджана (SOCAR) по отделению двух понтонов от блока методом направленного взрыва при строительстве морской стационарной платформы №7 на месторождении «Гюнешли» в Каспийском море;

- в 2015 г. — проект для Государственной компании «Укрспецэкспорт» по разработке и выпуску партии сварочного оборудования для тропического климата. Оборудование с улучшенными характеристиками и повышенной надежности было поставлено на один из судостроительных заводов Юго-Восточной Азии;

- в 2016 г. мы выполнили два совместных контракта для машиностроительного завода Восточной Европы по разработке сварочного оборудования для электрошлаковой сварки металла толщинами до 200 и до 450 мм;

- в 2016 г. Завод совместно с ОКБ разработал многопостовые сварочные выпрямители ВДУ-1202П, которыми был переоснащен вагоностроительный завод Группы компаний CKD Kutna Hora a.s. (Чешская Республика) — SCB Foundry;

- также в 2016 г. был завершен проект для Государственного предприятия «Укроборонсервис» по созданию автоматической системы координирования миномета. Была сконструирована плита и разработана система для ее сворачивания, при этом созданный комплекс позволяет осуществлять наведение миномета на цель автоматически. Проект был с успехом представлен на XIII Международной специализированной выставке «Вооружение и безопасность — 2016».

На сегодняшний день все подразделения Завода укомплектованы квалифицированным персоналом, современным оборудованием и демонстрируют готовность воплощать в жизнь проекты различной сложности.

Известно, что предприятие использует бренд «ПАТОН» для своей продукции. К чему это обязывает?

В первую очередь, это обязывает нас производить продукцию исключительно высокого качества.

Контроль качества продукции осуществляется на всех этапах производства: от закупаемых материалов и сырья до тестирования каждого сварочного аппарата на специальных стендах. Окончательный контроль продукции проводится непосредственно перед отгрузкой клиенту. Кроме того, Завод оказывает, при необходимости, консультационную и инжиниринговую поддержку покупателям продукции.

Известно, что в стране в результате приватизации многие предприятия вообще исчезли с рынка, либо находятся в состоянии стагнации. Пример ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона иной. Назовите три главных принципа руководства, реализованных на предприятии для успешного его развития.

Основные принципы руководства заложены в нашем девизе — «Надежность, Качество, Традиции».

Мы производим сварочные аппараты, надежность которых подтверждена пятилетней гарантией, качество — Европейскими сертификатами CE. Традиции передаются от опытных профессионалов сварочного дела перспективным молодым специалистам Завода на практике.

Мы постоянно инвестируем средства в производственно-техническую базу предприятия, приобретая современное оборудование, и в развитие персонала — как залог успеха нашего предприятия в будущем. Я считаю, что производство — это основной двигатель экономики страны. Развитие отрасли во многом зависит не только от выбранной стратегии ее лидеров, но и от возможности инвестировать в инновационные разработки и направления.

Завод всегда ставит клиента на первое место, стремится найти самые конкурентные решения и достичь самого высокого уровня продуктов. И уже в течение многих лет продукция Завода заслуженно пользуется успехом в разных странах благодаря своей надежности и качеству.

Благодарим Вас, Анатолий Владимирович, за интересную и обстоятельную информацию, касающуюся деятельности Опытного завода сварочного оборудования, и желаем предприятию дальнейших успехов на благо Украины.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ОЗСО ИЭС им. Е. О. ПАТОНА

1959-1969

- ♦ В январе 1959 г. создан Опытный завод Института электросварки им. Е. О. Патона. Начинается разработка и выпуск аппаратов для сварки под флюсом и тракторов типа ТС-17.
- ♦ Запуск в производство аппаратов для электрошлаковой сварки и источников питания типа ТШС на токи 1000 и 3000 А.
- ♦ Запускаются в производство полуавтоматы для сварки в CO_2 типа А547.
- ♦ В 1968 г. начало серийного выпуска малогабаритного сварочного трансформатора СТШ-250.
- ♦ Разработка и запуск в производство специальных аппаратов и установок для контактной сварки и наплавки.
- ♦ Выпуск установки «Вулкан» для сварки в космосе.

1970-1980

- ♦ Выпуск сварочных установок для автомобильных заводов ВАЗ и КАМАЗ.
- ♦ Внедрение в производство специальных сварочных установок для сельского хозяйства к комбайнам КУФ-8.
- ♦ В 1973 г. начало серийного выпуска многостового выпрямителя ВМГ-5000 для сварки в CO_2 .
- ♦ Произведена аппаратура «АРАКС» для советско-французского эксперимента в космосе.
- ♦ Изготовлен первый образец уникальной мощной внутритрубной машины К-700 для контактной сварки труб нефтегазопроводов в условиях Севера.
- ♦ В 1974 г. впервые в системе АН УССР присвоен Государственный знак качества СССР трем серийно выпускаемым аппаратам: трансформатору СТШ-250, выпрямителю ВМГ-5000, полуавтомату А1114М.
- ♦ С 1975 по 1980 гг. поставлено более 50 комплектов уникальных сварочных аппаратов в США, ФРГ, Швецию и Японию.
- ♦ В феврале 1979 г. Завод отметил 20-летний юбилей.

