

Патоновская марка



СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ **6** 2017
ноябрь-декабрь

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

TECHNOLOGY FOR THE WELDER'S WORLD

2  **INZEL UKRAINE GmbH** 
SINCE 1997

Вітаємо з Новим
роком та Різдвом
Христовим!

**Потужний,
надійний та
функціональний**

**Нове покоління пальників серії ABIMIG® WT
(400 – 600 А, ПВ 100%, рідинне охолодження)**

ПІІ ТОВ «Бінцель Україна ГмбХ»
Тел.: 0-44 / 403-1299, 403-1399
Факс: 0-44 / 403-1499, 403-1599
E-mail: info@binzel.kiev.ua



www.binzel-abicor.com



6(118) 2017

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

Журнал награжден Почетной
грамотой и Памятным знаком
Кабинета Министров Украины

СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ 6 2017
ноябрь-декабрь

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4

Технологии сварки трением

Сварка металлов и сплавов трением. Технологические возможности
конвенционной и инерционной сварки трением.

Г.И. Лашенко 6

Сварка трением с перемешиванием. Композит Al-C.

П.А. Васильев, М.А. Шведов, В.М. Смирнов, О.В. Христофоров 12

Дефекты в наплавленном металле

Дефекты в наплавленном металле, их происхождение и меры борьбы с ними.
Полости. Включения.

И.А. Рябцев, И.И. Рябцев, А.А. Бабинец, Э.В. Турык 14

Технологии плазменного напыления

Оптимизация процесса плазменного напыления токоведущей проволокой.

О.Г. Быковский, А.Н. Лаптева, Д.В. Строгонов, Н.П. Пасько 19

Технологии ремонтной сварки

Явление термического удара при производстве массивных
конструкций сложной формы.

В.И. Панов 21

Технологии и оборудование

Автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов.

*Н.М. Махлин, Н.С. Федоренко, В.Ю. Буряк, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов,
Д.С. Олияненко, А.Е. Коротынский, М.И. Скопюк* 26

Наши консультации 38

Новинки сварочного оборудования

Новые источники питания Fronius для ручной TIG сварки. 42

Лидеры сварочного производства

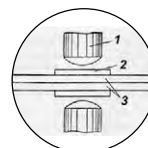
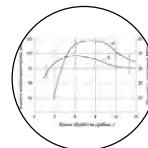
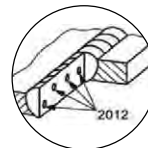
ГП «ОЗСМ ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины» – 40 лет! 45

Страницы истории

Экономика и наука современной Украины.

А.А. Мазур, В.И. Снежко 50

Все для сварки. Торговый Ряд 54



Новини техніки та технологій	4
Технології зварювання тертям	
• Зварювання металів та сплавів тертям. Технологічні можливості конвенційного та інерційного зварювання тертям. <i>Г.І. Лашенко</i>	6
• Зварювання тертям з перемішуванням. Композит Al-C. <i>П.А. Васил'єв, М.А. Шведов, В.М. Смірнов, О.В. Христофоров</i>	12
Дефекти в наплавленому металі	
• Дефекти в наплавленому металі, їх виникнення та заходи боротьби з ними. Порожнини. Включення. <i>І.А. Рябцев, І.І. Рябцев, А.А. Бабінець, Е.В. Турик</i>	14
Технології плазмового напилення	
• Оптимізація процесу плазмового напилення струмоведучим дротом. <i>О.Г. Биковський, А.Н. Лаптева, Д.В. Строгонов, Н.П. Пасько</i>	19
Технології ремонтного зварювання	
• Явище термічного удару при виробництві масивних конструкцій важкої форми. <i>В.І. Панов</i>	21
Технології та обладнання	
• Автоматизація зварювання неповоротних стиків трубопроводів. <i>Н.М. Махлін, Н.С. Федоренко, В.Ю. Буряк, В.Є. Водолазський, В.Є. Попов, Д.С. Оліяненко, А.Є. Коротинський, М.І. Скопюк</i>	26
Наші консультації	38
Новинки зварювального устаткування	
• Нові джерела живлення Fronius для ручного TIG зварювання.....	42
Лідери зварювального виробництва	
• ДП «ДЗЗМ ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України» – 40 років!.....	45
Сторінки історії	
• Економіка та наука сучасної України. <i>О.А. Мазур, В.І. Снежко</i>	50
Все для сварки. Торговий Ряд	54

CONTENT

News of technique and technologies	4
Technologies of friction welding	
• Welding of metals and alloys by friction. Technological possibilities of conventional and inertial friction welding. <i>G.I. Lashenko</i>	6
• Friction stir welding. Composite Al-C. <i>P.A. Vasil'yev, M.A. Shvedov, V.M. Smirnov, O.V. Khristoforov</i>	12
Defects in the weld metal	
• Defects in the weld metal, their origin and measures to combat them. Cavities. Inclusions. <i>I.A. Ryabtsev, I.I. Ryabtsev, A.A. Babinets, E.V. Turyk</i>	14
Technologies of plasma spraying	
• Optimization of the process of plasma spraying with current-carrying wire. <i>O.G. Bykovskiy, A.N. Lapteva, D.V. Stroganov, N.P. Pas'ko</i>	19
Technologies of repair welding	
• The phenomenon of thermal impact in the production of massive structures of complex shape. <i>V.I. Panov</i>	21
Technologies and equipment	
• Automation of welding of non-rotating joints of pipelines. <i>N.M. Makhlín, N.S. Fedorenko, V.Yu. Buryak, V.E. Vodolazskiy, V.E. Popov, D.S. Oliyanenko, A.E. Korotynskiy, M.I. Skopyuk</i>	26
Our consultations	38
New welding equipment	
• New Fronius power supplies for manual TIG welding.....	42
Leaders of welding production	
• 40-th years of State Enterprise «OZSM the E.O. Paton EWI of NAS of Ukraine»!.....	45
Page of history	
• Economics and science of modern Ukraine. <i>A.A. Mazur, V.I. Snezhko</i>	50
All for welding. Trading row	54

ПАТОНОВСКАЯ МАРКА

СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ 6 2017

ноябрь - декабрь

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТСвидетельство о регистрации
КВ № 21846-11746 ПР от 22.01.2016

Учредители

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

Издатель

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

Информационная поддержка:

Общество сварщиков Украины
Журнал «Автоматическая сварка»
Национальный технический
университет Украины «КПИ»
Журнал издается
при содействии UNIDO

Главный редактор

В. Д. Позняков

Зам. главного редактора

В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия

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

Редакционный совет

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

Редакторы

Р. С. Сухомуд
О. А. Трофимец

Верстка

А. В. Рябов

Адрес редакции

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

Телефон

+380 44 200 53 61, 200 80 18

Тел./факс

+380 44 200 80 14

E-mail

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

URL

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

Представительство
в БеларусиМинск, УП «Белгазпромдиагностика»
А. Г. Стешиц
+375 17 210 2448, ф. 205 0868Представительство
в РоссииМосква, ООО «Специальные
сварочные технологии»
В. В. Сипко
+7 903 795 18 49
e-mail: ctt94@mail.ruЗа достоверность информации и содержание рекламы
ответственность несут авторы и рекламодатели.
Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией
редакции.Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Редакция оставляет за собой право редактировать и
сокращать статьи. Переписка с читателями — только
на страницах журнала. При использовании материалов в
любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 05.12.2017. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

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

Зак. №24648 от 04.12.2017. Тираж 900 экз.

Печать: ЧП «ИТЕК СЕРВИС», 2017.

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

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

Подписка-2018
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405

**Сварка металлов и сплавов трением.
Технологические возможности конвенционной
и инерционной сварки трением.**

Г. И. Лащенко

Приведены достоинства конвенционной и инерционной сварки трением деталей сплошного или трубчатого сечения типа тел вращения. Дана характеристика свариваемости материалов при указанных способах сварки трением. Показано, что дальнейшее развитие технологии сварки трением разнородных материалов (особенно образующих при взаимодействии новые хрупкие фазы) связано с поиском оптимальных температурно-скоростных условий деформирования за счет использования различных технологических приемов и оборудования. Приведены общие характеристики оборудования для сварки трением. Показано, что широкое промышленное использование конвенционной и инерционной сварки трением обусловлено высокой экономической эффективностью за счет экономии материалов, обеспечения высокой размерной точности и качества соединений, высокой производительности и возможности соединения трудосвариваемых металлов, снижения капитальных затрат и расхода электроэнергии.

**Дефекты в наплавленном металле, их происхождение
и меры борьбы с ними. Полости. Включения.**

И. А. Рябцев, И. И. Рябцев, А. А. Бабинец, Э. В. Турик

Проведен обзор дефектов сварки и наплавки в виде различных полостей, неметаллических и металлических включений. Дефекты классифицированы в соответствии с международным стандартом ISO 6520–1:2007 и его аналогом ГОСТ ИСО 6520–1:2012. Проанализированы основные причины образования этих дефектов и приведены методы борьбы с ними. Проведенный анализ показал, что при наплавке (сварке) с полостями или твердыми включениями можно успешно бороться, выполняя меры подготовки и контроля основного и наплавочного материалов, не допуская отклонений от технологии наплавки.

**Явление термического удара при производстве
массивных конструкций сложной формы.**

В. И. Панов

Приведены примеры отрицательного и положительного влияния термического удара при производстве металлических конструкций и деталей. Феноменологическая модель механизма образования трещин (разрушения) в основном металле массивных конструкций в течение их жизненного цикла предполагает вероятность образования трещин в течение производственного процесса и эксплуатации, она определяется концентрацией напряжений возле дефекта основного металла в реальных условиях.

**Автоматизация сварки неповоротных стыков
трубопроводов.**

*Н. М. Махлин, Н. С. Федоренко, В. Ю. Буряк,
В. Е. Водолазский, В. Е. Попов, Д. С. Олияненко,
А. Е. Коротинский, М. И. Скопюк*

Представлены результаты работ ИЭС им. Е. О. Патона и НИЦ СКАЭ по созданию, внедрению и модернизации разработанных впервые в Украине технологий и оборудования для автоматической орбитальной сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (GTAW) неповоротных стыков трубопроводов диаметром от 7 до 76 мм с толщиной стенки до 3,0 мм из сталей аустенитного класса и до 2,5 мм из сталей перлитного и мартенситного классов, высоколегированных сплавов, цветных металлов и сплавов. Показаны преимущества технологий GTAW для получения соединений деталей трубопроводов в сравнении с широко применяемыми технологиями ручной сварки таких соединений. Рассмотрены особенности работы разработанного отечественного оборудования для GTAW неповоротных стыков тонкостенных трубопроводов, а также перспективы дальнейшего совершенствования этого оборудования.

**Зварювання металів та сплавів тертям.
Технологічні можливості конвенційного та інерційного
зварювання тертям.**

Г. І. Лащенко

Наведено переваги конвенційного та інерційного зварювання тертям деталей суцільного або трубчастого перетину типу тіл обертання. Подано характеристику зварювальності матеріалів зазначеними способами зварювання тертям. Показано, що подальший розвиток технології зварювання тертям різнорідних матеріалів (особливо тих, що утворюють при взаємодії нові крихкі фази) пов'язаний з пошуком оптимальних температурно-швидкісних умов деформування за рахунок використання різних технологічних прийомів та обладнання. Наведено загальні характеристики обладнання для зварювання тертям. Показано, що широке промислове використання конвенційного та інерційного зварювання тертям обумовлено їх високою економічною ефективністю за рахунок економії матеріалів, забезпечення високої розмірної точності та якості з'єднань, високої продуктивності та можливості з'єднання важкозварювальних металів, зниження капітальних витрат та витрат електроенергії.

**Дефекти у наплавленому металі, їх походження
та заходи боротьби з ними. Порожнини. Включення.**

І. А. Рябцев, І. І. Рябцев, А. А. Бабінець, Е. В. Турик

Проведено огляд дефектів зварювання та наплавлення у вигляді різних порожнин, неметалічних та металічних включень. Дефекти класифіковано у відповідності із міжнародним стандартом ISO 6520–1:2007 та його аналогом ГОСТ ИСО 6520–1:2012. Проаналізовано основні причини утворення цих дефектів та наведено методи боротьби з ними. Проведений аналіз показав, що при напавленні (зварюванні) з порожнинами або твердими включеннями можливо успішно боротися, виконуючи заходи підготовки та контролю основного й наплавочного матеріалів, не допускаючи відхилень від технології напавлення.

**Явище термічного удару при виробництві
масивних конструкцій важкої форми.**

В. І. Панов

Наведено приклади негативного та позитивного впливу термічного удару при виробництві металічних конструкцій та деталей. Феноменологічна модель механізму утворення тріщин (руйнування) в основному металі масивних конструкцій на протязі їх життєвого циклу передбачає ймовірність утворення тріщин на протязі виробничого процесу та експлуатації, вона визначається концентрацією напружень біля дефекту основного металу у реальних умовах.

**Автоматизація зварювання неповоротних стиків
трубопроводів.**

*Н. М. Махлін, Н. С. Федоренко, В. Ю. Буряк,
В. Е. Водолазський, В. Е. Попов, Д. С. Оліяненко,
А. Е. Коротинський, М. І. Скопюк*

Представлено результати робіт ІЕЗ ім. Є. О. Патона та НІЦ ЗКАЕ із утворення, впровадження та модернізації розроблених уперше в Україні технологій та обладнання для автоматичної орбітальної зварювання неплавким електродом в середовищі інертних газів (GTAW) неповоротних стиків трубопроводів діаметром від 7 до 76 мм з товщиною стінки до 3,0 мм із сталей аустенітного класу і до 2,5 мм із сталей перлітного та мартенітного класів, високолегованих сплавів, кольорових металів та сплавів. Показано переваги технології GTAW для отримання з'єднань деталей трубопроводів в порівнянні з широко застосованими технологіями ручного зварювання таких з'єднань. Розглянуто особливості роботи розробленого вітчизняного обладнання для GTAW неповоротних стиків тонкостінних трубопроводів, а також перспективи подальшого вдосконалення цього обладнання.

Новые мощные инверторные выпрямители и полуавтоматы в линейке сварочного оборудования ПАТОН™

В рамках стратегической программы развития ПАТОН™ продолжает наращивать ассортимент сварочного оборудования и материалов, предоставляя партнерам и клиентам более широкие возможности выбора для решения любых задач.

В октябре 2017 г. в линейке инверторов серии ВДИ Standard появилась новая модель аппарата с силой сварочного тока 315 А для трехфазной сети. Инверторы этой серии предназначены для бытового и промышленного использования. Новый мощный аппарат обеспечит отличную продолжительность нагрузки для любых марок электродов Ø от 1,6 до 6 мм, что позволит реализовать большинство задач в промышленном секторе.

Еще одна новинка от ПАТОН™ — модернизированный инверторный источник на 315 А серии Professional (для трехфазной сети). Преимуществом ВДИ-315Р является его применение для проведения сварочных работ в полевых условиях, с использованием автономных мобильных электростанций. Микропроцессорное управление обеспечивает широкий спектр функциональных возможностей аппарата и высокое качество сварочного шва.

Хорошей новостью для профессиональных сварщиков станет расширение линейки инверторных полуавтоматов. К концу 2017 г. в продаже появится новый двухкорпусный полуавтомат серии Professional для трехфазной сети с катушкой на 15 кг — ПСИ-315Р. Этот цифровой полуавтомат



предназначен для промышленного использования, имеет широкие возможности регулирования параметров сварки, качественный металлический механизм подачи, может применяться для работы в опасных условиях. Отличительной особенностью полуавтоматов ПАТОН™ серии Professional является наличие импульсного режима во всех типах сварки, который облегчает соединение деталей малой толщины и сварку в различных пространственных положениях.

Специалисты ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона постоянно модернизируют существующие и разрабатывают новые модели аппаратов: в 2018 г. в серийное производство будут запущены инверторы на токи 400 и 500 А.

www.paton.ua

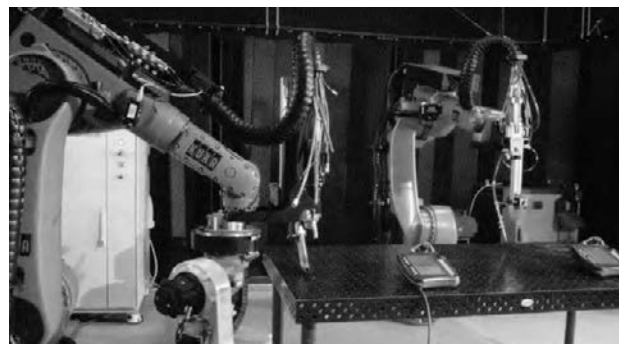
● #1713

Роботизированная установка лазерной сварки FL-WELD-R

Роботизированная сварочная установка предназначена для обработки широкой номенклатуры изделий из углеродистых и нержавеющей сталей, алюминиевых и др. сплавов с различной толщиной стенки. Разнообразный выбор исполнений и опций установки позволяет оптимально решать самые сложные и нестандартные задачи.

К преимуществам установки можно отнести:

- высокую скорость сварки (до 10 м/мин);
- «кинжальное» проплавление, аккуратный, качественный и прочный шов;
- сварку толщин до 10 мм за один проход без разделки кромок;
- сварку толщин от 10 до 30 мм за несколько проходов в узкую разделку;
- равнопрочность сварного соединения;
- минимальную зону термического влияния (0,1–1 мм), отсутствие зон разупрочнения;
- минимальные термические поводки, коробление;
- возможность сварки большого спектра метал-



лов и внедрения автоматизации;

- снижение влияния человеческого фактора;
- экономию электроэнергии и сварочных материалов;
- комфортные и безопасные условия труда.

Установка повсеместно применяется в автомобилестроении, вагоностроении и авиастроении.

www.ntoire-polus.ru

● #1714

Аддитивные технологии уже в Украине

Как известно, существует несколько методов 3D печати, однако все они являются производными аддитивной технологии изготовления изделий. Вне зависимости от того, какой 3D принтер используется, построение заготовки осуществляется путем послойного добавления сырья. Несмотря на то, что термин Additive Manufacturing в отечественной практике используется очень редко, технологии послойного синтеза фактически оккупировали современную промышленность.