1981-1990

- ♦ Изготовлено оборудование для Харцызского и Выксунского трубных заводов.
- ♦ Произведена установка «Испаритель» для нанесения защитных покрытий в космосе.
- ♦ Начинаются экспортные поставки в Австрию, Болгарию, ГДР, Индию, Канаду и Японию.
- ♦ В 1981 г. повторно присужден Государственный знак качества СССР аппаратам СТШ-250, ВМГ-5000 и А1114М.
- ♦ В июле 1984 г. на орбитальном научно-исследовательском комплексе «САЛЮТ-7» космонавты Светлана Савицкая и Владимир Джанибеков впервые в мире в условиях открытого космоса успешно выполнили операции по резке, сварке, пайке и напылению металлических пластин с помощью портативной электронно-лучевой установки УРИ.
- ♦ Выпуск уникальных аппаратов и установок для различных способов сварки.

1991-2000

- ♦ Изготовлены установки для сварки топливных баков автомобиля марки «Жигули» и автоцистерн для Нефтекамского автозавода.
- ♦ Запускается серийное производство трансформаторов типа СТШ на токи 250, 315 и 400 А, выпрямителей типа ВД на токи 250, 315 и 400 А и модернизированных полуавтоматов типа ПС на токи 180, 250 и 315 А.

2001-2010

- ♦ Изготовлены уникальные вакуумные камеры для электронно-лучевой сварки ответственных изделий.
- ♦ Разработан и внедрен в производство уникальный трансформатор с прямоугольной формой тока для сварки продольных швов труб больших диаметров для Харцызского трубного завода.
- ♦ В 2004 г. в наименование оборудования, изготавливаемого Заводом, внесена фамилия ПАТОН — фамилия основателя Института электросварки им. Е. О. Патона — академика Евгения Оскаровича Патона.
- ♦ В декабре 2004 г. проведена официальная презентация первого инверторного аппарата ВДИ-160М.
- ♦ В 2006 г. изготовлены и внедрены установки для наплавки на комбинате «Криворожсталь», ОАО «Азовмаш», ОАО «ЗСМК» в г. Новокузнецке.
- ♦ Освоение производства высокопроизводительных плугов для сельского хозяйства.
- ♦ В 2008 г. открыт первый салон-магазин «Сварка» с широким выбором оборудования и материалов для сварки.
- ♦ Начинается выпуск первых партий инверторов для ручной дуговой сварки типа ВДИ на токи 120, 160 и 200 А.
- ♦ В 2009 г. Завод отметил 50-летний юбилей, ветераны Завода награждены грамотами Правительства Украины и Киевской городской администрации.
- ♦ В 2010 г. внедрены в производство новые образцы инверторных источников для ручной дуговой сварки — ВДИ, аргонодуговой сварки — АДИ и полуавтоматической сварки — ПСИ.