ООО СП «Стан-Комплект» представляет новый продукт технического прогресса, за которым производство будущего — процесс выращивания из порошковых материалов известный как аддитивные технологии. Данная технология успешно используется не только в производстве пластиковых, но и металлических изделий. «Стан-Комплект» предлагает 3D принтеры по металлу от немецкого производителя SLM Solutions, одного из первых создателей аддитивной технологии.

На сегодняшний день производитель выпускает три модели систем селективного лазерного плавления: 125, 280, 500, которые отличаются



размерами рабочих камер. Ожидается выпуск следующей модели 800, рабочая камера которой будет 500x280x850 мм³.

Одну из таких установок, SLM 280.2.0 ООО «СП «Стан-Комплект» представило на выставке «XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ — 2017».

www.stankom.com

● #1715

Переносной фаскосниматель В-500

Переносной фаскосниматель В-500 — отличное решение при проблемах со снятием фаски от компании «Ridgid» («Emerson», США): высокая надежность В-500 дает возможность не потерять контроль в процессе снятия фаски, система фиксации надежно удерживает инструмент на трубе, работает без искр и огня. Превосходная по качеству фаска получается благодаря шести одновременно работающим резцам. Возможность выбора между тремя углами фаски для покрытия любых опций сварки, точный угол фаски по всей окружности трубы получается всего за один оборот. Настраиваемая величина притупления от 9 до 4,7 мм для различных вариантов сварки.

В-500 устанавливает и снимает фаску на трубе сортамента 40 менее чем за 2 мин.



Характеристики В-500:

Возможности	Трубы 100 мм и выше, плоские пластины; сталь и нержавеющая сталь
Толщина стенки трубы/пластины, мм	мин. 4,8 / макс. 12,7
Угол снятия фаски	37,5°
Величина притупления, мм	0–4,7 с шагом примерно 0,8
Скорость работы, об/мин	950
Вес, кг	24
Размер, см	40,1x29,2x33,8

Труба не греется и готова к обработке сразу же после снятия фаски. Он прост в использовании для рабочего любой квалификации: светодиодные индикаторы скорости указывают на оптимальный режим работы. Практически отсутствует пыль после работы.

www.emerson.com

● #1716

Сварка металлов и сплавов трением. Технологические возможности конвенционной и инерционной сварки трением*

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

При сварке трением деталей сплошного или трубчатого сечения типа тел вращения наиболее широко в промышленности применяют конвенционную (обычную) и инерционную сварку. В случае конвенционной сварки предпочтение отдают технологии, при которой две детали, подлежащие сварке, устанавливаются соосно в зажимах машины: одна из них неподвижна, а другая приводится во вращение вокруг их общей оси.

При инерционной сварке трением стык нагревается за счет энергии, запасенной в предварительно раскрученном до определенной угловой скорости маховике. Скорость маховика в процессе превращения накопленной в нем кинетической энергии в тепловую падает до нуля. Давление в течении всего цикла сварки сохраняется постоянным.

Особенности образования соединения при конвенционной и инерционной сварке рассмотрены в предыдущей публикации («Сварщик» № 3–2017).

Многолетний производственный опыт использования сварки трением показывает, что инерционный способ сварки, также как и обычный, имеет свои достоинства и недостатки. К несомненным достоинствам конвенционной (обычной) сварки трением следует отнести возможность получения с ее помощью сварных соединений, строго регламентированных по длине.

При инерционной сварки энергия, накапливаемая в маховике, строго дозировано передается свариваемым деталям, осевые размеры соединений зависят от тщательности подготовки соединяемых поверхностей и от допусков на размеры внешнего диаметра заготовок.

Машины инерционной сварки потребляют намного меньше электроэнергии, чем машины для конвенционной сварки и отличаются более высокой производительностью. При инерционной сварке максимальная температура, как правило, не превышает температуру начала размягчения металлов, а пиковые температуры в стыке наблюдаются лишь в течение очень короткого времени.

Эти особенности инерционной сварки дают возможность существенно расширить диапазон свариваемых материалов.

Применение комбинированного способа сварки трением (конвенционного и инерционного) является естественным направлением дальнейшего совершенствования этого процесса.

Номенклатура свариваемых материалов.

Сваркой трением успешно соединяют не только многие однородные металлы и сплавы, но и материалы, резко отличающиеся по своим механическим и теплофизическим характеристикам, а также материалы, вступающие в процессе совместного нагрева в химическое взаимодействие и образующие хрупкие интерметаллидные соединения.

С позиций свариваемости все материалы или пары материалов разделяют на три группы [13]: хорошо свариваемые материалы; условно свариваемые материалы (соединение которых обеспечивается специальными конструктивными или технологическими мерами); материалы, не свариваемые даже с использованием дополнительных конструктивных или технологических мер.

Общая оценка свариваемости материалов различных групп конвенционной сваркой трением приведена на *рис. 31*. Характеристики свариваемости различных материалов, сваренных инерционной сваркой трением, представлены на *рис. 32*.

Для получения соединения трудносвариваемых материалов применяют принудительное формирование соединений с помощью матриц. Несвариваемые материалы иногда удается соединять с помощью прослойки, хорошо сваривающейся с материалами обеих деталей, подлежащих соединению.

В соединениях, выполненных сваркой трением, металл обычно имеет измельченную структуру, что предопределяет высокие механические характеристики соединения. Однако после сварки в ряде случаев применяют дополнительную термообработку.

Термический цикл сварки трением более мягкий, чем при стыковой контактной сварке. В то же время при некоторых режимах конвенционной и особенно инерционной сварки углеродистых и легированных сталей существенно повышается

* Продолжение публикации серии статей «Сварка металлов и сплавов трением». Начало в № 1, 2, 3, 4, 5–2017.

Систематизация материалов по группам свариваемости

	Сплавы меди	Медь	Сплавы алюминия	Алюминий	Быстрорежущие стали	Аустенитные хромоникелевые стали	Мартенситные хромистые стали	Легированные улучшенные стали ($C > 0,35\%$)	Легированные улучшенные стали ($C \leq 0,35\%$)	Легированные цементруемые стали	Нелегированные улучшенные стали ($C > 0,35\%$)	Нелегированные улучшенные стали ($C \leq 0,35\%$)	Нелегированные цементруемые стали	Конструкционные стали ($C > 0,35\%$)	Конструкционные стали ($C \leq 0,35\%$)
Конструкционные стали ($C \leq 0,35\%$)		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Конструкционные стали ($C > 0,35\%$)		○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Нелегированные цементруемые стали			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Нелегированные улучшенные стали ($C \leq 0,35\%$)		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Нелегированные улучшенные стали ($C > 0,35\%$)					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Легированные цементруемые стали		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Легированные улучшенные стали ($C \leq 0,35\%$)					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Легированные улучшенные стали ($C > 0,35\%$)					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Мартенситные хромистые стали							○								
Аустенитные хромоникелевые стали			○			○									
Быстрорежущие стали					○										
Алюминий	○	○	○	○											
Сплавы алюминия		○	○												
Медь	○	○													
Сплавы меди	○														

X - хорошо свариваемые

○ - условно свариваемые

□ - несвариваемые или не исследованные

Рис. 31. Систематизация материалов по группам свариваемости

	Алюминий и сплавы	Латунь	Бронза	Цементитн. карбиды	Кобальтовые сплавы	Ниобий	Медь	Медь-никель	Свинец	Магнелиевые сплавы	Молибден	Сплавы стальные	Углерод. сталь	Механ. обраб. сталь	Стар. мартенс. сталь	Спеч.а. сталь	Нержавеющие стали	Инструмент. стали	Тантал	Титановые сплавы	Вольфрам	Матер. клапанов	Циркониев.сплавы
Алюминий и сплавы	■																						
Латунь		■																					
Бронза			■																				
Цементитн. карбиды				■																			
Кобальтовые сплавы					■																		
Ниобий						■																	
Медь							■																
Медь-никель								■															
Свинец									■														
Магнелиевые сплавы										■													
Молибден											■												
Никелевые сплавы												■											
Сплавы стальные													■										
Углерод. сталь														■									
Механ. обраб. сталь															■								
Стар. мартенс. сталь																■							
Спеч.а. сталь																	■						
Нержавеющие стали																		■					
Инструмент. стали																			■				
Тантал																				■			
Титановые сплавы																					■		
Вольфрам																						■	
Матер. клапанов																							■
Циркониев.сплавы																							

■ Полная металлургическая прочность сварного шва (в некоторых случаях требуется соответствующая термообработка для получения полной прочности).

▣ Интериционная сварка возможна, но некоторые или все сварные швы не будут иметь полной прочности.

Рис. 32. Сочетания материалов, соединяемых инерционной сваркой трением (по данным фирмы «Катерпиллар Трактор Ко»)

твердость сварного соединения, что может приводить к образованию трещин и даже разрушений. Кривые распределения температуры в зоне соединения при конвенционной и инерционной сварке трением стали 60 и распределение твердости в зоне сварки показаны на *рис. 33*.

В то время как при конвенционной сварке трением зона влияния температуры свыше 873 К имеет ширину более 10 мм, то при инерционной сварке эта зона не более 1–3 мм. Аналогичные различия имеются и в распределении твердости (*рис. 33, б*).

Величина и характер распределения температуры в зоне соединения определяют величину и характер пластической деформации свариваемых металлов. При этом возможность образования качественного соединения зависит не только от величины осевой деформации детали, но и существенно определяется скоростью пластического течения в зоне контакта.

В общем случае структура металла соединения зависит от природы свариваемых материалов, температурно-скоростных условий деформирования, физико-химического состояния контактных поверхностей, особенностей фазовых и структурных превращений при контактном термометформационном цикле и др. факторов.

Необходимость и целесообразность термической обработки соединений различных сталей оценивают на основе значений углеродного эквивалента $C_{экв}$. При $C_{экв} = 0,2–0,4\%$ термическая обработка не требуется, при $0,4–0,5\%$ — она необходима, при $0,8\%$ ее необходимо выполнять из нагретого состояния.

Многолетняя практика применения конвенционной и инерционной сварки трением позволила накопить большой опыт промышленного использования сварки трением различных одноименных, а также разнотименных материалов и сплавов.

Равнопрочные соединения получают при сварке одноименных

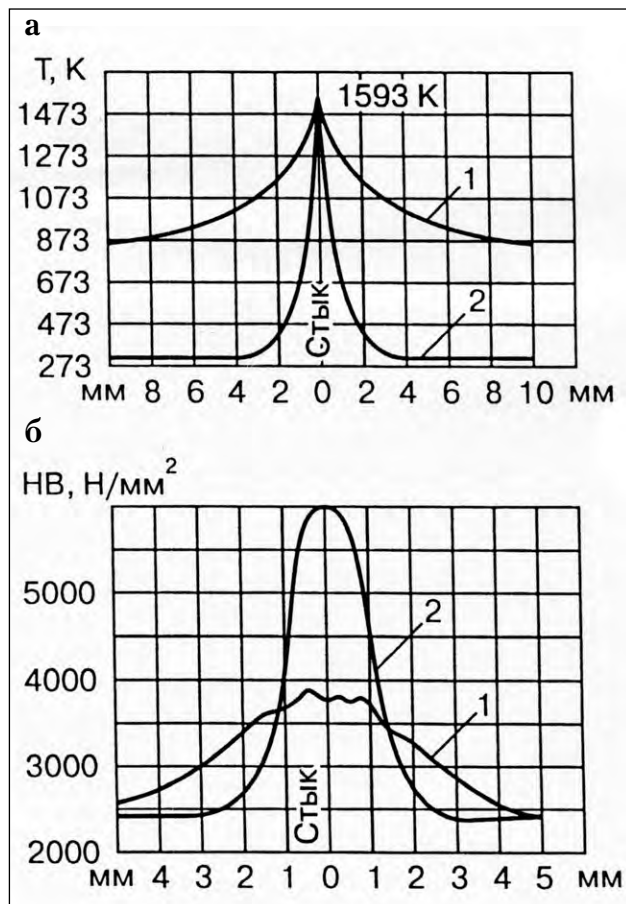


Рис. 33. Распределение температуры в зоне сварки при конвенциональной (1) и инерционной (2) сварке трением (материал – сталь 60) (а); распределение твердости в зоне сварки при конвенциональной (1) и инерционной (2) сварке трением (материал – сталь 60) (б)

малоуглеродистых, среднеуглеродистых, низко- и среднелегированных сталей; жаропрочной стали. Хорошо свариваются: стали всех названных выше классов в различных сочетаниях между собой; быстрорежущая сталь марок Р9 и Р18 с конструкционной сталью марок 40 и 40Х (и близких к ним); алюминий со всеми его сплавами, медь, латунь и др. цветные металлы.

Однако определенные затруднения представляет сварка трением разнородных металлов и сплавов.

Главной отличительной особенностью сварки трением разнородных металлов и сплавов равно- и неравносечного сечения является асимметрия температурного и деформационного полей, возникающая вследствие неодинаковой интенсивности отвода теплоты в заготовки из-за различных теплофизических характеристик свариваемых металлов и их механических свойств. При этом особые трудности представляет сварка материалов, вступающих при совместном нагреве в химическое взаимодействие и образующих переходной слой интерметаллидов, который резко ухудшает механические свойства соединений или вообще делает невозможной сварку данных материалов.

При разработке технологии сварки трением в зависимости от сочетания материалов предъявляются различные требования к подготовке свариваемых поверхностей, выбору диапазона изменения параметров режима сварки и использованию различных технологических приемов, обеспечивающих оптимальные термические и деформационные условия для образования сварного соединения.

В качестве таких приемов следует выделить:

- различные варианты комбинаций конвенциональной и инерционной сварки;
- наложение тангенциальных импульсов движения на вращающуюся заготовку;
- использование присадочного материала в виде промежуточной вставки или покрытия;
- предварительный подогрев более тугоплавкой заготовки;
- применение осадочной матрицы для более пластичной заготовки.

Развитие технологии сварки трением разнородных материалов, особенно образующих при взаимодействии новые хрупкие фазы, связано с поиском оптимальных температурно-скоростных условий деформирования.

Промышленное использование сварки трением.

Сварку трением широко применяют в ведущих отраслях производства:

- в автомобилестроении – при изготовлении деталей рулевого управления, карданных валов легковых и грузовых автомобилей, полуосей, картеров задних мостов, клапанов двигателей внутреннего сгорания, цилиндров гидросистем и др.;
- в тракторостроении – при изготовлении деталей рулевого управления, планетарных передач, валов отбора мощности, катков, траков, роторов турбонагнетателей дизельного двигателя и др.;
- в электропромышленности – при изготовлении деталей высоковольтной аппаратуры, выводов бумагомасляных конденсаторов, штанг электродержателей, алюминиево-медных переходников и др.;
- в инструментальном производстве – при массовом изготовлении концевых режущего инструмента (фрезы, сверла, метчика).

Известно и много других примеров промышленного использования сварки трением. При этом используют как универсальные, так и специальные машины.

В зависимости от способа сварки трением машины разделяют на конвенциональные, т.е. осуществляющие конвенционную (обычную) сварку трением, и комбинированные.

Конструкция конвенционных (рис. 34, а) и инерционных (рис. 34, б) машин подобна. Общими узлами и системами в них являются передняя бабка с вращающимся зажимом, суппорт с невращающимся зажимом, приводы для создания

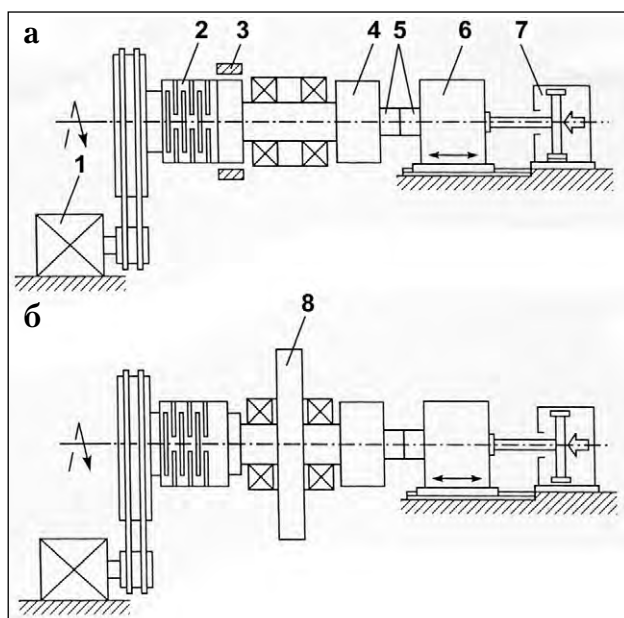


Рис. 34. Основные схемы машин для сварки трением: а – конвенционная; б – инерционная: 1 – двигатель; 2 – муфты сцепления; 3 – тормоз; 4 – шпиндель; 5 – свариваемые заготовки; 6 – задняя бабка; 7 – привод усилия; 8 – маховое колесо

усилия нагрева и проковки, вращения шпинделя, система управления.

В машинах для инерционной сварки трением в качестве привода вращения шпинделя применяют маховик (или совокупность маховиков), который разгоняют до заданной частоты вращения, и накопленная в маховике энергия в процессе его торможения в виде теплоты рассеивается в соединении свариваемых заготовок. Машины для инерционной сварки отличаются высокой производительностью и малой энергоемкостью.

Конвенционные машины обеспечивают высококачественное и стабильное соединение при простой схеме управления.

В настоящее время расширяется применение комбинированных машин для сварки трением, в которых используют преимущества обеих машин.

В Институте электросварки им. Е. О. Патона разработан ряд модификаций машин для конвенционной и инерционной сварки трением, характеристики которых приведены в табл. 5 и 6.

В современных машинах для комбинированной сварки трением программным контроллером осуществляется непрерывная регистрация параметров режима сварки и управления. Это позволяет:

- осуществлять компьютерное программирование режимов сварки при модификации свариваемых деталей;
- отслеживать все параметры процесса сварки, сравнивать их с эталонными и принимать решение о годности сварной детали, что обеспечивает их идентификацию;
- регистрировать приборами в графической и цифровой форме основные параметры сварки

трением (перемещение, скорость, давление);

- оперативно осуществлять диагностику и перекоммутацию электро- и гидроприборов, а также системы управления в целом;
- задавать граничные условия протекания процесса сварки трением.

Основными мировыми производителями оборудования для сварки трением являются фирмы «Tompson» (Великобритания), «MTI» (США), «Kuka» (Германия).

В настоящее время фирма «Kuka» предлагает потребителям семь типов машин для сварки трением с усилием осадки от 5 до 2500 кН и ряд специализированных машин. Все машины этой фирмы оборудованы каноническим приводом (без использования маховика). Общей особенностью конструкции для всех крупных машин «Kuka» (с усилием осадки более 300 кН) являются крупногабаритные рамы с симметричными направляющими и зажимами, обеспечивающими высокую точность центровки и достаточную жесткость. Зажимы дают возможность устанавливать в них детали сложной формы, в т.ч. литые, за счет изменения количества зажимных кулачков и их расположения на корпусе. Посредством привода можно изменять в широких пределах скорость вращения. Компоновка основных узлов машины позволяет использовать их в сочетании с роботами.

Американская фирма «Ram Stud» выпускает набор модульных переносных инструментов, предназначенных для приварки трением к плоскости деталей (шпилек, болтов, бонок) диаметром 8–14 мм и длиной до 200 мм. Масса одного инструмента 25 кг, размеры 160х400 мм, скорость вращения шпинделя достигает 8000 об/мин. В конструкции используют пневмо- и гидропривод. С помощью этого оборудования можно приваривать как однородные, так и разнородные материалы, например, алюминий к стали и титану, меди, нержавеющей стали, а также алюминиевые стержни к керамике.

Экономическая эффективность сварки трением складывается из следующих показателей: экономии материалов и рациональности способов производства; снижения трудоемкости, высокой степени размерной точности и, как следствие, небольшого объема послесварочных операций; возможности соединения разнородных материалов, трудносвариваемых другими способами; высокой производительности; снижения капитальных затрат и расхода электроэнергии; высокого качества соединений и уменьшения брака.

Необходимо особо подчеркнуть, что при сварке трением происходит непосредственное преобразование механической энергии в тепловую в тонких приповерхностных слоях. Это предопределяет ее высокие энергетические показатели. Величина удельной мощности тепловыделения при сварке тре-

Таблица 5. Машины для конвенционной сварки трением

Характеристика	СТ-102	СТ-104	СТ-107	СТ-108	СТ-111	СТ-120
Мощность привода вращения, кВт	40	21	55	2х90	55	30
Наибольшее усилие осадки, кН	200	120	500	1200	500	120
Диаметр свариваемых заготовок, мм:						
пруток	16–50	15–30	25–80	-	20–80	10–30
труба	100	до 70	до 120	180	-	до 40
Частота вращения шпинделя, об/мин	750, 1000	940–1875	670, 1080	375, 630	240–980	1000–3900
Производительность, шт./ч	до 120	10	до 100	до 38	100	до 120
Масса, кг	4650	3800	8130	24260	6800	3200

Таблица 6. Машины для инерционной сварки трением

Характеристика	СТ-100	СТ-103	СТ-105	СТ-109	СТ-110	СТ-113
Мощность привода вращения, кВт	2,2	6,3	11	15	8	6,3
Наибольшее усилие осадки, кН	60	70	120	80	20	50
Диаметр свариваемых заготовок, мм	15–25	18–22	15–30	16–27	7–10	12–22
Частота вращения шпинделя, об/мин	3000	2805	2840	2200	5000	2805
Производительность, шт./ч	до 50	50	50	60	280	50
Масса, кг	940	1225	1600	2950	1955	1170

нием углеродистой стали составляет 12–40 Вт/мм², что в 6–10 раз меньше, чем при контактной и в 50–100 раз меньше, чем при дуговой.

Особенно эффективным является использование сварки трением при изготовлении круглых деталей ступенчатого по длине профиля в качестве альтернативного варианта изготовления механической обработкой (точением) из прутков.

Типичные детали станков и машин, получаемые сваркой трением можно представить в виде четырех основных групп (табл. 7), отличающихся формой и размерами.

Основными показателями, определяющими экономическую целесообразность изготовления деталей сваркой трением взамен традиционной обработки резанием из проката, являются:

- экономия затрат на основные материалы (металлопрокат) за счет снижения норм расхода;
- уменьшение расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, занятого на черновой механической обработке;
- экономия заработной платы за счет уменьшения объема черновой механической обработки;

Таблица 7. Типичные группы деталей станков и машин, подлежащих сварке трением

Группа деталей	Эскиз детали	Размеры					
		d ₁	d ₂	l ₁	l ₂	d ₃	l ₃
I		40–200	24–80	6–100	80–600	-	-
II		36–120	30–100	50–200	60–200	24–60	30–120
III		24–80	36–200	60–200	30–500	24–80	30–200
IV		30–160	24–100	60–400	30–2000	-	-

Таблица 8. Показатели экономической эффективности изготовления заготовок способом сварки трением

Объем выпуска заготовок, тыс.шт./год	Масса снимае- мой стружки при механической обработке, кг/шт	Машина МСТ-41					Машина МСТ-51				
		Удельная трудоемкость механической обработки, мин/кг стружки									
		1	3	5	10	15	1	3	5	10	15
5	1										
	3	Неэффективно									
	5										
	10						Неэффективно				
	15										
	20		Эффективно								
	30										
	40										
	50						Эффективно				
70											
20	1										
	3	Неэффективно					Неэффективно				
	5										
	10										
	15										
	20	Эффективно									
	30						Эффективно				
	40										
	50										
70											
100	1	Неэффективно									
	3										
	5										
	10										
	15	Эффективно					Эффективно				
	20										
	30										
	40										

- снижение капитальных затрат на приобретение металлорежущих станков и создание производственных площадей.

Стоимостные оценки эффективности изготовления заготовок деталей способом сварки трением получены расчетом элементов затрат. Установлено, что наиболее существенными для определения стоимости оценки (по нисходящей степени важности) являются:

- типоразмер детали, который отличается площадью продольного сечения базовой и предлагаемой заготовки, массой снимаемой стружки, кг/деталь;
- объем выпуска деталей (заготовок), тыс. шт/год;
- удельная трудоемкость механической обработки базовой детали, мин/кг стружки.

С использованием этих данных проведена укрупненная оценка целесообразности предлагаемого способа (табл. 8).

В настоящее время в связи с существенным увеличением стоимости конструкционных материалов сварку трением целесообразно использовать при изготовлении сварно-штампованных, сварно-литых деталей из разных материалов с целью экономии более дорогого или дефицитного из них.

● #1717

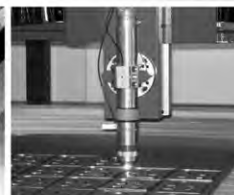


СВАРКА и РЕЗКА

18-я международная специализированная
выставка оборудования, приборов
и инструментов для сварки и резки

10-13.04.2018






МАШИНОСТРОЕНИЕ

Международная специализированная выставка



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ. ПОКРЫТИЯ
Международная специализированная выставка



ЛИТМЕТЭКСПО
Международная специализированная выставка

Беларусь, Минск,
пр-т Победителей, 20/2
Футбольный манеж

Организатор:



МИНСКЭКСПО

Тел.: +375 17 226 98 58
+375 17 226 90 83
Факс: + 375 17 226 98 58
+375 17 226 99 36
E-mail: e_fedorova@solo.by

Генеральный
информационный
партнер:



Сварщик

в Беларуси

Сварка трением с перемешиванием. Композит Al-C

П.А. Васильев, М.А. Шведов, В.М. Смирнов, О.В. Христофоров, Чувашский государственный университет (Чебоксары)

В настоящее время разработчикам и производителям изделий транспортного машиностроения в условиях острой конкуренции приходится постоянно решать задачи по обновлению продукции с целью снижения ее стоимости и эксплуатационных расходов, улучшения технических характеристик и придания качеств, расширяющих потребительский спрос на продукцию. Следствием чего является повышение требований к характеристикам материалов, применяемых в конструкции изделий, в частности к металлам. Очевидно, что предпочтительнее при этом выглядят сплавы на основе алюминия. Производители алюминиевого проката предлагают много марок алюминиевых сплавов с различными свойствами, предназначенными для применения в разных конкретных условиях. Помимо традиционных сплавов высокими прочностными характеристиками обладают малоизвестные дисперсно-упрочненные материалы на основе алюминия, отличающиеся высокой прочностью и устойчивостью к повышенным температурам, а также отсутствием дополнительных легирующих элементов, что уже является их преимуществом. Существенный недостаток, ограничивающий их применение — невозможность соединения посредством электродуговой сварки.

Авторами представлены результаты исследования сварки трением с перемешиванием стыкового шва образцов композитного материала Al-C, изготовленных методом механического перемешивания порошков алюминия и углерода с последующей термообработкой и экструзией. Концентрация углерода в образцах составляла 5%. Технология изготовления и свойства данного материала описаны в работе [1].

Исходные образцы нарезались из экструдированной полосы поперечного сечения 70х6 мм. Сварка производилась на установке фрикционной сварки ERNEST, изготовленной сотрудниками Чувашского государственного университета на базе обрабатывающего центра «Микромат—9С». Общий вид установки показан на рис. 1, технические характеристики приведены в табл. 1. Режим сварки следующий: усилие по оси Z на инструменте 1420 кгс, частота вращения шпинделя 700 об/мин, скорость подачи сварочного стола 2 мм/с. Сварка двухсторонняя, размер инструмента: диаметр заплечика 16 мм, высота буровчика 3 мм. Были получены образцы сварного шва с различной ориен-

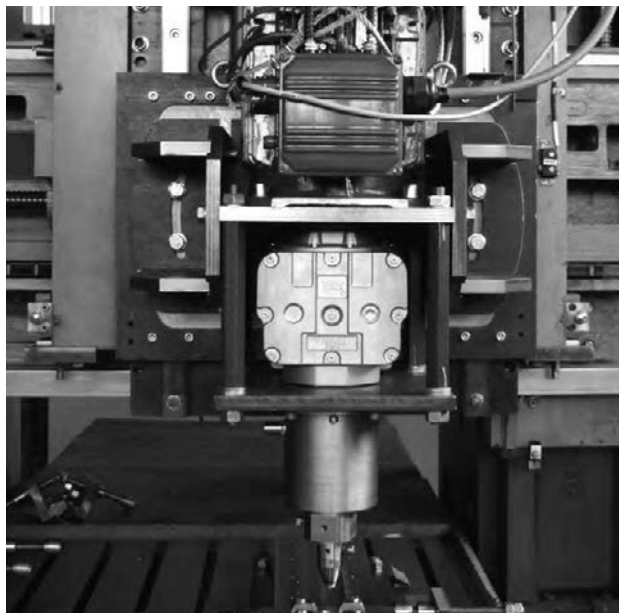


Рис. 1. Общий вид установки фрикционной сварки ERNEST тацией—вдоль и поперек направления проката, как показано на рис. 2 и 3; соответственно были проведены испытания на статическое растяжение. Результаты испытаний образцов 1, 2 и 3, сваренных вдоль направления проката, приведены на рис. 4, образцов 4 и 5, сваренных поперек направления

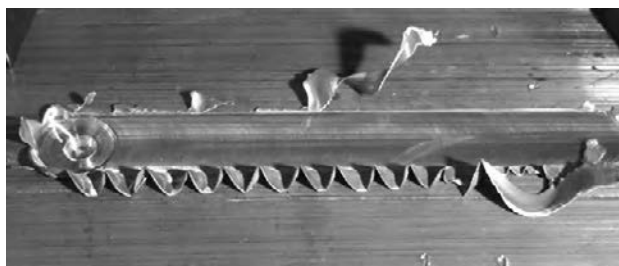


Рис. 2. Сварка образцов вдоль направления проката



Рис. 3. Сварка образцов поперек направления проката

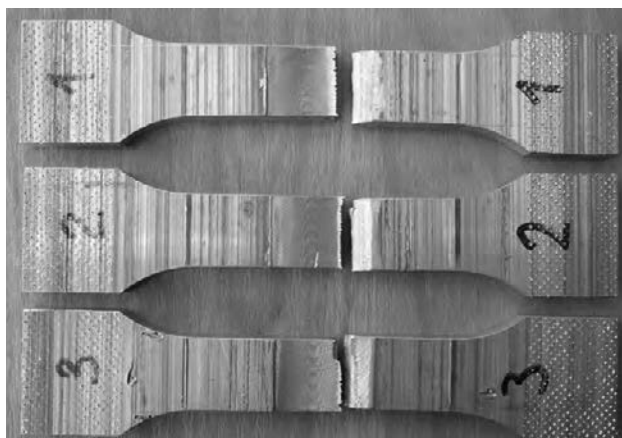


Рис. 4. Образцы сварного шва 1, 2 и 3 после проведения испытаний на статическое растяжение

проката – на рис. 5 и 6. Полученные значения временного сопротивления σ_b представлены в табл. 2. Там же для сравнения приведены результаты испытаний образцов 1* и 2*, вырезанных из основного металла вдоль направления проката. Визуально образцы после проведения испытаний показаны на рис. 7 и 8. Как видно из таблицы, прочность сварного шва, выполненного поперек направления проката составляет 86% от прочности аналогичных образцов, вырезанных из основного металла.

Таблица 1. Технические характеристики установки фрикционной сварки ERNEST

Характеристика	Величина
Диапазон толщин свариваемых встык плоских образцов сплава типа АМг5, мм	2–10
Максимальная длина сварного шва по оси X, мм	1000
Рабочий ход инструмента по оси Y, мм	500
Рабочий ход инструмента по оси Z, мм	600
Максимальные размеры рабочего пространства стола, мм	1000 x 700
Скорость сварки, мм/мин	100–1000
Частота вращения инструмента, об/мин	100–1000
Усилие на инструменте, кгс	300–3500
Угол наклона инструмента, град.	0–3
Мощность электродвигателя шпинделя, кВт	12

Таблица 2. Результаты испытаний на статическое растяжение образцов стыкового сварного шва композита Al-C

Номер образца	Временное сопротивление σ_b , МПа
1	390
2	377
3	387
4	437
5	442
1*	505
2*	512



Рис. 5. Образцы сварного шва 4 и 5 после проведения испытаний на статическое растяжение



Рис. 6. Геометрия разрыва сварного шва образцов 4 и 5



Рис. 7. Образцы 1* и 2*, изготовленные из основного металла после проведения испытаний на статическое растяжение

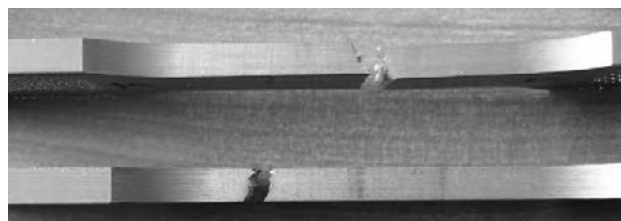


Рис. 8. Геометрия разрыва сварного шва образцов 1* и 2*

Сравнение прочности сварного шва, выполненного вдоль направления проката не представляется возможным по причине неосуществимости изготовления аналогичных образцов из основного металла. Макроструктура поперечного сечения сварного шва однородная, типичная для данной технологии сварки, без видимых дефектов.

Проведенные исследования показывают возможность построения сварных конструкций из экструдированных профилей дисперсно упрочненного композитного материала состава Al-C как в изделиях транспортного машиностроения, так и аналогичных им.

Литература

1. Е.П. Шалунов, М.А. Шведов, И.В. Архипов. Синтез дисперсоидов при реакционном механическом легировании порошкового алюминия углеродом // Вестник Чувашского университета. – 2014. – № 2. – С. 165–172.

Дефекты в наплавленном металле, их происхождение и меры борьбы с ними. Полости. Включения.

И.А. Рябцев, д.т.н., И.И. Рябцев, к.т.н., А.А. Бабинец, к.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев),
Э.В. Турык, д.т.н., Instytut Spawalnictwa (Гливице, Польша)

В предыдущей публикации [1], посвященной дефектам наплавленного металла, основное внимание было уделено различного вида трещинам. В данной статье описаны причины образования и методы борьбы с различными полостями и включениями, характерными для наплавки. Дефекты в виде полостей и включений классифицированы в соответствии с международным стандартом ISO 6520–1:2007 [2] и его аналогом ГОСТ Р ИСО 6520–1:2012 [3].

Полости (Cavities; индексы 200–203)

Полости различной формы в наплавленном слое (200) классифицируют следующим образом [2, 3]:

201 – газовые полости (gas cavities), образованные задержанным газом, выделяющимся при кристаллизации;

202 – усадочные раковины (shrinkage cavities), т.е. полости образованные в результате усадки во время кристаллизации;

203 – микроусадки (micro-shrinkage cavities) – усадочные раковины, видимые исключительно под микроскопом.

Подгруппа 201 включает газовые поры (gas pores, индекс 2011), под которыми понимают газовые полости практически сферической формы. Равномерная пористость (uniformly distributed porosity, индекс 2012) – это ряд газовых пор, распределенных сравнительно равномерно в наплавленном металле. Группу газовых пор, имеющих беспорядочное геометрическое расположение (clustered (localized) porosity), обозначают индексом 2013 (рис. 1, а-в) [2, 3].

К этой же подгруппе относят свищи (worm-hole, индекс 2016) – трубчатые полости в наплавленном металле, образованные выходящим газом (рис. 1, г). Форму и положение свищей определяет про-

цесс кристаллизации и источник газа. Некоторые свищи, как и поры, могут выходить на поверхность наплавленного металла.

Подгруппа 202 – усадочные раковины, включает междендритные усадочные раковины (interdendritic shrinkage, индекс 2021), образующиеся между дендритами во время кристаллизации; кратерные усадочные раковины на конце наплавленного валика, которые не устраняются при наплавке следующего валика (crater pipe, индекс 2024); незаваренный кратер в конце наплавленного валика (end crater pipe, индекс 2025) (рис. 2, а-в) [2, 3].

В подгруппу 203 входят: междендритная микроусадка (interdendritic microshrinkage, индекс 2031) – удлиненная микроусадочная раковина по границам зерен, образовавшаяся между дендритами во время кристаллизации; транскристаллическая микроусадка (transgranular microshrinkage, индекс 2032) – удлиненная микроусадочная раковина, пересекающая зерна во время кристаллизации.