2011 — настоящее время

- ♦ Продолжается серийный выпуск классических источников питания: трансформаторов СТШ на токи 250, 315 и 400 А, выпрямителей ВД-310Н, ВД-400 и ВС-650СР.
- ♦ Возобновлен выпуск мощных источников питания для электрошлаковых технологий ТШС-3000-1 и ТШП-10000-1.
- ♦ В 2012 г. осуществлена первая экспортная поставка сварочных инверторов в Экваториальную Гвинею.
- ♦ С 2013 г. сварочные аппараты экспортируются в Грузию, Молдову и Азербайджан.
- ♦ В 2014 г. выполнен контракт с Государственной нефтяной компанией Азербайджанской Республики (SOCAR) по отделению двух понтонов от блока методом направленного взрыва при строительстве морской стационарной платформы №7 на месторождении «Гюнешли» в Каспийском море. Разработаны новые методы, технологии и оборудование для глубоководной и наземной сварки и резки.
- ♦ В 2014 г. изготовлен уникальный комплекс оборудования для сварки в узкую разделку больших роторов турбин для ОАО «Турбоатом».
- ♦ С 2014 г., впервые в СНГ, введена 5-летняя гарантия на сварочные инверторы серий АДИ и ВДИ.
- ♦ В 2014 г. завод как ведущий национальный производитель сварочного оборудования начал оказывать поддержку государству в зоне АТО.
- ♦ В 2014 г. получена Европейская сертификация CE всех выпускаемых инверторов.
- ♦ В июне 2015 г. выпущена первая партия новых сварочных инверторов ВДИ серии «ЭКО» на токи 160, 200 и 250 А, которая становится лидером продаж.
- ♦ В 2015 г. начинается серийный выпуск балластных реостатов РБП-304 для регулировки сварочного тока при многопостовой сварке, а также универсальных сварочных выпрямителей ВДУ-6303П и ВДУ-1202П.
- ♦ В ноябре 2015 г. переоснащен вагоностроительный завод группы компаний SKD Kutna Hora a.s., Чешская Республика, оборудованием Завода: универсальными выпрямителями ВДУ-1202П, многопостовыми выпрямителями ВДМ-1202П, выпрямителями ВС-650СР, балластными реостатами РБП-302, полуавтоматами ПС-351.2 и агронодуговыми инверторами АДИ-200S.
- ♦ В декабре 2015 г. начинается выпуск полностью цифровых сварочных инверторов серии ВДИ Professional, а также полуавтоматов ПСИ-250S и ПСИ-250P с новой панелью управления и цифровой регулировкой параметров.
- ♦ В декабре 2015 г. Завод награжден благодарственной грамотой ГП «Укроборонпром» за плодотворное сотрудничество и профессиональную помощь при решении вопросов обновления боевой и специальной техники для подразделений и частей Вооруженных Сил Украины.
- ♦ В 2015 г. произведена партия сварочных аппаратов в тропическом исполнении для судостроительного завода в Мьянме: выпрямители ВС-650СР с подающими блоками БП-608 и инверторы ВДИ-200P.
- ♦ В 2015 г. к зарубежным рынкам сбыта сварочных аппаратов и электродов присоединились Чехия, Узбекистан, Объединенные Арабские Эмираты и Мьянма.
- ♦ В начале 2016 г. Завод поставил машиностроительному заводу партию специализированного оборудования для электрошлаковой сварки металла толщиной до 450 мм: универсальный рельсовый сварочный аппарат А535 в комплекте с трансформатором ТШС-1000-3 и сварочные самоходные аппараты АШ115 в комплекте с выпрямителями ВДУ-1202П.
- ♦ Сварочные аппараты поставляются на бронетанковые заводы ГП «Укроборонпром»: инверторы серии ВДИ, полуавтоматы серии ПС, блоки подачи БП, а также сварочные электроды.
- ♦ В феврале 2016 г. выпускается первая партия аппаратов ВДИ-mini — самых малогабаритных сварочных аппаратов в мире для номинальной мощности 3,5 кВ·А.
- ♦ В апреле 2016 г. Завод начинает выпуск сварочных электродов по классической рецептуре: АНО-21, АНО-36, АНО-4, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, МР-3, спецэлектродов Т-590, ЦЧ-4, ОЗЛ-8 и ЦЛ-11, а также электродов серии Elite по улучшенной рецептуре: Elite АНО-36, Elite МД6013, Elite АНО-21.
- ♦ В июле 2016 г. осуществлена поставка первой партии сварочных инверторов серий АДИ, ВДИ и ПСИ в Корею.
- ♦ В октябре 2016 г. выполнен проект для ГП «Укроборонсервис» по созданию автоматической системы координирования миномета.
- ♦ В 2016 г. сварочные аппараты и электроды экспортируются в Беларусь, Казахстан, Эстонию, Польшу и Болгарию.
- ♦ Выпуск сварочных аппаратов превысил 50 тыс. ед. в год.
- ♦ Объем производства электродов превысил 600 т в месяц.
- ♦ В начале 2017 г. введены в эксплуатацию цех по производству корпусов для сварочных аппаратов, укомплектованный высокотехнологичным оборудованием марки TRUMPF и линией порошковой окраски.
- ♦ С 2017 г. сварочные электроды и аппараты поставляются в Латвию, Литву, Румынию, Иран.
- ♦ В сентябре 2017 г. линейка инверторов серий ВДИ Standard и ВДИ Professional, ПСИ Standard и ПСИ Professional пополнена аппаратами на более высокие значения токов — 315, 400 и 500 А.
- ♦ В 2017 г. осуществлен капитальный ремонт всех офисных, производственных и складских помещений Завода.

География экспортных поставок: Австрия, Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Венгрия, Германия, Грузия, Индия, Иран, Казахстан, Канада, Корея, Латвия, Литва, Молдова, Мьянма, Объединенные Арабские Эмираты, Польша, Румыния, Словакия, Турция, Узбекистан, Финляндия, Чехия, Экваториальная Гвинея, Эстония, Япония.

Цель Опытного завода сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона остается неизменной — выйти в лидеры по производству сварочного оборудования и материалов в Восточной Европе.

Подписка на журнал «Автоматическая сварка»
www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as
Подписной индекс 70031

Украина		Россия		Страны дальнего зарубежья	
на полугодие	на год	на полугодие	на год	на полугодие	на год
720 грн.	1440 грн.	5400 руб.	10800 руб.	90 дол. США	180 дол. США

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Подписку на журнал «Автоматическая сварка» можно оформить непосредственно через редакцию или по каталогам подписных агентств: Каталог видань України, «Прессцентр», «Блицинформ», «Меркурий» (Украина); каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать», Объединенный каталог «Пресса России» (Россия); каталог АО «Казпочта» Издания Украины (Казахстан); каталог зарубежных изданий «Белпочта» (Беларусь).



Подписка на журнал «The Paton Welding Journal»
www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj
Подписной индекс 21971

Украина		Россия		Страны дальнего зарубежья	
на полугодие	на год	на полугодие	на год	на полугодие	на год
750 грн.	1500 грн.	5400 руб.	10800 руб.	174 дол. США	348 дол. США

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Журнал «Автоматическая сварка» в полном объеме переиздается на английском языке под названием «The Paton Welding Journal» и распространяется по редакционной подписке (тел./факс: 38044 200-82-77, 200-54-84, E-mail: journal@paton.kiev.ua).



Правила для авторов, лицензионные соглашения, архивные выпуски журналов
на сайте издательства www.patonpublishinghouse.com.
В 2017 г. в открытом доступе выпуски журналов с 2009 по 2015 гг. в формате *.pdf.

Реклама в журналах «Автоматическая сварка» и «The Paton Welding Journal»

Реклама публикуется на обложках и внутренних вклейках следующих размеров

- ♦ Первая страница обложки, 190×190 мм
- ♦ Вторая, третья и четвертая страницы обложки, 200×290 мм
- ♦ Первая, вторая, третья, четвертая страницы внутренней обложки, 200×290 мм
- ♦ Вклейка А4, 200×290 мм
- ♦ Разворот А3, 400×290 мм
- ♦ А5, 165×130 мм

Стоимость рекламы

- ♦ Цена договорная
- ♦ Предусмотрена система скидок
- ♦ Стоимость публикации статьи на правах рекламы составляет половину стоимости рекламной площади
- ♦ Публикуется только профильная реклама (сварка и родственные технологии)
- ♦ Ответственность за содержание рекламных материалов несет рекламодатель

Подписано к печати 03.11.2017. Формат 60×84/8. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 9,14. Усл.-отт. 9,99. Уч.-изд. л. 10,44 + 2 цв. вклейки.
Печать ООО «ДИА».
03022, г. Киев-22, ул. Васильковская, 45.

Обновленные механизированные сварочные системы от Fronius обеспечивают идеальные сварные швы*

Механизированные сварочные процессы незаменимы во всех отраслях, связанных с изготовлением товаров из металла, таких как машиностроение и тяжелое машиностроение, производство оборудования и комплектующих, добыча нефти и газа.

Для этих отраслей подразделение Fronius Perfect Welding предлагает широкий спектр автоматизированного сварочного оборудования и сопутствующих услуг. Заказчики получают оборудование, обеспечивающее необходимую рентабельность, производительность и стабильное качество, а следовательно, позволяет сохранить конкурентные позиции на мировых рынках.

Сегодня сварочные операции нужно выполнять быстрее, экономичнее и качественнее, чем раньше, несмотря на форму деталей, которая постоянно усложняется, и разнообразие материалов. Мощные и рентабельные механизированные сварочные системы Fronius позволяют решить эту задачу и могут использоваться для широкого спектра работ. Их конфигурации и поддерживаемые сварочные процессы не менее разнообразны.

Так, например, при продольной сварке горелка или деталь перемещается в продольном направлении. Во время кольцевой сварки деталь вращается вокруг неподвижной горелки, а при орбитальной сварке, используемой для соединения труб и фланцев, наоборот, сварочная горелка вращается вокруг детали (обычно цилиндрической формы).

Еще одним возможным процессом является наплавка. Она используется для защиты деталей от износа и коррозии путем нанесения присадочного материала.

Какими бы ни были индивидуальные требования заказчиков, эксперты Fronius подберут процесс, который обеспечит наилучшие и самые выгодные результаты, а затем на основе таких требований разработают идеальную систему.

Сварочная тележка FlexTrack 45 Pro — это новая модель в линейке сварочных тележек.

Она используется при изготовлении резервуаров, электростанций, подвижного состава, а также в мосто- и судостроении. Комплект состоит из рельсовой системы, которая устанавливается на компоненте для сварки, и тележки, которая перемещается по рельсам и направляет сварочную горелку.

Рельсы закрепляются на мостиках с помощью магнитов, вакуума или опор. Они поставляются в прямой, гибкой и орбитальной конфигурациях, что позволяет применять их для выполнения самых разнообразных задач.

Сварщики могут производить сварку деталей различной формы с использованием различных процессов (MAG, CMT) и различных положений.

Благодаря постоянной скорости тележки FlexTrack 45 Pro сварка выполняется равномерно со стабильно высоким качеством.

Прочный и легкий алюминиевый корпус дает возможность использовать тележку в сложных условиях эксплуатации. Систему можно быстро собрать. Новый эргономичный пульт дистанционного управления с графическим интерфейсом обеспечивает простое и интуитивно понятное управление. Широкий спектр устройств дает возможность легко адаптировать тележку FlexTrack 45 Pro к особым условиям работы. Кроме того, заказчики могут использовать большинство компонентов с предыдущей версии такой сварочной тележки.

Также компания Fronius оптимизировала новые магнитные сварочные тележки ArcRover 15 и ArcRover 22. Они имеют надежное сцепление и могут использоваться как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях благодаря четырехколесной тележке и магнитам, расположенным на ее основе. Такие модели значительно мощнее своих предшественников. Максималь-



Сварочная тележка FlexTrack 45 Pro может использоваться при изготовлении резервуаров, электростанций, подвижного состава, а также в мосто- и судостроении

* Статья на правах рекламы.



Магнитные сварочные тележки ArcRover 15 и ArcRover 22 имеют надежное сцепление и могут использоваться как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях благодаря четырехколесной тележке и магнитам, расположенным на ее основе

ная растягивающая нагрузка составляет 15 и 22 кг соответственно. Электропитание подается от сети или от литий-ионной аккумуляторной батареи, которая быстро заряжается, что позволяет использовать систему в различных условиях в течение длительного периода времени. Поперечные усиленные направляющие с чувствительными роликами обеспечивают точность сварки. Универсальный держатель горелки совместим как с ручными, так и с автоматизированными сварочными горелками. Благодаря тому, что блок управления с дисплеем встроен в тележку, нет необходимости использовать внешний блок. Тележки ArcRover также отличаются постоянной скоростью. Это уве-

личивает точность и воспроизводимость процесса сварки. Благодаря уменьшенному межосевому расстоянию тележки можно использовать даже на деталях небольшого размера, что, в свою очередь, позволяет расширить диапазон их применения. Тележка ArcRover отличается исключительно прочным корпусом, поэтому подходит для самых сложных условий эксплуатации, а также позволяет производить сварку MAG в разных положениях.