В большинстве случаев полости (поры) в наплавленном слое можно обнаружить с помощью рентгенографического или ультразвукового контроля. На рис. 3 [4] представлена рентгенограмма слоя, наплавленного методом MIG сплошной бронзовой проволокой, со скоплениями пор (2013).

Газовые полости (поры), как и трещины, могут быть допустимым или недопустимым дефектом в наплавленном слое. Пример допустимых поверхностных пор (surface pore, индекс 2017) в наплавленном слое износостойких биметаллических листов представлен на рис. 4 [5–7].

В других случаях, например в слое, наплавленном на ответственные чугуны детали, которые эксплуатируются в условиях высокого контактно-

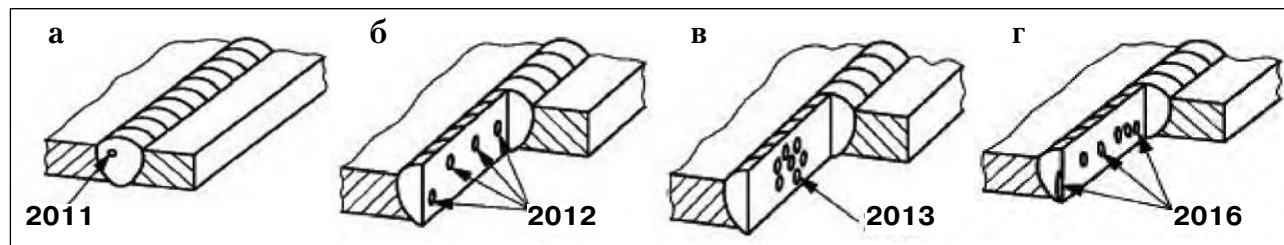


Рис. 1. Обозначение газовых пор в соответствии со стандартами [2, 3]: а – единичная пора (2011); б – равномерная пористость (2012); в – скопление пор (2013); г – свищи (2016)

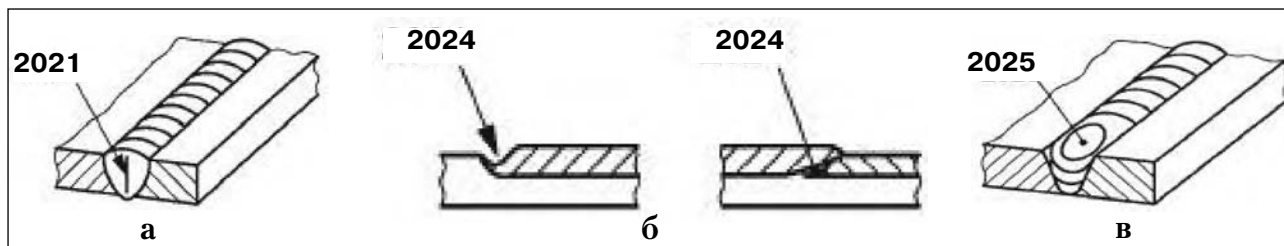


Рис. 2. Обозначение усадочных раковин в соответствии со стандартами [2, 3]: а – междендритная (2021); б – кратерная (2024); в – незаваренный кратер (2025)

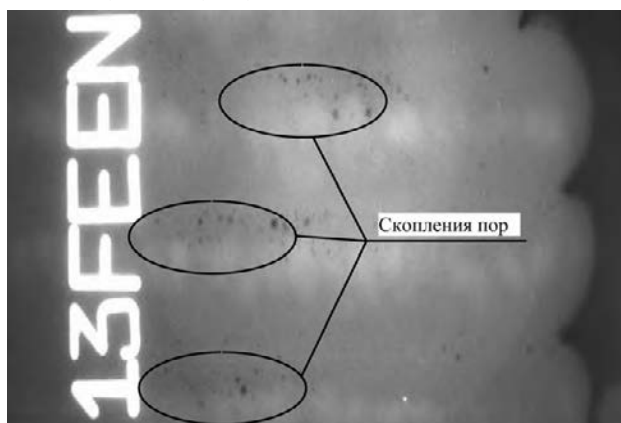


Рис. 3. Скопления пор (2013) в слое, наплавленном методом MIG сплошной бронзовой проволокой [4]

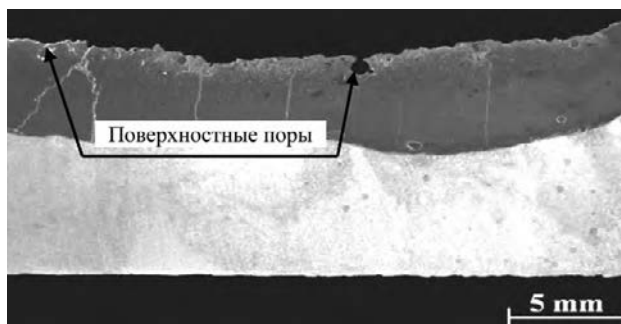


Рис. 4. Допустимые поверхностные поры (2017) в износостойком слое биметаллического листа, наплавленного высокохромистым чугуном [5-7]

го давления и трения металла по металлу, внутренние газовые поры (2011) не допускаются (рис. 5, а-в).

Различные газовые полости (поры) образуются, если в период кристаллизации сварочной ванны происходит сильное газообразование, и пузырьки газов не успевают удаляться из сварочной ванны. Газы образуются в связи с выделением из металлического расплава пересыщающих его водорода и азота; химических реакций в расплавленном металле, при которых продуктами реакции являются газы, в основном, оксид углерода [8].

Образование пор, связанных с водородом и азотом, обусловлено изменением их растворимости при изменении тем-

пературы. В жидком состоянии железо и его сплавы могут растворять значительные количества водорода и азота. При снижении температуры вплоть до температуры затвердевания растворимость этих газов снижается постепенно, и образовавшиеся пузырьки газов свободно всплывают в жидкой ванне. При затвердевании металла растворимость азота и водорода в нем снижается скачкообразно (рис. 6).

Более низкая растворимость водорода и азота в твердом металле по сравнению с их растворимостью в жидком металле ведет к обогащению расплава этими газами, что способствует зарождению газовых пузырьков на поверхности раздела жидкого и твердого металлов. Пока существует жидкая сварочная ванна газовые пузырьки непрерывно из нее удаляются. Если скорость удаления газов меньше, чем скорость их накопления в жидкой ванне, то не все пузырьки успевают всплыть и часть из них остается в наплавленном металле в виде газовых полостей (пор).

Водород поступает в атмосферу дуги из ржавчины, влаги и др. загрязнений, находящихся на поверхности наплаваемого и электродного (присадочного) металла, защитного газа или материалов, входящих в состав покрытия электродов, шихты порошковых проволок и лент или флюса. Ограничить поступление водорода можно зачисткой наплаваемого металла от всех загрязнений, наплавочные материалы необходимо надежно упаковывать и хранить

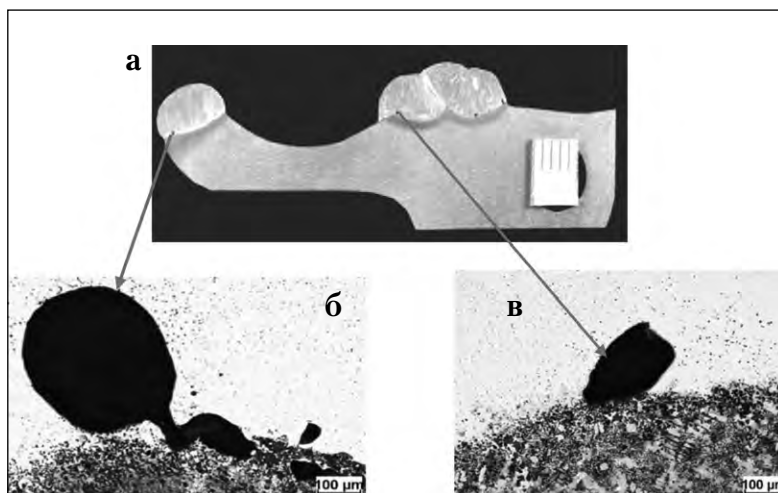


Рис. 5. Недопустимые внутренние газовые поры (2011) в слое, наплавленном на ответственные чугунные детали: а – макроструктура наплавленной детали; б, в – газовые поры в наплавленном металле на границе сплавления

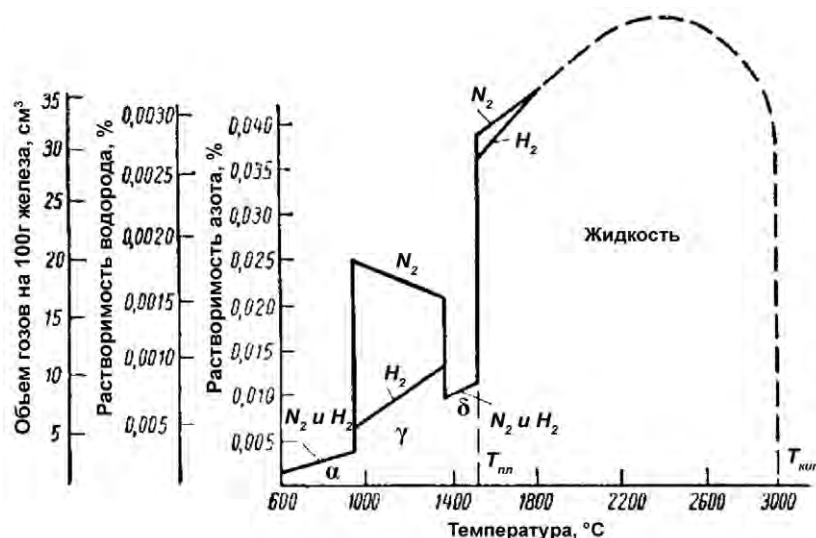
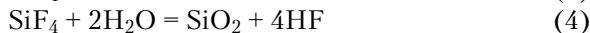
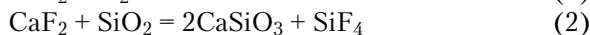


Рис. 6. Растворимость водорода и азота в твердом и жидком железе [8]

в сухом помещении, перед наплавкой эти материалы должны быть просушены и прокалены в соответствии с технической документацией.

Еще одна мера борьбы с водородной пористостью в наплавленном металле — снижение парциального давления водорода и водяного пара за счет связывания водорода в термически стойкий нерастворимый в металле фторид водорода HF. Возможны такие реакции в покрытиях, флюсах и газовой фазе:



В основном, связывание водорода в HF идет по реакциям (3 и 4), однако, возможно образование HF и непосредственно по реакции (1).

В состав шихты наплавочных порошковых проволок и лент для снижения вероятности появления пор рекомендуется вводить кремнефтористый натрий [9], который полностью разлагается при 720 °C по реакции:

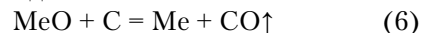


Дальнейшее связывание водорода в HF идет по реакциям (3 и 4).

Азот поступает в сварочную ванну из окружающей атмосферы, основного металла и наплавочных материалов. Чтобы ограничить доступ азота к сварочной ванне, необходимо применять надежную газовую или шлаковую защиту. Содержание азота в основном металле и в наплавочных материалах не должно превышать допустимых пределов. Для связывания азота в стойкие нитриды можно применять легирование наплавленного металла титаном, алюминием, цирконием и др. нитридообразующими элементами.

Поры от оксида углерода могут быть результатом недостаточной раскисленности металла сва-

рочной ванны. Оксид углерода может образовываться в результате взаимодействия углерода с оксидами металлов либо непосредственно в результате реакции углерода с кислородом, которые могут находиться в жидкой ванне:



Образующийся оксид углерода может дать начало зародышам газовых пузырьков или же выделяться в уже существующие пузырьки других газов.

Чтобы избежать пористости от оксида углерода, в сварочную ванну вводят раскислители — элементы с высоким сродством к кислороду. Количество растворенного в жидком металле кислорода будет тем мень-

ше, чем выше химическое сродство к кислороду данного элемента и больше его концентрация в расплаве. Наиболее сильными раскислителями являются титан, алюминий, кремний. При достаточной их концентрации основные реакции раскисления будут происходить за счет этих элементов, и образование оксида углерода может быть в значительной мере подавлено.

Уменьшить вероятность образования пор можно также за счет технологических мер. Опытным путем установлено, что минимальное количество пор образуется при наплавке постоянным током прямой полярности.

Если образование и выделения газов при наплавке происходит в период, когда сварочная ванна находится в жидком состоянии, и протекает интенсивно, то пузырьки газов успевают полностью удалиться из сварочной ванны. Их выделение не только не приводит к образованию газовых полостей, но и оказывает рафинирующее действие на сварочную ванну, снижая ее газонасыщенность.

Большое значение имеет скорость кристаллизации сварочной ванны. При ее увеличении растет вероятность того, что пузырьки газов не успеют всплыть и образуются поры. По этой причине увеличение скорости наплавки и снижение тока наплавки увеличивает пористость. На процесс порообразования влияет также скорость кристаллизации (рис. 7). При малой скорости кристаллизации пузырьки газа успевают всплыть, а при большой — часть пузырьков газа не успевает всплывать и остается в наплавленном металле в виде пор.

Есть некоторые особенности образования пор при дуговой наплавке самозащитными порошковыми проволоками. В этом случае появление пор в значительной мере зависит от напряжения дуги. Увеличение напряжения дуги ухудшает защиту



Рис. 7. Схема всплывания пузырьков газа при малой и большой скорости кристаллизации [9]

сварочной ванны от азота воздуха, и в наплавленном металле появляются поры. Отсутствие пор и хорошее формирование наплавленного металла при заданном токе можно обеспечить лишь в определенных, достаточно узких диапазонах напряжений. При этом оптимальные режимы наплавки для каждой проволоки могут быть различными. В качестве иллюстрации на рис. 8 показано влияние напряжения дуги на пористость наплавленного металла при наплавке самозащитными проволоками с одинаковым содержанием металлической части шихты, но с разным составом газшлакообразующих материалов [10].

Некоторое значение для предотвращения пористости имеет и форма ванны: из широкой и мелкой ванны газы удалить легче и быстрее, чем из глубокой и узкой.

Твердые включения (Solid inclusion, индексы 300–304)

Твердые включения в наплавленном металле это инородные вещества небольшого объема неметаллического или металлического происхождения. К неметаллическим относятся шлаковые (slag inclusion, индекс 301), флюсовые (flux inclusion, индекс 302) и оксидные (oxide inclusion, индекс 303) включения, а к металлическим (metallic inclusion, индекс

304) относят включения вольфрама (3041), меди (3042) или других металлов (3043) [2, 3].

Шлаковые включения, также как флюсовые, оксидные и металлические включения могут быть линейными (3011), единичными (3012) или хаотичными скоплениями (3013) (рис. 9, а-в) [2, 3].

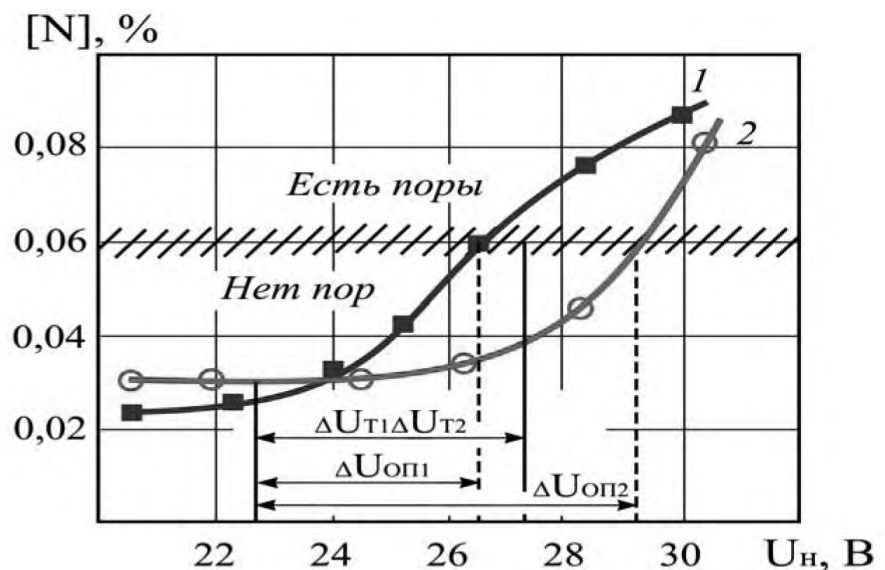


Рис. 8. Влияние напряжения дуги на содержание азота и образование пор в металле, наплавленном самозащитными порошковыми проволоками 1 и 2 с различным содержанием компонентов: 1 – рутил, мрамор, флюорит; 2 – рутил, флюорит, фторцирконат кальция, слюда. $\Delta U_{т1}$, $\Delta U_{т2}$ и $\Delta U_{оп1}$, $\Delta U_{оп2}$ – рабочий и критический диапазоны напряжений для проволок 1 и 2; ток – 300 А

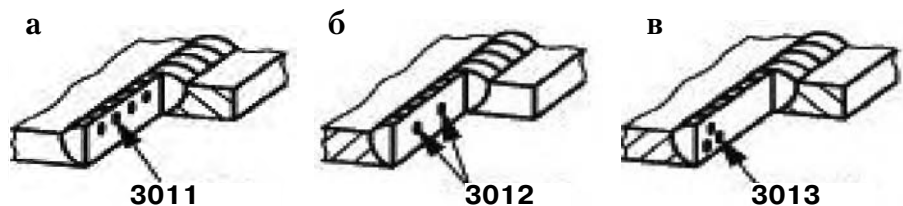


Рис. 9. Обозначение шлаковых включений в соответствии со стандартами [2, 3]: а – линейные (3011); б – единичные (3012); в – хаотичные скопления (3013)

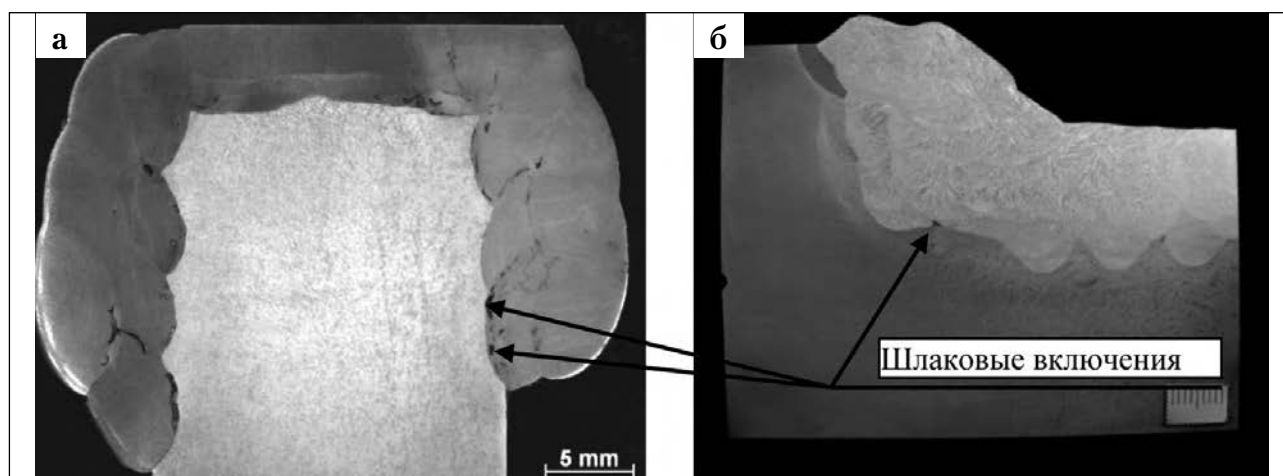


Рис. 10. Макроструктура поперечного сечения: а - наплавленной оправки [5], б - кранового колеса со шлаковыми включениями (301) [11]

Шлаковые включения могут образовываться в сварных швах (наплавленном металле) при ручной дуговой сварке или наплавке штучными электродами, при сварке или наплавке самозащитными порошковыми проволоками (рис. 10, а) и при автоматической наплавке под флюсом (рис. 10, б) [11].