На сегодняшний день компания Fronius предлагает широкий спектр сварочных головок открытого и закрытого типа для орбитальной сварки TIG с использованием сварочной проволоки и без нее. Они используются для сварки труб из черной и нержавеющей стали, титана, никелевых сплавов, алюминия и других материалов в таких областях, как энергетическое машиностроение, биохимия, микроэлектроника, пищевая промышленность, судостроение и аэрокосмическая отрасль.

В сочетании с источником питания TIG и модулем охлаждения системный контроллер для орбитальной сварки FPA 3020 управляет сварочными головками.

Исчерпывающий комплект стандартного оборудования со многими функциями дает возможность сварщикам эффективно выполнять широкий спектр сварочных операций с соблюдением высоких стандартов качества. Для особо требовательных заказчиков доступен большой выбор дополнительных устройств.

Компания Fronius способствует созданию идеальной автоматизированной сварочной системы для своих заказчиков на всех этапах: планирование и создание концепции, разработка, изготовление, ввод в эксплуатацию, а также сервисное обслуживание и техподдержка. Вместе с заказчиком наши эксперты анализируют поставленную задачу. После этого, на основе результатов, они разрабатывают идеальную сварочную систему с широкого набора компонентов и даже могут создать специальное решение для более уникальных поставленных задач.

Это важные преимущества: все компоненты доступны у одного поставщика, а заказчики взаимодействуют с надежным партнером по всем вопросам, связанным со сварочным оборудованием, в течение всего срока эксплуатации продукта.

Fronius International — австрийское предприятие с главным офисом в Петтенбахе и отделениями в Вельсе, Тальхайме, Штайнхаусе и Заттледте. Предприятие специализируется на системах для зарядки батарей, сварочном оборудовании и солнечной электронике. Всего штат компании насчитывает 3 817 сотрудников. Доля экспорта составляет 89 %, что достигается благодаря 28 дочерним компаниям, а также международным партнерам по сбыту и представителям Fronius более чем в 60 странах. Благодаря первоклассным товарам и услугам, а также 1 242 активным патентам, Fronius является лидером в области технологий на мировом рынке.



ООО «ФРОНИУС УКРАИНА»
07455, Киевская обл., Броварской р-н,
с. Княжичи, ул. Славы, 24
Тел.: +38 044 277-21-41; факс: +38 044 277-21-44
E-mail: sales.ukraine@fronius.com
www.fronius.ua

Календарь ноября*

1 ноября 1917

Зарегистрирована фирма «Union Carbide & Carbon Corporation». В 1892 г. Дж. Т. Морехед и Т. Вильсон, создатели фирмы «Вильсон алюминий», провели первую промышленную плавку карбида. Впоследствии Дж. Т. Морехед преобразовал эту компанию в «Юнион Карбайдкорпорейшн», создав мощную индустриальную компанию по производству карбида кальция — основного сырья для получения ацетилена.



2 ноября 1942

Членам советской танковой комиссии были показаны образцы нового немецкого танка «Пантера». Корпус танка собирался из катаных поверхностно-закаленных броневых плит средней и низкой твердости, соединенных «в шип» и сваренных двойным швом. Башня устанавливалась на бронированное основание, сваренное из листов толщиной 80 мм, толщина основания башни 100 мм. «Пантеры» были во многом модернизированными образцами советского танка «Т-34». Но учитывая то, что для сборки применяли ручную дуговую сварку, а советские танки собирались при помощи скоростной автоматической сварки, Германия не могла быстро и в достаточном количестве поставлять на фронт как «Пантеры», так и «Тигры».



3 ноября 1916

Заложен военный корабль «Вендетта» (D69) — эскадренный миноносец типа «V» Королевского военно-морского флота Великобритании и Королевского австралийского ВМФ времен Второй мировой войны. 17 октября 1917 г. вошел в состав Королевских ВМС Великобритании. 11 октября 1933 г. передан Королевскому флоту Австралии. Эскадренный миноносец «Вендетта» был первым цельносварным судном, построенным в Австралии. «Вендетта» и другие корабли этого класса были 390 футов (120 м) в длину, водоизмещением 2800 т. Для постройки судна использовали электродуговую сварку.



4 ноября 1953

Были проведены испытания, а затем и открыто движение по цельносварному мосту в Киеве длиной 1543 м. Не ожидая полного окончания постройки опытных сварных мостов, было решено приступить к изготовлению и монтажу пролетных строений крупнейшего цельносварного моста через Днепр. Ведущая роль в проектировании, изготовлении и монтаже пролетных строений принадлежала Институту электросварки и лично Е. О. Патону. Проект моста разработан институтом «Укр-проектстальконструкция». Мост длиной 1543 м имеет 24 пролета, из них четыре судоходных с высотой 87 м. Основной объем работ по сварке главных балок был выполнен разработанными в ИЭС автоматами и полуавтоматами. Технологический процесс сборки и сварки главных балок осуществляли поточным методом; 97 % всех швов было сварено автоматами и полуавтоматами.



6 ноября 1936

Торжественно открыт Володарский мост — мост через Неву в Санкт-Петербурге. По условиям проекта необходимо было предусмотреть разводной пролет в центре моста, боковые пролеты в соответствии с требованиями судоходства не могли быть уже 100 м каждый. Разводной пролет моста представлял собой двукрылую раскрывающуюся систему с неподвижной горизонтальной осью вращения с жестко прикрепленными противовесами. Строение разводного пролета впервые было выполнено металлическим цельносварным. Для времени проектирования моста, а проектные работы были начаты в 1931 г., применение электросварки в столь ответственном сооружении и в таких масштабах следовало считать смелым новаторством.



* Материал подготовлен компанией ООО «СТИЛ ВОРК» (г. Кривой Рог) при участии редакции журнала.

7 ноября 1938

После реконструкции торжественно открыт Благовещенский мост (ранее также Николаевский мост и мост Лейтенанта Шмидта) — первый постоянный мост через реку Неву в Санкт-Петербурге. В целях экономии средств и времени было решено использовать старые опоры моста, перестроив только их верхние части. В конструктивном плане новый мост являлся выдающимся достижением советской строительной техники тридцатых годов. При его строительстве был внесен ряд весьма значительных усовершенствований в технику мостостроения. Вместо заклепок для соединения элементов пролетного строения использовалась электросварка. Такой способ соединения стальных элементов был впервые применен для изготовления столь грандиозной и ответственной конструкции.



7 ноября 1937



Родился Николай Маркович Воропай (1937–2014) — доктор технических наук, представитель патоновской научно-инженерной школы. Теоретически и экспериментально развил научные основы физико-металлургических процессов при механизированной сварке в защитных газах. Разработал способы управления характеристиками дуги с плавящимся и неплавящимся электродом, дуговую сварку в атмосфере высокого давления, аргонодуговую и микроплазменную сварку разнополярными импульсами тока, дуговую сварку активированной проволокой, электролитическо-плазменную полировку поверхности электродной проволоки.

11 ноября 1976

Скончался Александр Колдер (1898–1976) — американский скульптор, который приобрел всемирную известность замысловатыми фигурами из проволоки и т. н. мобилями — кинетическими скульптурами, которые приводятся в движение электричеством или ветром. В 1926 г. переехал в Париж, где общался в кругу сюрреалистов и конструктивистов. Тогда же находит новую форму скульптуры — фигурки из проволоки. Эти фигурки — рисунки в пространстве, наделенные юмором и подвижностью марионеток. Гибкий материал, из которого они изготовлены, позволяет легко менять позы фигур. Известный скульптор, который довел до совершенства искусство создания скульптуры сваркой.



12 ноября 1942

На верфи «Ричмонд Ярл» (Калифорния) был поставлен рекорд сборки и сварки корпуса корабля. Для этого понадобилось только четыре дня. Благодаря замене клепаной конструкции и технологии клепки на сварную конструкцию и сварку при постройке судна было сэкономлено 500 т стали. Цикл постройки сократился до 50 дней. Для сокращения времени и уменьшения стоимости изготовления, снижения остаточных напряжений и деформаций была разработана схема «расчленения» корпуса на секции. Каждая секция сваривалась из отдельных листов и элементов набора, что позволяло изготавливать судно на поточной линии в цехе одновременно на нескольких участках.



14 ноября 1949

Совершил первый полет гидросамолет «Бе-6» — многоцелевая летающая лодка разработки ЦКБ морского самолетостроения при авиазаводе № 31. Первый вариант самолета производился при помощи сварки, но получил неудовлетворительную характеристику (наличие трещин в конструкции). Позже в новой модели «Бе-12» широко применили сварку деталей из коррозионно-стойкого сплава АМг-6Т. Это дало экономию массы на каждом таком изделии до 8,8 %. Замена изготавливаемых из литья и поковок крупногабаритных деталей лодки (фонаря, рам люков, редана и др.) на сварные дала значительную экономию веса и повысила коррозионную стойкость конструкции.



15 ноября 1878

Американским изобретателем Томасом Эдисоном основана компания «General Electric». Первоначально называлась «Эдисон электрик лайт», а после объединения в 1892 г. с компанией «Томсон-Хьюстон Электрик компани», основанной другим выдающимся американским изобретателем — Э. Томсоном, получила свое современное название. Эдисон, обидевшись, что его имя исчезло с вывески, ушел из новой компании. Ее президентом стал Ч. Коффин, а профессор Э. Томсон был назначен техническим директором. С самого рождения компания была первопроходцем во многих областях сварочной науки и техники, являясь местом развития технологий соединения. Она стала одним из главных распространителей контактной сварки в США в начале ее развития.

**16 ноября 1931**

Совершил первый полет аппарат «Сталь-2» — советский ближнемагистральный пассажирский самолет с одним поршневым двигателем воздушного охлаждения разработки КБ инженера Путилова (НИИ ГВФ). Это был первый серийный самолет с цельностальной сварной конструкцией каркаса. Особенностью самолета являлось изготовление сварного каркаса из нержавеющей стали марки «Энерж-6». Обшивка плоскостей, оперения и хвостовой части фюзеляжа — полотно, боковых частей фюзеляжа — фанера, передняя часть фюзеляжа — дюраль.