Причиной появления шлаковых включений является чаще всего плохая зачистка наплавленного слоя от шлака перед наплавкой следующего слоя, сильная адгезия шлака к наплавленному металлу предыдущего слоя, подрезы, а также затруднения всплывания шлака из кристаллизующегося металла сварочной ванны.

Флюсовые включения — это частицы нерасплавленного флюса, попавшие в наплавленный слой.

Оксидные включения — включения оксидов кремния, марганца, железа и т.п., которые появляются в наплавленном металле в результате плохой защиты сварочной ванны от окружающей атмосферы или в результате обменных окислительно-восстановительных реакций.

Включения вольфрама встречаются при аргодуговой наплавке неплавящимся вольфрамовым электродом. При большой силе тока наплавки или плохом качестве вольфрамового электрода кусочки вольфрама могут попасть в сварочную ванну. Ввиду высокой температуры плавления, вольфрам не расплавляется в сварочной ванне, образуя после кристаллизации включение. При превышении допустимых размеров такие включения необходимо удалять.

Как показывает выполненный анализ, при наплавке с дефектами типа полостей (пор) или твердых включений можно успешно бороться, тщательно выполняя рекомендуемые меры подготовки и контроля основного и наплавочных материалов, а также не допуская отклонений от рекомендуемой технологии наплавки. Кроме того, опыт показывает, что в большинстве случаев эти дефекты в процессе эксплуатации наплавленных деталей являются менее опасными по сравнению с трещинами.

Литература

1. Рябцев И. А., Турык Э. В., Рябцев И. И., Бабинец А. А. Дефекты в наплавленном металле, их происхождение и меры борьбы с ними. Трещины // Сварщик. — 2017. — № 5. — С. 13–19.
2. ISO 6520–1:2007 Welding and allied processes. Classification of geometric imperfections in metallic materials. Part 1: Fusion welding.
3. ГОСТ Р ИСО 6520–1:2012 Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением.
4. Góral T. Wpływ technologicznych parametrów napawania brązu na podłoże stalowe na wybrane właściwości użytkowe napoin. Praca doktorska. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 2007 г., s. 179, дата доступа: 22.03.2017, <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9900/full9900.pdf>.
5. DVS-Merkblatt DVS0945–2. Unregelmäßigkeiten geschweißter Beschichtungen. DVS Media GmbH.
6. ДСТУ EN14700:2008 Матеріали зварювальні. Зварювальні матеріали для наплавлення. Класифікація.
7. Проценко Н. А., Рябцев И. И. Гармонизация стандартов на наплавочные материалы в соответствии с требованиями европейского стандарта EN14700 «Сварочные материалы — Сварочные материалы для наплавки» // Сварщик. — № 5. — 2007 г. — С. 30–38.
8. Петров Г. Л., Тумарев А. С. Теория сварочных процессов. — М.: Высшая школа, 1977. — 392 с.
9. Фруммин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. — Харьков: Metallurgizdat, 1961. — 421 с.
10. Юзвенко Ю. А., Кирилюк Г. А. Наплавка порошковой проволокой. — М.: Машиностроение, 1973. — 46 с.
11. Riabcew I. A., Rosert R., Senchenkow I. K., Turyk E. Niezgodności spawalnicze warstw napawanych // Biuletyn Instytutu Spawalnictwa. — 2017. — № 3. — S. 26–36.

● # 1719

Оптимизация процесса плазменного напыления токоведущей проволокой

О.Г. Быковский, д-р техн. наук, А.Н. Лаптева, Д.В. Строгонов, Н.П. Пасько,
Запорожский национальный технический университет

В технологии плазменного напыления важным этапом является подготовка поверхности изделия под напыление покрытия, оказывающая значительное влияние на прочность сцепления плазменного покрытия с основой, за счет активации напыляемой поверхности и создания определенного микрорельефа на обрабатываемой поверхности. Проведены исследования поверхности образцов, подвергшихся дробеструйной обработке на протяжении определенного времени. На основе полученных экспериментальных данных построена модель, позволяющая оптимизировать процесс плазменного напыления токоведущей проволокой.

Нанесение покрытий плазменным напылением является прогрессивным технологическим процессом, который позволяет восстанавливать и упрочнять рабочие поверхности деталей машин и механизмов.

При плазменном напылении токоведущей проволокой высокая прочность сцепления покрытия с основой достигается за счет активации напыляемой поверхности, которую осуществляют дробеструйной или пескоструйной обработкой.

Изучение закономерностей образования микронеровностей (их величин) в процессе дробеструйной обработки позволяет оптимизировать процесс плазменного напыления.

В настоящее время проведено большое количество исследований в области подготовки поверхности к плазменному напылению, однако их результаты носят разрозненный характер, практически отсутствуют достаточно обоснованные требования к параметрам микрорельефа поверхности, подготовленной к напылению.

Нами проведены исследования влияния времени дробеструйной обработки на морфологию обрабатываемой поверхности и прочность сцепления плазменного покрытия с подложкой.

В ходе эксперимента на плоских необработанных пластинах из стали Ст. 3 толщиной 3 мм на протяжении определенного времени (2, 6, 12 с) с помощью модернизированной установки дробеструйной обработки КСО-130-М предприятия «Плазматех» (Запорожье) создавалась определенная шероховатость поверхности. Данная установка нагнетательного типа позволяет производить обработку на следующих режимах: при давлении сжатого воздуха $P = 0,5-0,6$ МПа, скорости чутунной колотой дроби ДЧК 15–30 м/с (номинальный размер дроби 1,6 мм).

На полученных образцах проводились исследования микрорельефа обработанных поверхностей с использованием электронного профилометра модели 170311 завода «Калибр». Полученные результаты передавались на ПК, обрабатывались в программном продукте «PowerGraph 3.3» и обобщались в виде графиков, изображений, полученных на оптическом микроскопе, профилограмм поверхностей и фрактограмм излома плазменного покрытия.

Область частых максимальных значений высоты микрорельефа поверхности, полученных во временном интервале 4–8 с, четко видна на рис. 1, а.

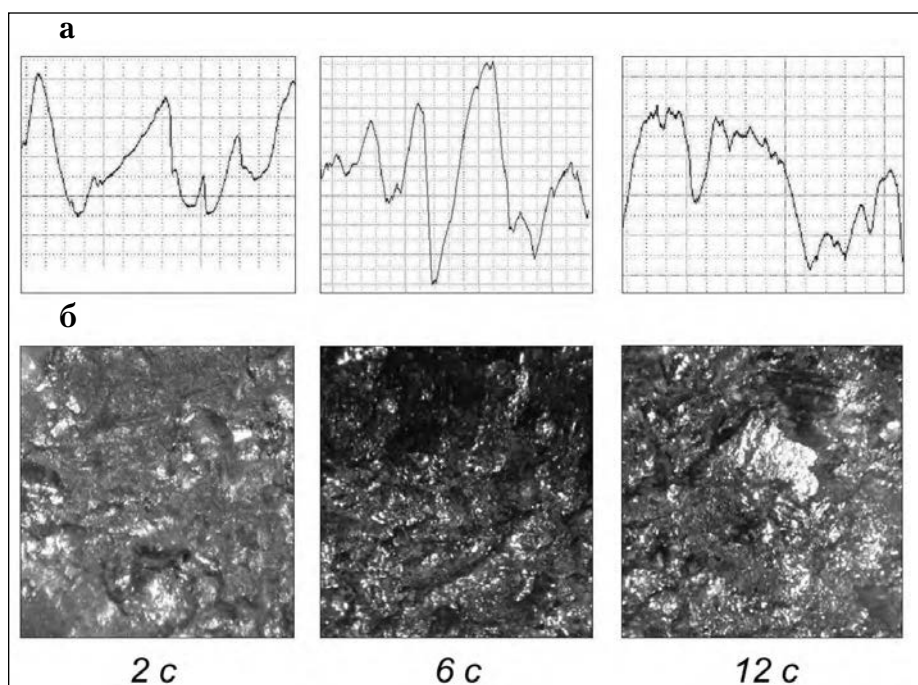


Рис. 1. Микрорельеф (а) и вид сверху поверхности (б), обработанной дробью за определенное время ($\times 50$)

При меньших значениях времени (0–4 с) максимальная высота микронеровностей имеет место только на отдельных участках, а в интервале 8–12 с происходит некоторое снижение высоты, ее стабилизация на определенном уровне.

На поверхности (вид сверху – рис. 1, б), обработанной дробью за 2 с, наряду с участками с оптимальным микрорельефом, видны места, не подвергшиеся обработке, что позволяет сделать вывод о получении недостаточной шероховатости поверхности. Оптимальный микрорельеф с равномерным распределением микровыступов и впадин на поверхности получен в период времени 4–8 с; в интервале 8–12 с происходит сминание микровыступов, а также шаржирование поверхности образца абразивными частицами.

Полученные данные хорошо согласовываются с проведенными ранее исследованиями прочности сцепления плазменного покрытия, напыленного токоведущей проволокой из бронзы БрКМц 3–1 на поверхность стали Ст. 3 (рис. 2, а).

Максимальная прочность сцепления плазменного покрытия с подложкой получена в интервале 4–8 с, когда при обработке дробью на основе создается оптимальный микрорельеф, отсутствуют следы сминания и шаржирования поверхности. Согласно данным [1], большая прочность сцепления достигается за счет лучшей смачиваемости поверхности при дробеструйной обработке, когда дробь пластически деформирует поверхность, активирует ее, создает каналы-капилляры, куда проникает перегретый металл, увеличивая фактическую площадь контакта, и тем самым обеспечивает высокую прочность сцепления перегретых металлических частиц с основой. Ранее в работе [2] было установлено, что наибольшее количество частиц (80–90%) в плазменной струе составляют частицы размером 0,1–0,4 мм. На основе этого построена зависимость оптимального соотношения размеров распыляемых частиц и микрорельефа, которая обеспечивает наибольшую прочность покрытия, нанесенного токоведущей проволокой (рис. 3).

Изложенное выше позволяет прийти к выводу, что оптимизация процесса плазменного напыления токоведущей проволокой достигается при создании необходимой шероховатости R_z в пределах

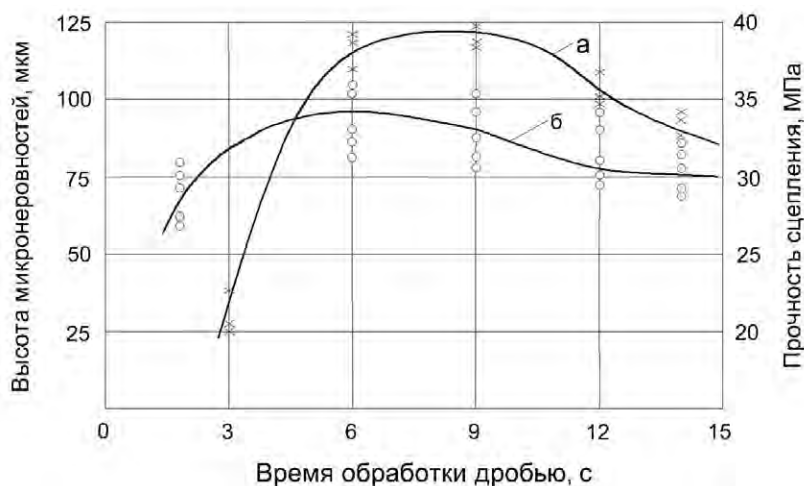


Рис. 2. Зависимость прочности сцепления с основой (а) и микрорельефа (б) от времени дробеструйной обработки при напылении бронзы БрКМц 3-1 на сталь Ст.3

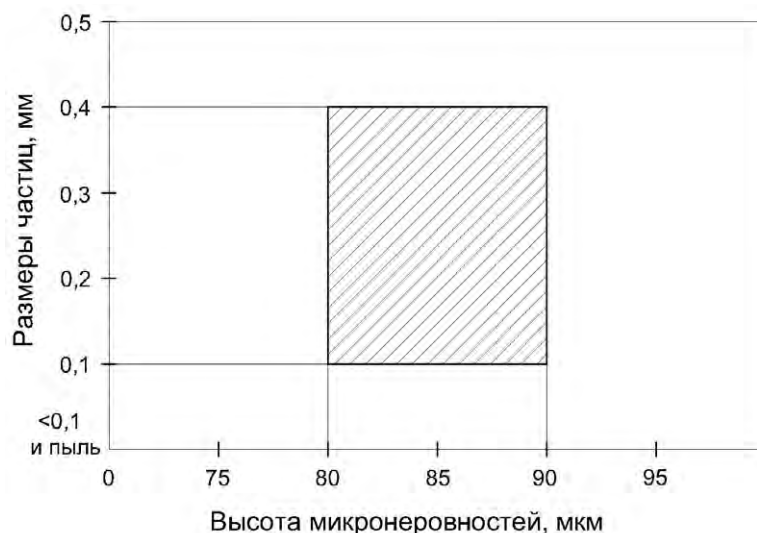


Рис. 3. Оптимальное соотношение размеров распыляемых частиц и микрорельефа, которое обеспечивает наибольшую прочность сцепления плазменного покрытия

80–90 мкм, с использованием распыляемых частиц размерами 0,1–0,4 мм.

Литература

1. Быковский О. Г., Самойлов В. Е., Ольшанецкий В. Е. и др. Влияние состояния поверхности твердого тела на характеристики смачивания его расплавом // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2013. № 2. – С. 55–59.
2. Русев Г. М., Овсянников В. В., Быковский О. Г., Лаптева А. Н. Влияние параметров режима плазменного напыления токоведущей проволокой на фракционный состав распыляемых частиц // Автомат. сварка. – 2013. № 1. – С. 45–47.

Явление термического удара при производстве массивных конструкций сложной формы

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

В зависимости от воздействия на металлическую конструкцию ее разрушение (образование трещин) может происходить под воздействием механического, электрохимического и других видов нагружения, среди них температурное воздействие на металл играет далеко не последнюю роль. По этой причине нам представляется необходимым требование уточнить понятие «тепловой удар». В справочной литературе [1] под «тепловым ударом» понимают резкое изменение температуры среды. Термин «тепловой удар» (солнечный и др.) наиболее употребим по отношению к организму человека. Меры защиты от воздействия теплового излучения, которое может приводить к нарушениям терморегуляции человеческого тела, широко известны. В настоящей статье не рассматривается влияние концентрации тепла и высоких температур источников теплоты (сварочной дуги и др.) на организм человека. Речь пойдет о тепловом ударе, как нам представляется, правильнее говорить о термическом ударе в металлических конструкциях. Подход к этой теме чрезвычайно важен, т.к. нагрев изделия перед технологической обработкой (термической обработкой, сваркой, в т.ч. и ремонтной, и др.) является одним из основных в жизненном цикле металлоизделий. Как известно, он включает в себя воздействие технологических процессов производственного цикла и эксплуатации на изменение структуры металла, его напряженно-деформированное состояние и др.

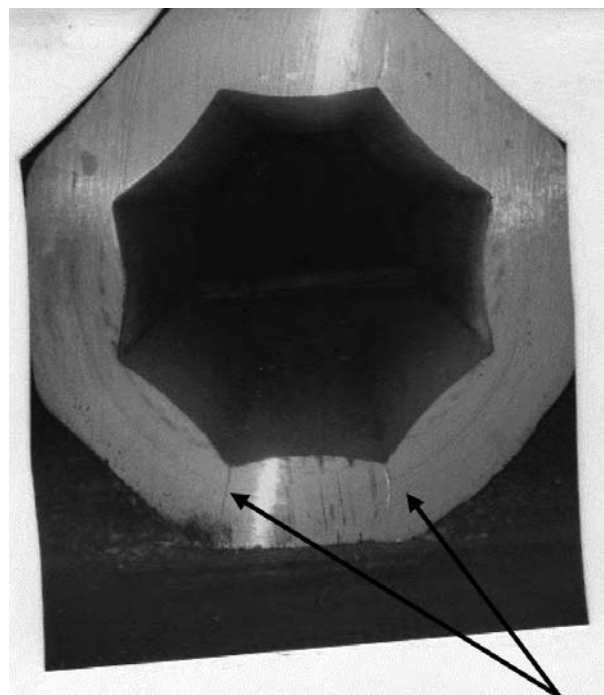
На основе собственного опыта постараемся обобщить визуально наблюдаемые факты в распределении температур при термическом ударе в металлических конструкциях в зависимости от способа и режимов технологической операции.

Под тепловыми процессами, протекающими в металлических изделиях (заготовках), подразумеваются процессы, приводящие к изменению их температуры за счет тепла, подводимого от источника нагрева, распространения тепла по изделию и отвода его в окружающую среду.

Рассмотрим несколько примеров из практики металлургического передела о влиянии термического удара на образование трещин, их дальнейшее развитие вплоть до разрушения детали.

В мировой практике ремонтной сварке изложниц уделяется серьезное внимание. В отливках изложниц любого развеса слитков в результате теплосмен (изменения температур) в процессе их эксплуатации в местах концентрации напряжений («трефах») возможно образование трещин (рис. 1).

Если не принимать определенных мер по укреплению прочности изложниц при дальнейших разливах металла слитков (установка бугелей, устранение трещин ремонтной сваркой и др.), явление термического удара (нагрев изложницы теплотой металла будущего слитка) может привести к развитию имеющихся трещин, их переходу из поверхностных в сквозные, полному разрушению изложницы (рис. 2). Теплоты, полученной от слитка в процессе его кристаллизации, хватает, чтобы термические напряжения в острие поверхностной трещины изложницы оказались достаточными для ее роста. В итоге крупногабаритная изложница разрушилась на две части, а незакристаллизовавшийся



Трещины

Рис. 1. Эксплуатационные трещины в крупнотоннажной изложнице (толщина стенки 200 мм)



Рис. 2. Хрупкое разрушение изложницы в процессе кристаллизации слитка массой 100 т

металл слитка вытек, фактически получился окончательный брак.

Пример устраненной трещины (поз. 1), возникшей в толстостенной отливке (сталь 20) после ремонтной сварки металлургического дефекта (поз. 2) приведен на рис. 3.

В начальный момент процесса печной термической обработки возможно хрупкое разрушение кованых прокатных валков (рис. 4).

Резкое изменение температуры металла вала вызывает в нем временные термические напряжения, величина которых зависит от величины градиента температур, толщины изделия и др. факторов. Для предупреждения подобных явлений меры борьбы с термическими ударами являются посадка изделия в нагревательную печь при температуре печи не выше 270°C , последующий его нагрев до заданной температуры осуществляется со скоростью не выше $27-30^{\circ}\text{C}/\text{ч}$.

Своеобразное тепловое нагружение металла обрабатываемых деталей в механосборочном производстве также может вызвать образование трещин [2].

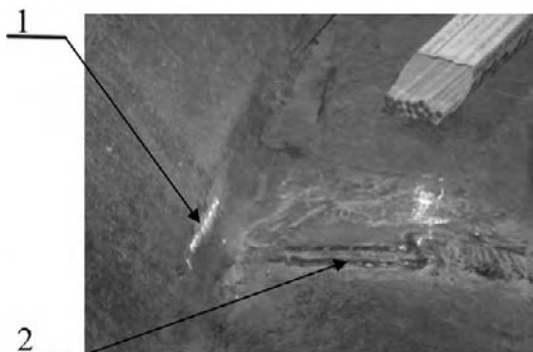


Рис. 3. Трещина термического удара (устраненная сваркой и зачищенная, поз. 1), возникшая после устранения литейного дефекта в теле отливки изложницы (поз. 2)

В настоящее время создана обобщенная теория прочности сварных металлических конструкций (оценка свариваемости, определение механической и усталостной прочности, термостойкости и др.). Но в тоже время многочисленные экспериментальные и практические работы, проведенные на нашем предприятии по ремонтной сварке массивных деталей сложной формы, дают возможность сформулировать некоторые важные общие положения для этого направления сварочных работ и выводы, рассматриваемые ниже.

В сварочном производстве наряду с традиционными источниками теплоты (газокислородное пламя, электрическая дуга и др.) широко используются и высокотемпературные источники тепла (плазма и ее разновидности, лазерное излучение). В этих случаях подвод тепловой энергии осуществляется настолько быстро, что создаются большие

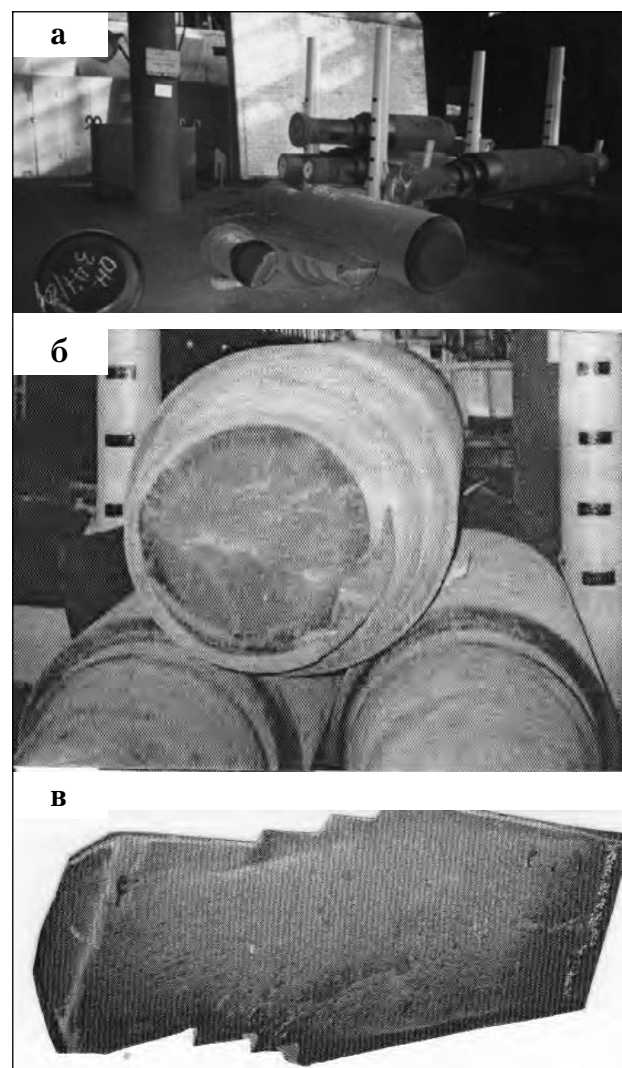


Рис. 4. Примеры хрупкого разрушения прокатных валков (сталь марки 45Х5МФ), возникшие в начальный момент нагрева под термическую обработку: а – участок бракованных валков; б – поперечное хрупкое разрушение вала; в – разрушение вала в его продольном направлении

градиенты температур, которые могут вызвать термические удары.

В практике сварочного производства термический удар может иметь положительное и отрицательное явление.

При сборке заготовок крупногабаритных конструкций, когда возникают трудности с подгонкой сопрягаемых поверхностей, применяют локальный нагрев с последующим механическим поджатием кромок свариваемых деталей или их закрепление с помощью талрепов, скоб, стяжек, домкратов, грузов и т.п. (рис. 5).

Под влиянием силовых воздействий при сварочных операциях возможны искривления и местные погибы, потеря устойчивости («бухтины») и др. разновидности потерь товарного (внешнего) вида листовых (балочных) конструкций. Для восстановления товарного вида применяют термическую (тепловую) правку (рис. 6). Этот технологический процесс осуществляют местным нагревом газовой горелкой (резаком).

Целью указанных операций является то, что при нагреве металл стремится расширяться, а окружающий его холодный металл ограничивает возможность расширения, в результате возникают пластические деформации сжатия. После охлаждения нагретого участка происходит уменьшение его линейных размеров, что приводит к сокращению или устранению деформаций.

В то же время практика ремонтной сварки крупногабаритных массивных конструкций сложной формы показывает, что явление термического удара может быть одной из причин образования трещин в массивных конструкциях и даже их хрупкого разрушения. При ремонтной электродуговой ручной сварке шабота гидравлического пресса усилием 100 МН в основном металле толстостенной литосварной конструкции (сталь марки 25ГС) на расстоянии ~ 800 мм от шва образовалась трещина.



Рис. 5. Применение местного нагрева при сборке крупногабаритных конструкций под сварку

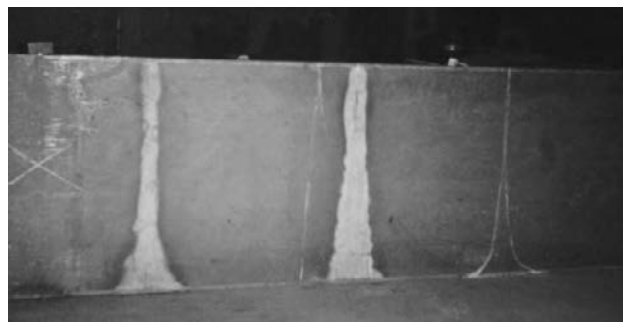


Рис. 6. Безударный метод термической правки деформированных листовых конструкций балочного типа

Наблюдения за ней показали, что после полного завершения сварки длина трещины не изменилась, но произошел рост ее глубины на 5–10 мм.

Теория распространения тепла при выполнении сварочных процессов [3] основана на принципах местного и временного влияния, согласно которым характер распределения тепла в теплопроводящем теле в пределах некоторой области с характерным размером d практически не оказывает влияния на температуру в зоне, удаленной от центра указанной области на расстояние больше зоны термического влияния. Также утверждается следующее: «характер распределения тепловой мощности во времени на отрезке $\Delta T = T_2 - T_1$ оказывает небольшое влияние на температуру теплопроводящего тела».

Таким образом при изучении термических ударов нельзя воспользоваться известными теоретическими схемами, поэтому необходимую информацию о распространении тепла по изделию можно получить только экспериментальным путем. Воздействие термического удара происходит в первый момент возобновления прерванного процесса сварки, когда еще не успело сформироваться квазистационарное состояние подвижного температурного поля.

При термическом ударе распространение теплоты в массивном изделии происходит по законам теплопроводности и при многопроходной сварке носит волнообразный характер. Трещины образуются в основном металле в местах расположения литейных дефектов (рис. 7).

Действие термического удара усиливается при наличии внутренних дефектов металла и др., концентрирующих тепловые напряжения и затрудняющих пластическую деформацию. Возможно образование трещин при ремонтной сварке конструкций, бывших длительное время в эксплуатации (рис. 8), металл которых подвергся термодиффузионному или деформационному старению.

Можно предположить, что на градиент температур оказывают влияние объем сварочной ванны и конвективные потоки в жидком металле. Во всяком случае, при электрошлаковой сварке объем ремонтной сварки резко возрастает (рис. 9). По техни-



Рис. 7. Образование трещин (показаны мелом) в основном металле при монтажной сварке ковша шагающего экскаватора (сталь марки 14Х2ГМРЛ, толщина 160 мм)

ческим причинам был приостановлен процесс ЭШС станины (сталь 35Л, содержание углерода $< 0,34\%$) гидравлического пресса усилием 50 МН. После его возобновления образовались поперечные трещины. Их удаление произвели механическим путем. Получившаяся разделка представлена на *рис. 9*.

Термическим ударом можно считать и резкое охлаждение крупногабаритной толстостенной конструкции при ее эксплуатации в полевых условиях в период резкого снижения атмосферной температуры (в нашей практике от $-12...-13^{\circ}\text{C}$ до -47°C), сопровождаемого обильным снегопадом и сильным ветром. При этом внешние слои металла сжимаются, а внутренние (глубокие), имеющие более высокую температуру, препятствуют сжатию. С нашей точки зрения, к подобным явлениям следует от-

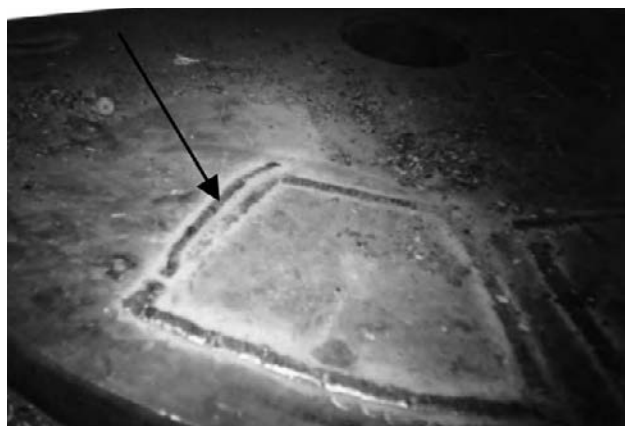


Рис. 8. Образование трещины (показано стрелкой) под влиянием термического удара на крышке мультипликатора (сталь марки 10ХСНД) гидравлического пресса усилием 100 МН при ремонтной сварке

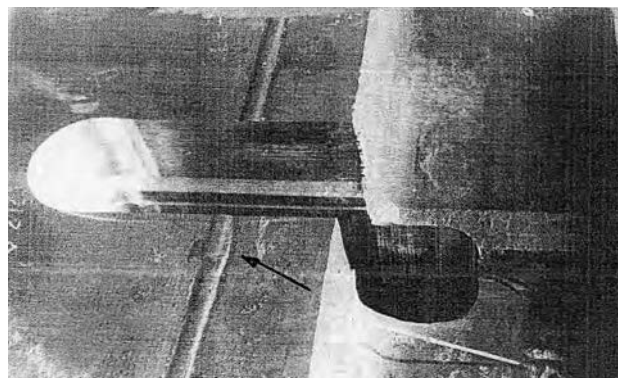


Рис. 9. Вид разделки (длина 960, ширина 120, глубина - 1 200 мм) после удаления трещин, образовавшихся при возобновлении процесса электрошлаковой сварки (стрелкой показано место остановки процесса) станины гидравлического пресса

нести и сварку на сквозняке (например приварку к поворотной платформе карьерного экскаватора стали 10ХСНД рельса стали Р65).

Согласно общепринятому мнению подогрев (предварительный и сопутствующий) является средством повышения технологической прочности закаливающихся сталей, который чаще всего выполняется газокислородным пламенем. Оно считается менее сосредоточенным источником теплоты, чем электрическая дуга [3]. Однако к этому приему надо относиться достаточно осторожно. Неоднократно встречались случаи, при которых нагрев перед удалением закалочных трещин (стали типа 9Х2МФ и др.) заканчивался разрушением ремонтируемой детали (*рис. 10*). Очаг разрушения находился на расстоянии $\sim 40-50$ мм от места нагрева. Подобный распад детали на отдельные части может привести к травме рабочего.

Термические удары возможны также при возобновлении сварки разделок в толстостенном металле, остывших до температуры окружающего воздуха. Особенно надо быть осторожным при монтажной сварке в полевых условиях при низкой атмосферной температуре, когда по целому ряду причин сварку приходилось прекращать и металл конструкции остывал до температуры окружающего воздуха. При возобновлении предварительного подогрева в самый начальный момент проведения этой операции образовывались развитые трещины магистрального типа длиной до 1 100 мм.

Возможно образование трещин и при разделительной газокислородной резке металлолома на scrap (*рис. 11*). Наличие адиабатической границы в разрезаемой детали приводит к образованию сквозной трещины (на *рис. 11* показана стрелками) и после полного охлаждения до температуры окружающего воздуха отрезанная часть заготовки распадается на куски, чем нарушаются условия договора на поставку лома определенного размера для



Рис. 10. Фрагмент детали, разрушенной в процессе предварительного подогрева. Состояние основного металла – закалка с отпуском

последующих его загрузок в плавильный агрегат заказчика и расплавления.

Вероятность образования трещин в металле крупногабаритных конструкций при термическом ударе носит стохастический характер и во многом определяется неоднородностью металла. При-



Рис. 11. Образование сквозной трещины в массивной поковке (сталь 38ХГН, диаметр 980 мм) при ее разделке машинной газокислородной резкой на скрап

ближенная оценка вероятности образования трещин при термическом ударе с привлечением вероятностно-статистических методов является крайне сложной операцией для практических расчетов [4]. Проверить адекватность расчетной модели если и удастся, то весьма и весьма затруднительно. Поэтому была сделана попытка объяснить механизм образования трещин такого типа с позиций физики теплового удара при ядерном взрыве [5]. В ядерной физике на основе соответствующего программного обеспечения разработаны модели кинетического и энергетического подходов к разрушению металлических элементов при значительном градиенте температур. Выполненные исследования позволили, в частности, установить, что критическая удельная энергия разрушения металла (стали, меди, никеля и др. материалов), необходимая для образования трещин (хрупкого разрушения), не является константой. При прогнозировании стойкости металла к разрушающему действию термического удара необходимо учитывать масштабный фактор, его учет может привести к снижению порога разрушения металла. Энергетический подход основан на сопоставлении запаса энергии в образце и в металле детали. Данные атомщиков подтвердили наши гипотетические предположения образования трещин (разрушения) при термических ударах.

Полученные феноменологические модели механизмов образования трещин (разрушения) в металлических конструкциях в течение их жизненного цикла при быстром нагреве последних позволяют технически грамотно проектировать технологии ремонтной сварки и ее выполнения.

Литература

1. Толковый металлургический словарь. Основные термины / под ред. В.И. Куманина. М.: «Русский язык». 1989. — 447 с.
2. Панов В.И. Проблемы ремонтной сварки стали 110Г13Л большой толщины // Сварщик. — 2014. — № 1. — С. 36–39.
3. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке: учебное пособие / М.: Машгиз. 1951. — 296 с.
4. Панов В.И. Математические методы прогнозирования работоспособности конструкций индивидуального тяжелого машиностроения после выполнения восстановительных работ // Тяжелое машиностроение. — 2004. — № 9. — С. 17–20.
5. Молитвин А.М. Прочность и удельная энергия разрушения металлов при тепловом ударе // Прикладная механика и техническая физика. — 2003. — Т. 44. — № 1 — С. 163–167.

Автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов *

Н.М. Махлин, Н.С. Федоренко, В.Ю. Буряк, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов, Д.С. Олияненко,
 ГП «НИЦ СКАЭ Украины ИЭС им. Е.О. Патона»,
А.Е. Коротынский, М.И. Скопюк, «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ (Киев)

В энергетике, перерабатывающей промышленности, нефтегазовом, фармацевтическом производстве и др. отраслях экономики все большее применение получают трубопроводы и арматура из сталей различных классов, цветных металлов и сплавов. Особое значение имеют трубопроводы энергоблоков АЭС, являющиеся базовыми элементами технологических цепочек АЭС [1] и работающие преимущественно в условиях одновременного воздействия на них высоких температур и повышенного давления коррозионно — агрессивного теплоносителя, в силу чего данные трубопроводы по их влиянию на надежность и безопасность АЭС выделены в отдельную группу устройств [1, 2, 3]. Выполняемые трубопроводами энергоблоков АЭС функции, сложность условий их эксплуатации, ограниченность пространства и доступа к местам проведения сварочных работ обуславливают высокие требования к качеству, прочности и коррозионной стойкости сварных соединений таких трубопроводов [1–4]. Трудозатраты на сварку их стыков составляют до 60% от общих трудозатрат на сварочные работы при монтаже энергоблоков АЭС [1, 5, 6].