**17 ноября 1972**

Первый полет «МиГ-23БН» — советского сверхзвукового специализированного истребителя-бомбардировщика третьего поколения. Его производство, требовавшее множества сложных и специфичных техпроцессов и оснастки, было организовано на Тушинском машиностроительном заводе (ТМЗ), имевшем известный опыт работ со стальными конструкциями и сваркой. Полученный опыт и технологии сварки конструкционных сталей были использованы при освоении сварных секций фюзеляжа «МиГ-23». На ТМЗ попытались внедрить изготовление сварных отсеков МиГ-23 из титана, но технологически сложный материал не дал удовлетворительных результатов. Сварку баков из ВНС-2 в конце концов освоили и на заводе «Знамя труда».

**18 ноября 1939**

Британский авианосец «Ark Royal» отправляется на охоту за немецким линкором «Бисмарк». За первые два года Второй мировой войны он принял участие во многих морских операциях Королевского флота, где отличился в боях. Один из самых знаменитых кораблей того времени. При строительстве корабля широко применялась сварка — 65 % конструкций корпуса было выполнено при ее помощи, в том числе поперечные и продольные переборки, палубы (кроме полетной и верхней ангарной палубы), наружная обшивка выше нижней ангарной палубы, носовая часть корабля. За счет сварки вес корпуса авианосца был снижен на 500 т, что дало возможность усилить бронирование.

**19 ноября 1938**

Родился Николай Петрович Тригуб (1938–2012) — доктор технических наук, представитель патоновской научно-инженерной школы. Внес существенный вклад в создание отечественного производства титановых слитков. Разработал технологию электронно-лучевой плавки с промежуточной емкостью и порционной подачей жидкого металла в кристаллизатор, электронно-лучевые пушки и установки для получения слитков массой 20 т. Под его руководством создан научно-производственный центр «Титан» и организовано производство слитков титана и титановых сплавов для промышленности.

20 ноября 1996

В сторону Марса запущена «Delta II Heavy» — ракета второго поколения ракет-носителей семейства «Дельта». Разработана и сконструирована авиастроительной компанией «McDonnell Douglas». Ракеты второго поколения назывались «тяжелыми», так как применялись для доставки на орбиту тяжелых грузов. Применение сварки трением с перемешиванием сделало швы и стыки ракеты легче, кроме того конструкция получилась прочной и выдерживала огромные нагрузки во время полета. Сварка трением с перемешиванием была также использована при производстве ракет «Delta IV».



21 ноября 1943

На полигоне под Москвой состоялись испытания танка «ИС-2». Броневой корпус танка (кроме лобовой детали у части машин) сваривался из катаных броневых плит толщиной 90, 60, 30 и 20 мм. Со второй половины 1944 г. по мере наличия катаной брони высокой твердости лобовую часть стали делать сварной из 90-миллиметровых бронеплит. С остальными деталями лобовая часть соединялась сваркой. Обтекаемая башня представляла собой броневую отливку сложной геометрической формы, ее борта толщиной 90 мм располагались под углом к вертикали для повышения снарядостойкости. Лобовая часть башни с амбразурой для орудия, образованная пересечением четырех сфер, отливалась отдельно и сваривалась с остальными деталями башни.



22 ноября 1922

Родилась Эйла Хильтунен (1922–2003) — финский скульптор. Ранние работы выполняла из мрамора и бронзы, с конца 1950-х годов начала экспериментировать с литьем и сваркой. В 1966 г. Хильтунен была награждена высшей государственной наградой Финляндии для деятелей искусств — медалью «Pro Finlandia». Одной из самых известных работ Эйлы Хильтунен является памятник композитору Яну Сибелиусу в Хельсинки. Уменьшенная копия памятника стоит возле Штаб-квартиры ООН в Нью-Йорке.



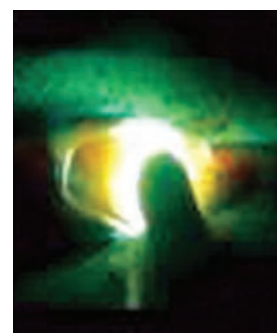
23 ноября 1802

Русским ученым Василием Владимировичем Петровым (1761–1834) была открыта электрическая дуга, явление, без которого сварка электричеством невозможна. Ученый соединил с мощной батареей два уголька, коснулся ими друг друга и чуть раздвинул. Вначале посыпались искры, затем промежуток между угольками заполнило ослепительное пламя, которое по форме напоминало огненный дугообразный мост. Так был открыт электрический дуговой разряд — самый яркий на последующие столетия источник света. Открытие В. В. Петровым электрической дуги привлекло внимание научной общественности. Еще за год до выхода в свет книги об опытах Петрова в 1802 г., о дуге писали в «Петербургских ведомостях».



24 ноября 1881

Французский инженер О. Меритен запатентовал устройство для сварки дугой прямого действия, состоящее из держателя с угольным электродом, подключенным к положительному полюсу, и чугунной плиты — к отрицательному полюсу. Держатель и плита размещались в камере с иллюминатором. Меритен ограничился применением этого устройства только для сварки свинцовых пластин (патент Франции № 146010 от 24 ноября 1881 г.).



25 ноября 1937

Завершилась всемирная выставка 1937 г. в Париже, на которой символом советского павильона стала 24-метровая скульптурная группа «Рабочий и колхозница», выполненная из нержавеющей стали по проекту В. И. Мухиной и посвященная достижениям социалистической индустриализации. В Советском Союзе это была первая крупная сварная скульптура. Изготовить огромные скульптуры без натуральных моделей взялся профессор П. Н. Львов — первый среди сварщиков кавалер ордена Ленина. Элементы фигур выкроили по шаблонам и выколотили по фрагментам моделей из листов нержавеющей стали, которые затем приварили к деталям трубчатого каркаса.