Большинство сварных соединений трубопроводов АЭС представляют собой неповоротные стыки. Доминирующими способами сварки этих стыков и ныне являются ручная аргонодуговая сварка (TIG) с использованием присадочного материала и ручная дуговая сварка покрытыми электродами (ММА). Автоматическая орбитальная аргонодуговая сварка (GTAW) с подачей присадочной проволоки и без нее применяется в отечественной практике в ограниченном объеме.

Использование TIG и ММА характеризуется относительно высокой технологической гибкостью, благодаря чему эти способы сварки нашли широкое применение при монтаже и особенно при ремонте трубопроводов и арматуры энергоблоков АЭС и др. объектов индустрии, при этом для TIG и ММА в основном используют многопостовые сварочные системы (МСС) и значительно реже — специализированные однопостовые сварочные установки. Однако ручным способам сварки присущ ряд существенных недостатков. К основным из них следует от-

нести необходимость привлечения большого количества высококвалифицированных сварщиков, нестабильность требуемого уровня качества (уровень дефектности сварных соединений при TIG и/или ММА при сдаче с первого предъявления доходит до 45%, что вызывает необходимость ремонта дефектных стыков и неизбежность существенных дополнительных трудозатрат) [5–7], низкую производительность сварочного поста (например, при TIG машинное время — продолжительность горения сварочной дуги — не превышает 20%).

Учитывая отмеченные недостатки TIG и ММА и опыт применения GTAW для сварки неповоротных стыков водяных и пароводяных коммуникаций ядерных энергетических реакторов РБМК-1000, выполненных с помощью орбитальных автоматов серии ОДА (разработки и конструкции НИКИМТ, Москва), имеются все основания утверждать, что широкое применение автоматов для GTAW является безальтернативным, поэтому создание и внедрение таких отечественных автоматов представляют собой актуальную научно-техническую задачу. Целью настоящей статьи является представление результатов работ, проведенных в 2008–2017 гг. в НИЦ СКАЭ совместно с ИЭС им. Е.О. Патона, продолжающихся и поныне, по разработке, конструированию, внедрению и совершенствованию моделей отечественных автоматов для GTAW неповоротных стыков трубопроводов диаметром от 7 до 76 мм с толщиной стенки до 3,0 мм.

Рассмотрены преимущества и особенности современных отечественных автоматов для GTAW, разработанных впервые в Украине. Приведены структурно-функциональные схемы и описаны конструктивные решения основных составляющих этих автоматов, изложены особенности их модернизации.

В отличие от ручных способов сварки (TIG и/или ММА) способ автоматической орбитальной сварки в среде инертных газов (GTAW) обеспечивает:

- стабильно высокое качество сварных соединений трубопроводов (при GTAW без присадочной проволоки уровень дефектности при сдаче с первого предъявления не превышает 4%, с присадочной проволокой — 7%);
- повышение не менее чем в четыре раза производительности сварочных работ;

* Часть 1. Продолжение в следующих номерах журнала «Сварщик»

- значительное сокращение продолжительности обучения оператора автоматической сварки по сравнению с продолжительностью подготовки высококвалифицированного сварщика ручной сварки [5–8].

В настоящее время в Украине и за рубежом находятся в эксплуатации, сооружаются и будут сооружаться многочисленные энергоблоки АЭС (преимущественно с ядерными энергетическими реакторами типа ВВЭР и БН). При монтаже таких энергоблоков в отечественной практике уровень автоматизации сварочных работ пока не превышает нескольких процентов, что объясняется многими причинами. Среди них — отсутствие или недокомплект современных орбитальных автоматов, рассчитанных на типоразмеры и межтрубные расстояния отечественных трубопроводов; отсутствие промышленных образцов отечественного оборудования, приспособлений и оснастки для качественной подготовки торцов и кромок трубопроводов под GTAW; сложившиеся технологии монтажа трубопроводов диаметром до 100 мм, согласно которым такие трубопроводы (без их рабочих чертежей) монтируются по месту, без укрупнения их в блоки; не использование таких прогрессивных технологий монтажа трубопроводов, как пакетный и кассетный способы или предварительная обвязка трубопроводами монтируемого тепломеханического оборудования или др., при которых применение GTAW монтажных стыков наиболее эффективно; отсутствие разработок и промышленного изготовления оборудования для GTAW, рассчитанного на питание от широко используемых на монтаже систем централизованного энергоснабжения сварочных постов [1, 5, 7].

Сегодня рынок сварочного оборудования предлагает обширный выбор орбитальных автоматов, разработанных и изготавливаемых зарубежными фирмами, например, «POLYSOUDE» (Франция) [9], «SIEMENS» (ФРГ), «ESAB» (Швеция) [10] и др. Однако, как показывает практика, все импортируемые орбитальные автоматы требуют значительных эксплуатационных расходов и, по мнению ведущих специалистов в области GTAW, заметно уступают даже разработанным в НИКИМТ в 1960-е — 1970-е гг. автоматам (например, серии ОДА) как по ресурсу машинного времени, адаптивности к размерам и межтрубным расстояниям трубопроводов отечественных энергоблоков, так и по технологическим возможностям (за рубежом до сих пор не освоены способы сварки тонкостенных трубопроводов малых диаметров методами автопрессовки или последовательного проплавления), способу охлаждения горелочного узла (подавляющее большинство зарубежных моделей орбитальных автоматов предполагают жидкостное охлаждение), ремонтпригодности составных частей автоматов [1].

Принимая во внимание масштабы развития атомной энергетики в мире, в т.ч. за счет модернизации, продления ресурса действующих (сейчас только в Украине в эксплуатации находятся 15 энергоблоков на четырех АЭС) и строительства новых энергоблоков с ядерными энергетическими реакторами типа ВВЭР, применению GTAW для выполнения более 120 000 сварных соединений трубопроводов при монтаже каждого энергоблока нет альтернативы. Поэтому разработка и освоение промышленного изготовления современных отечественных орбитальных автоматов, особенно для сварки неповоротных стыков малых (до 100 мм) диаметров, оснащение ими монтажных организаций и ремонтных подразделений АЭС Украины являются актуальными задачами. Также следует учитывать возрастающие потребности в автоматах для GTAW отечественных перерабатывающей промышленности и др. отраслей экономики.

Значительную часть этих задач позволяют решить разработанные и сконструированные в 2008–2009 гг. в НИЦ СКАЭ совместно с ИЭС им. Е.О. Патона однопостовые автоматы АДЦ 627 УЗ.1, АДЦ 625 УЗ.1, АДЦ 626 УЗ.1 для GTAW без присадочной проволоки неповоротных стыков трубопроводов Ø от 7 до 76 мм с толщиной стенки до 3,0 мм из сталей аустенитного, перлитного и мартенситного классов, высоколегированных сплавов и стали 20 в условиях монтажа и ремонта объектов энергетики (в т.ч. АЭС и ТЭС) [11].

Основные технические параметры и характеристики автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 для GTAW приведены в *табл. 1*.

В состав каждого из автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 входят: многофункциональный источник питания ИЦ 616 УЗ.1 или ИЦ 617 УЗ.1 для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов; система управления, состоящая из блока контроллера ИЦ 616.20.00.000 и пульта управления выносного (пульта оператора) ИЦ 616.30.00.000; одна из головок сварочных АДЦ 627.03.00.000, 625.03.00.000, 626.03.00.000 соответственно и коллектор АДЦ 625.07.00.000.

Схемо-конструктивное построение указанных автоматов выполнено таким образом, что их основные составные части являются общими и едиными для всех моделей автоматов, отличающихся друг от друга только головками сварочными. Это позволяет использовать любой из этих автоматов — с одной, двумя или тремя головками сварочными, по выбору Заказчика или конечного Потребителя и обеспечивать необходимую конфигурацию оборудования для GTAW с минимальными затратами.

Структурно-функциональные схемы автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 приведены на *рис. 1*.

Таблица 1. Основные технические параметры и характеристики автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 для GTAW

Наименование показателя	Значение		
	Обозначение модели автомата		
	АДЦ 627 УЗ.1	АДЦ 625 УЗ.1	АДЦ 626 УЗ.1
Диаметр свариваемых труб, мм	7–24	18–42	42–76
Пределы регулирования скорости сварки, м/ч	0,42–15,2; 1,36–48,80	1,9–33,5; 4,0–79,0	4,0–39,6; 7,2–71,6
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1,6	2,0; 3,0	
Наибольшее радиальное перемещение горелки, мм	15,0	16,0	23,0
Наибольшее перемещение горелки поперек стыка, мм	±1,0	±5,0	
Охлаждение горелки	Газовое		
Пределы регулирования сварочного тока, А	8–250		
Пределы регулирования напряжения дуги, В	9–18		
Точность поддержания сварочного тока, не хуже, %	±2		
Точность поддержания напряжения дуги, не хуже, В	±0,20	±0,15	
Расположение электропривода вращения планшайбы	Параллельно продольной оси трубы		
Радиус вращающихся частей, не более, мм	55	68	80
Способ стабилизации длины дуги	Механический копир	АРНД	
Число проходов дуги	1–4		
Наименьшее межтрубное расстояние, мм	58	72	84
Масса головки сварочной (без массы шлангов и кабелей), не более, кг	3,0	3,5	4,9
Потребляемая электрическая мощность, не более, кВА	5,8		

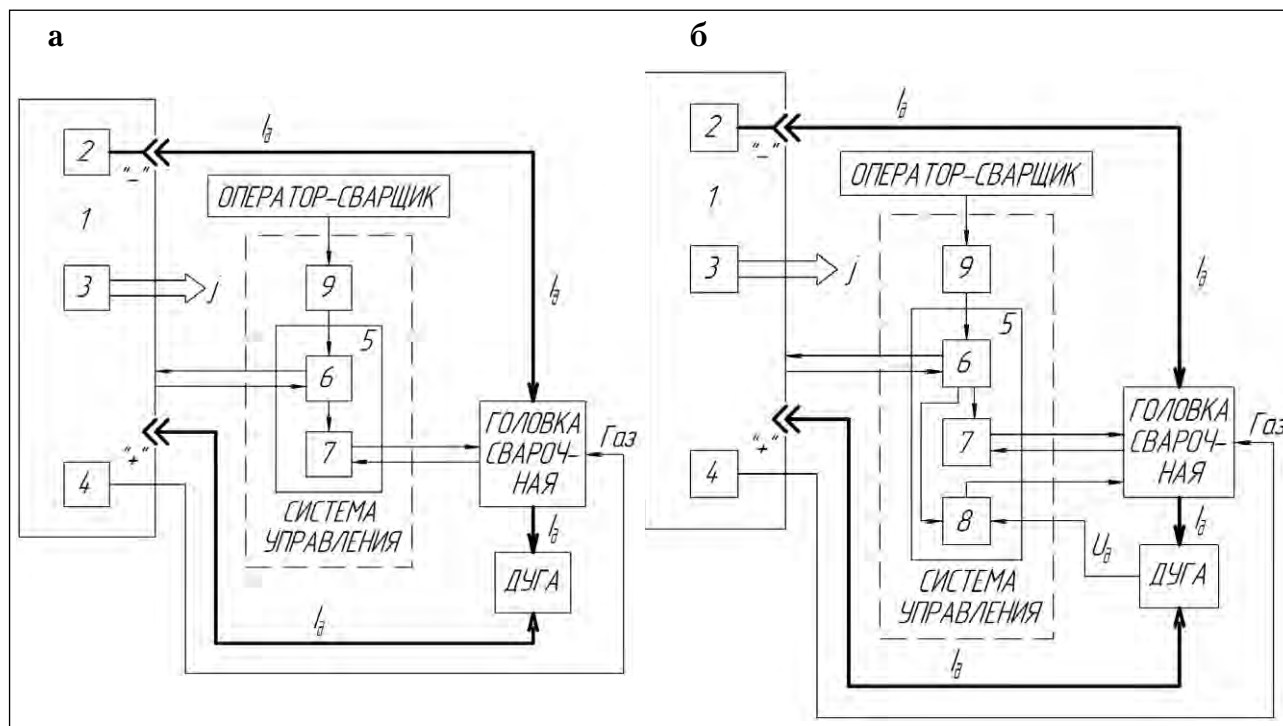


Рис. 1. Структурно-функциональные схемы автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1 (а), АДЦ 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 (б): 1 – сварочный источник питания ИЦ 616 УЗ.1, 617 УЗ.1 «чопперного» типа; блоки: 2 – возбуждения дуги последовательного включения; 3 – питания цепей управления; 5 – контроллера ИЦ 616.20.00.000; модули: 4 – газовой аппаратуры; 6 – контроллера цикла сварки; 7 – контроллера привода вращения; 8 – контроллера АРНД; 9 – пульт управления выносной ИЦ 616.30.00.000

Многофункциональный источник питания ИЦ 616 УЗ.1 (ИЦ 617 УЗ.1) для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов обеспечивает:

- формирование необходимых для процессов TIG или GTAW вертикальных («штыковых») внешних вольтамперных характеристик (ВАХ);
- предварительное задание значений сварочного тока и временных составляющих цикла сварки {длительностей интервалов времени: «газ до сварки» («pregas»), «плавное нарастание сварочного тока», «прогрев», «импульс сварочного тока», «пауза сварочного тока», «плавный спад сварочного тока» («заварка кратера»), «газ после сварки» («postgas»)};
- бесконтактное возбуждение сварочной дуги высоковольтным пробоем дугового промежутка при минимальном значении сварочного тока;
- стабилизацию заданных значений сварочного тока и временных параметров цикла сварки при воздействии внешних возмущений (колебаний напряжения питающей сети, изменений длины дугового промежутка и т.п.);
- возможность дистанционного управления и реализации режимов автоматической шагоимпульсной сварки, ручной и автоматической сварки модулированным током, а также циклов сварки в режимах 2Т, 4Т и в специальном режиме 4Т—I, циклограммы которых приведены на рис. 2–4.

По принципу действия источник питания ИЦ 616 УЗ.1 (ИЦ 617 УЗ.1) относится к сварочным источникам питания «чопперного» типа, имеющим такие же высокие динамические свойства и возможности управления, какими обладают сварочные источники питания инверторного типа. И хотя сварочные источники питания «чопперного» типа заметно уступают сварочным инверторам, они до последнего времени превосходили их по функциональной и эксплуатационной надежности и ремонтопригодности [12]. По сравнению со сварочными инверторами им присущи меньшее количество стадий преобразования потока энергии, передаваемой от питающей сети к сварочной дуге, размещение регулятора сварочного тока в низковольтной части этого потока, минимизация лавинообразного развития невосстанавливаемых отказов при возникновении аварии.

Составляющий основу системы управления автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 блок контроллера ИЦ 616.20.00.000 предназначен для:

- формирования сигналов управления включением, отключением и продолжительностью функционирования составных частей и механизмов автоматов в соответствии с заданными алгоритмами осуществления GTAW неповоротных стыков трубопроводов;
- обеспечения регулирования, обработки сигна-

лов обратных связей и поддержания в процессе сварки практически неизменными запрограммированных (заранее установленных) значений скорости перемещения горелки с неплавящимся электродом (скорости сварки), длины дугового промежутка, количества проходов дуги и направлений вращения планшайбы головки сварочной;

- автоматического осуществления изменений параметров цикла и режима сварки (сварочного тока, скорости сварки, направления вращения планшайбы головки сварочной) в зависимости от номера прохода дуги и стадии цикла сварки.

Основными функциональными узлами блока контроллера ИЦ 616.20.00.000 (рис. 1) являются модули контроллеров цикла сварки 6, привода вращения 7 и автоматического регулятора напряжения дуги (АРНД) — 8.

Модуль контроллера цикла сварки 6 вырабатывает сигналы, обеспечивающие реализацию заданных временных параметров цикла сварки способом GTAW и воспроизведение заданных значений сварочного тока, скорости сварки, количества проходов дуги и направления ее перемещения — в зависимости от диаметра, материала и толщины стенки свариваемого трубопровода.

Модуль контроллера привода вращения 7 предназначен для регулирования и поддержания в процессе сварки заданных значений скорости вращения планшайбы головки сварочной вокруг свариваемого трубопровода путем стабилизации этой скорости за счет обратной связи по скорости вращения вала электродвигателя мотор-редуктора вращателя головки сварочной, при этом напряжение обратной связи пропорционально числу импульсов, генерируемых энкодером, соосным со вторым выходом вала электродвигателя мотор — редуктора.

Модуль контроллера АРНД 8 обеспечивает стабилизацию в процессе сварки заданного значения напряжения дуги U_d за счет автоматической компенсации его отклонений от запрограммированного (заранее установленного) значения путем автоматической коррекции вертикального положения электрода головки сварочной относительно поверхности сварочной ванны. АРНД, примененный в автоматах АДЦ 625 УЗ.1, 626 УЗ.1, представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования, построенную на использовании пропорциональности напряжения дуги ее длине при сварке неплавящимся электродом [13, 14].

Система управления автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1, помимо блока контроллера ИЦ 616.20.00.000, включает пульт управления выносной ИЦ 616.30.00.000, содержащий органы управления, сигнализации и индикации, обеспечивающие выбор: рода работы автомата, вида режима управления, выбор режима сварки,

задание направления вращения планшайбы головки сварочной, предварительный контроль цикла сварки, наличия расхода инертного газа, задание значений напряжения дуги и скорости сварки, подрегулировку непосредственно в процессе сварки значения сварочного тока (в пределах $\pm 10\%$ от заданного значения), цифровую индикацию предварительно задаваемых и текущих значений сварочного тока (А), напряжения дуги (В), скорости вращения планшайбы головки сварочной (об./мин.), расхода инертного газа (л/мин.).