**27 ноября 1918**

Родился Борис Евгеньевич Патон — выдающийся украинский ученый в области сварки, металлургии и материаловедения. Видный общественный деятель и талантливый организатор науки, академик Национальной академии наук Украины, Академии наук СССР, Российской академии наук, Президент НАН Украины, Международной ассоциации академий наук, директор Института электросварки им. Е. О. Патона, заслуженный деятель науки и техники УССР, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР и Украины, дважды Герой Социалистического Труда, Герой Украины. Вместе со своим отцом, Евгением Оскаровичем Патоном, создал всемирно известную патоновскую научно-инженерную школу.

28 ноября 1907

Родился В. И. Дятлов — ученый, который впервые запатентовал новый принцип устройства дуговых автоматов для подачи электрода с постоянной скоростью, не зависящей от напряжения дуги или каких-либо других факторов. В 1942 г. он впервые обратил внимание на саморегулирование дуги при сварке плавящимся электродом, исследовал это явление и предложил использовать в дуговых автоматах. В ряде случаев саморегулирование дуги протекает настолько интенсивно, что нет необходимости в применении довольно сложных схем автоматического регулирования дуги.

29 ноября 1939

За день до начала советско-финской войны танки «КВ-1» были отправлены на фронт. Лобовая часть башни с амбразурой для орудия, образованная пересечением четырех сфер, отливалась отдельно и сваривалась с другими бронедеталями башни. Башня серийных КВ выпускалась в трех вариантах: литая, сварная с прямоугольной нишей и сварная с закругленной нишей. Толщина брони у сварных башен была 75 мм, у литых — 95 мм, так как литая броня была менее прочной. В 1941 г. сварные башни и бортовые бронеплиты некоторых танков были дополнительно усилены — на них болтами закрепили 25-и мм броневые экраны, причем между основной броней и экраном оставался воздушный промежуток, т. е. этот вариант «КВ-1» фактически получил разнесенное бронирование.

**30 ноября 1911**

Умер Николай Николаевич Бекетов (1827–1911) — русский физхимик, один из основоположников физической химии и химической динамики, заложил основы принципа аллюминотермии. В 1859 г. им был разработан способ получения металлов, основанный на аллюминотермии — восстановлении их оксидов алюминием. Ученый доказал, что шихта из смеси порошков алюминия и оксида железа горит при температуре, составляющей несколько тысяч градусов, превращаясь в железо и шлак. Вместо алюминия можно было использовать магний, а из оксидов восстанавливать не только железо, но и ряд других металлов (хром, бор, титан). Это открытие впоследствии нашло применение в металлургии для получения безуглеродистых металлов, ферросплавов, лигатур и в процессе аллюминотермитной сварки.

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Титан 2018: производство и применение в Украине»

Посвящается 100-летию Национальной академии наук Украины

Киев, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ Украины, 11–13 июня 2018 г.

Председатели программного комитета:
академик Б. Е. Патон, проф. В. А. Богуслаев



Национальная академия наук Украины
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ
АО «Мотор Сич»
Запорожский национальный технический университет
Международная Ассоциация «Сварка»



Тематика конференции

- Применение изделий и конструкций из титановых сплавов в авиа-двигателестроении и других отраслях промышленности.
- Литейные технологии.
- Аддитивные технологии в производстве изделий из титановых сплавов.
- Новые сплавы на основе титана и его интерметаллидных соединений.
- Прогрессивные технологии и оборудование для получения слитков титана и сплавов на его основе.
- Деформационная обработка титана.
- Структура и свойства титановых сплавов.
- Прогрессивные технологии сварки и пайки изделий из титановых сплавов.

Подача заявок для участия в конференции и отправка докладов до 15 марта 2018 г.

ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ, отд. № 51,
ул. Казимира Малевича, 11,
г. Киев, 03680, Украина.
Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-81-45, 205-22-98
E-mail: journal@paton.kiev.ua, lanagrig@gmail.com
www.pwi-scientists.com/rus/titan2018



Информационная поддержка – журналы
«Автоматическая сварка»
и «Современная электрометаллургия».



16 - 18 October 2018

Fair and Exhibition Centre
expoSilesia
www.exposilesia.pl

60th

International
Welding Conference

Organizer:
Institute of Welding

ExpoWELDING



International Welding Fair

ul. Braci Mieroszewskich 124 | 41-219 Sosnowiec | expowelding@exposilesia.pl



Международная Ассоциация «Сварка» (г. Киев) организует участие украинских компаний на коллективном стенде в международной сварочной выставке «ExpoWELDING 2018», г. Сосновец, Польша, 16-18 ноября 2018 г. Выставка проводится один раз в два года и является крупнейшей сварочной выставкой в Восточной Европе. По вопросам участия в выставке «ExpoWELDING 2018» на коллективном стенде просьба обращаться: тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-81-45, E-mail: journal@paton.kiev.ua. Статья, посвященная выставке «ExpoWELDING 2016» и участию в ней украинских компаний на коллективном стенде опубликована в журнале «Автоматическая сварка» № 12, 2016, стр. 63-67 и находится в открытом доступе по ссылке: <http://patonpublishinghouse.com/as/pdf/2016/as201612part.pdf>.