Внешний вид источника питания ИЦ 616 УЗ.1, 617 УЗ.1 для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов, блока контроллера ИЦ 616.20.00.000 и пульта управления выносного ИЦ 616.30.00.000 приведен на рис. 2.

Головки сварочные АДЦ 627.03.00.000, 625.03.00.000, 626.03.00.000, входящие в состав автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 соответственно, выполнены с применением унифицированных узлов и механизмов по конструктивной схеме, характерной для головок накидного типа. Конструкция каждой из этих головок позволяет осуществлять ее быстрые установку на свариваемый трубопровод и удаление с него одним оператором, а также надежную фиксацию на нем неподвижного корпуса головки, что исключает смещение головки вследствие толчков или вибрации. При этом обеспечиваются: необходимая точность установки головки (угол между продольной осью электрода и радиальной осью свариваемого трубопровода не превышает 2°), реверс направления вращения планшайбы головки по команде оператора или системы управления автоматов, возможности поперечного корректирования положения электрода относительно оси стыка свариваемого трубопровода, простая и быстрая замена изношенного вольфрамового электрода, ламинарное истечение инертного газа через рабочее отверстие защитного сопла горелки головки сварочной.

Каждая из головок сварочных автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 содержит неподвижный корпус облегченной конструкции, механизм зажима головки на свариваемом трубопроводе, вращающуюся вокруг продольной оси свариваемого трубопровода планшайбу, вращатель планшайбы, установленные на планшайбе горелку и механизм ее вертикального перемещения — системы АРНД в головках АДЦ 625.03.00.000, 626.03.00.000, и систему стабилизации длины дуги (СДД) с помощью механического копира в головке АДЦ 627.03.00.000. Неподвижный корпус каждой головки является несущей конструкцией для вращателя планшайбы и механизма зажима головки на свариваемом трубопроводе. Закрепление головки на свариваемом трубопроводе и ее расфиксация осуществляются с помощью двух захватов ме-

а



б



в



Рис. 2. Внешний вид источника питания ИЦ 616 УЗ.1, 617 УЗ.1 для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (а), блока контроллера ИЦ 616.20.00.000 (б), пульта управления оператора выносного ИЦ 616.30.00.000 (в)

ханизма зажима, охватывающих часть внешней цилиндрической поверхности трубопровода, которые кинематически связаны с управляющим рычагом. Вращатель планшайбы состоит из редуктора, размещенного внутри неподвижного корпуса головки, и рукоятки со встроенными в нее мотор-редуктором и энкодером оптоэлектрического типа. Рукоятка вращателя параллельна продольной оси свариваемого трубопровода и может закрепляться в неподвижном корпусе головки в любом из двух противоположных направлений относительно плоскости планшайбы. Размеры и конструкция рукояток,

а также электродвигатели и энкодеры приводов вращателей всех трех головок унифицированы, приводы вращателя каждой из головок отличаются лишь коэффициентом редукции мотор — редукторов. Все вращатели головок выполнены по единой кинематической схеме. Горелки головок сварочных АДЦ 625.03.00.000, 626.03.00.000 унифицированы по составу и конструкции и отличаются друг от друга только длиной защитного керамического сопла, горелка головки АДЦ 627.03.00.000 отличается от вышеназванных горелок размерами, формой корпуса, цангой для фиксации электрода и местом расположения в ее корпусе патрубка для подсоединения токогазоподвода.

Внешний вид головок сварочных АДЦ 627.03.00.000, 625.03.00.000, 626.03.00.000 показан на *рис. 3*.

Любая из рассматриваемых головок сварочных к сварочному источнику питания ИЦ 616 УЗ.1 или 617 УЗ.1, блоку контроллера ИЦ 616.20.00.000, пульту управления выносному ИЦ 616.30.00.000 и системе газоснабжения подключается с помощью коллектора АДЦ 625.07.00.000, который может быть удален от головки сварочной на расстояние до 15 м. Всего при использовании сварочных автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 длина сварочного контура может составлять до 60 м, а при необходимости — до 100 м.

Автоматы для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 обеспечивают возможность двух видов работы — «Наладка» и «Сварка», двух способов управления — «Ручное» и «Автоматическое» и трех типов режимов сварки — «Непрерывный», «Импульсный» и «Сварка модулированным током».

Вид работы «Наладка» используется для контроля функционирования вращателя головки сварочной, проверки ее центровки и траектории вращения вдоль неповоротного стыка свариваемого трубопровода, проверки и регулировки вылета неплавящегося электрода и технологически обоснованной длины дугового промежутка, предварительной установки (задания) скорости вращения планшайбы головки сварочной и расхода инертного газа. Особенность вида работы «Наладка» заключается

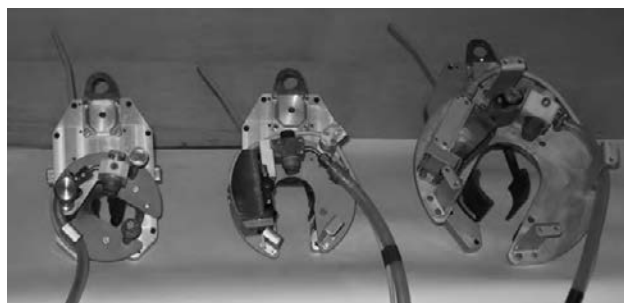


Рис. 3. Внешний вид головок сварочных АДЦ 627.03.00.000 (крайняя слева), 625.03.00.000 (посередине), 626.03.00.000 (крайняя справа)

в отсутствии тока в сварочной цепи. При виде работы «Наладка» и способе управления «Ручное» моменты начала и остановка вращения горелки головки сварочной задаются командами оператора с помощью кнопок «Пуск» и «Стоп» в пульте управления выносном ИЦ 616.30.00.000. При виде работы «Наладка» и способе управления «Автоматическое» момент начала вращения планшайбы головки сварочной также задается оператором, а остановка вращения происходит автоматически в момент завершения заданного количества полных оборотов планшайбы и с некоторым «перекрытием» участка стыка, соответствующего началу вращения.

Вид работы «Сварка» при режиме «Непрерывный» позволяет выполнять все стадии цикла сварки по всем его составляющим при поддержании в течение каждого прохода дуги неизменными заданных для этого прохода дуги значений сварочного тока, напряжения дуги и скорости вращения планшайбы (скорости сварки) головки сварочной. Построение блока контроллера ИЦ 616.20.00.000 выполнено так, что при программировании (предварительной установке) параметров режима сварки для проходов дуги, следующих за первым, обеспечивается возможность плавного регулирования значений сварочного тока в пределах от 50 до 100% и скорости вращения планшайбы (скорости сварки) в пределах от 100 до 200% от этих же значений для первого прохода дуги.

При виде работы «Сварка» и режиме «Импульсный» обеспечивается процесс шаго-импульсной сварки, который осуществляется на двух следующих друг за другом с заданной периодичностью энергетических уровнях сварочного тока — «высоком», называемом импульс, и «низком» — называемом пауза, причем перемещение горелки головки сварочной происходит только в течение интервалов времени, соответствующих длительности пауз.

Режим «Сварка модулированным током» реализуется при виде работы «Сварка», режиме «Непрерывный» и установленном в положение «Модуляция» переключателе («Импульс — Модуляция — Пауза») на панели управления сварочного источника питания ИЦ 616 УЗ.1, 617 УЗ.1, при этом обеспечивается модуляция сварочного тока, а скорость вращения планшайбы головки сварочной (скорость сварки) в течение каждого полного прохода дуги поддерживается неизменной на заданном для этого прохода уровне.

Циклограммы режимов сварки, которые обеспечиваются автоматами для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1, приведены на *рис. 4–6*.

Проведенными ранее исследованиями [8, 15] установлено, что для достижения высокого качества сварных соединений неповоротных стыков трубопроводов при GTAW без подачи присадочной проволоки максимальное отклонение от заданных значений одного из

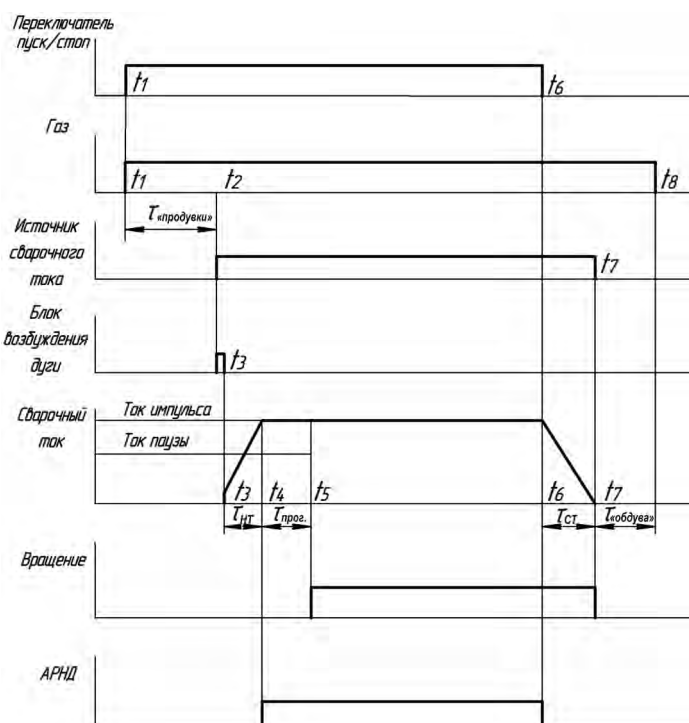


Рис. 4. Циклограмма процесса сварки автоматами для GTAW в непрерывном режиме. Интервалы времени: $\tau_{\text{«продувки»}}$ – «газ до сварки», $\tau_{\text{нт}}$ – длительность плавного нарастания сварочного тока, $\tau_{\text{прог.}}$ – «прогрев», $\tau_{\text{ст}}$ – длительность плавного спада сварочного тока («заварки кратера»); $\tau_{\text{«обдува»}}$ – «газ после сварки»

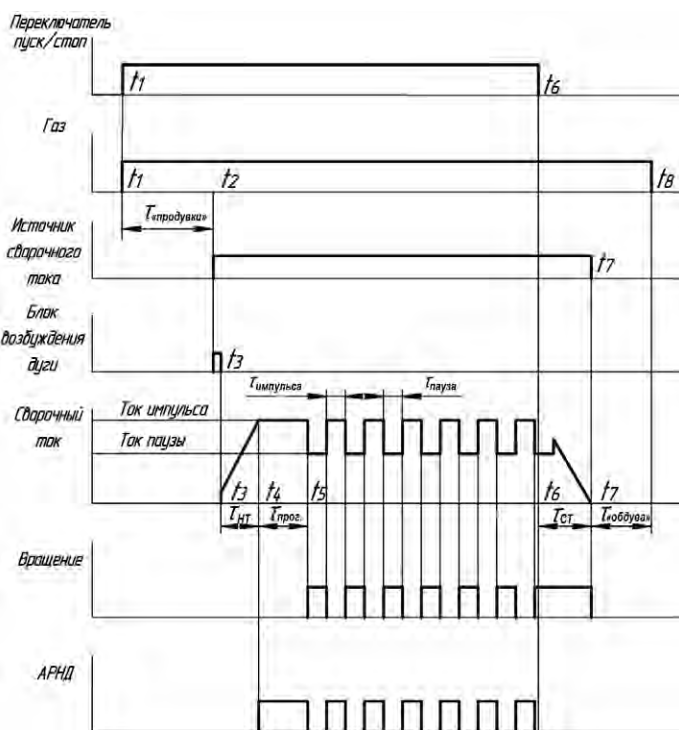


Рис. 5. Циклограмма процесса шаго-импульсной сварки автоматами для GTAW. Интервалы времени: $\tau_{\text{«продувки»}}$ – «газ до сварки», $\tau_{\text{нт}}$ – длительность плавного нарастания сварочного тока, $\tau_{\text{прог.}}$ – «прогрев», $\tau_{\text{ст}}$ – длительность плавного спада сварочного тока («заварки кратера»), $\tau_{\text{«обдува»}}$ – «газ после сварки»; длительности: $\tau_{\text{импульса}}$ – импульсов сварочного тока, $\tau_{\text{паузы}}$ – паузы сварочного тока

параметров режима сварки не должно превышать $\pm 14\%$ для сварочного тока, $\pm 13\%$ для напряжения дуги, $\pm 10\%$ для скорости сварки и $\pm 20\%$ для расхода инертного газа, а при одновременном внесении возмущений по всем параметрам режима сварки максимальные отклонения по каждому параметру не должны превышать $\pm 2,5\%$.

В автоматах АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 приведенные выше требования по точности поддержания в процессе GTAW заданных параметров режима сварки выполняются в полной мере (табл. 1). Это, а также схемотехнические и конструктивные решения указанных автоматов и их функциональные возможности позволяют осуществлять реализацию всех известных на сегодняшний день технологий GTAW тонкостенных трубопроводов, в т.ч. методами автоопрессовки, последовательного проплавления и сравнительно новым методом, получившим название «антиопрессовка» [8].

В 2008–2009 гг. по разработкам НИЦ СКАЭ и ИЭС им. Е.О. Патона в Украине было освоено промышленное изготовление автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 для предприятий отрасли атомной энергетики, ремонтных подразделений АЭС и др. предприятий Украины. Примерами успешного применения автоматов этой серии может служить их использование в серийном производстве ОП «Атомэнергомах» ГП «НАЭК «Энергоатом» при GTAW в среде гелия герметизирующих соединений трубы с наконечником и заглушкой поглощающих элементов контейнеров системы сухого хранения отработанного ядерного топлива [16], в опытном производстве ОП «КБ «Атомприлад» ГП «НАЭК «Энергоатом» при GTAW сварных соединений экспериментальных образцов чехлов каналов нейтронных измерительных ядерных энергетических реакторов ВВЭР-1000 [17], в серийном производстве ООО «ТИСЭР» (Киев) при монтаже трубных элементов теплообменных аппаратов пищевой промышленности, где только в течение 2016 г. с помощью автомата АДЦ 625 УЗ.1 была выполнена GTAW более 13 500 неповоротных стыков труб с номинальным диаметром 32 мм и толщиной стенки 2,0–2,5 мм из коррозионностойкой стали мартенситного класса (20Х13).

Принимая во внимание, что разработка и освоение промышленного изготовления автоматов для GTAW (в т.ч. АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1) были осуществлены в Украине впервые, результаты их опытно-промышленного опробования и опыт эксплуатации в реальных производственных условиях выявили тенденции дальнейшего совершенствования этих автоматов. С этой целью в 2016–2017 гг. в

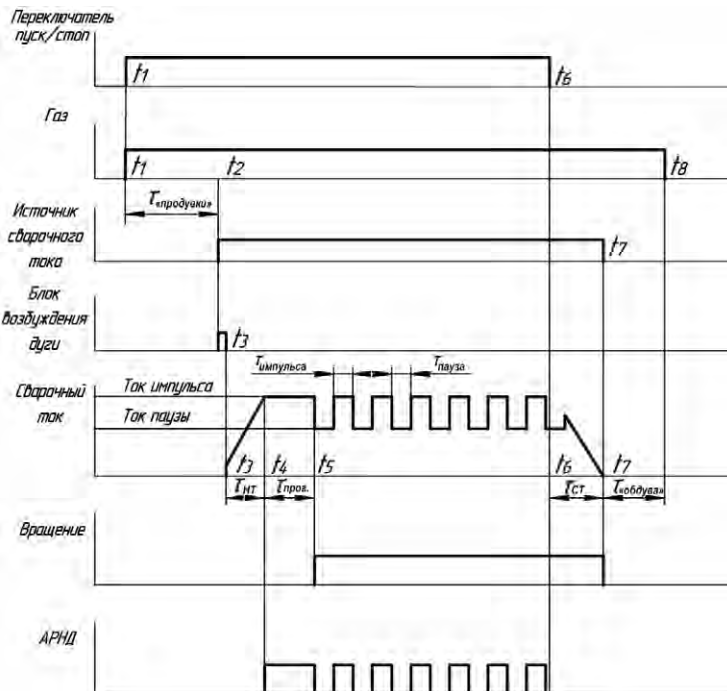


Рис. 6. Циклограмма процесса сварки модулированным током автоматами для GTAW. Интервалы времени: $\tau_{\text{продувки}}$ – «газ до сварки», $\tau_{\text{нт}}$ – длительность плавного нарастания сварочного тока, $\tau_{\text{прог}}$ – «прогрев», $\tau_{\text{ст}}$ – длительность плавного спада сварочного тока («заварки кратера»); $\tau_{\text{обдува}}$ – «газ после сварки»; длительности: $\tau_{\text{импульса}}$ – импульсов сварочного тока, $\tau_{\text{паузы}}$ – паузы сварочного тока

НИЦ СКАЭ была проведена модернизация указанных автоматов.

В первую очередь, модернизации были подвергнуты сварочный источник питания автоматов, их система управления и коллектор АДЦ 625.07.00.000. В частности, произведена замена сварочного источника питания ИЦ 616 УЗ.1 (ИЦ 617 УЗ.1) на сварочный инвертор, так как функциональная и эксплуатационная надежность современных сварочных инверторов значительно возросла и к настоящему времени показатели надежности последних достигли необходимых значений. Немаловажным является и то, что себестоимость и рыночные цены серийных сварочных инверторов, в т.ч. предназначенных для TIG, ощутимо ниже по сравнению с аналогичными показателями сварочных источников питания «чопперного» типа. Использование в качестве сварочного источника автоматов для GTAW современных серийно изготавливаемых специализированных сварочных инверторов (с небольшими доработками их системы управления) позволяет существенно улучшить массогабаритные и эксплуатационные показатели упомянутых автоматов, а также положительно повлиять на их экономические характеристики.

При выборе сварочного инвертора главными критериями служат его способность обеспечивать требуемые для процессов TIG и GTAW внешние ВАХ (рис. 7), необходимые значения диапазона ре-

гулирования сварочного тока и напряжения холостого хода, а также возможность надежно функционировать в тяжелых производственных условиях.

В табл. 2 приведены сравнительные характеристики основных параметров специализированного источника питания ИЦ 616 УЗ.1, 617 УЗ.1 для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов и некоторых моделей серийных сварочных инверторов для TIG.

Вместе с тем, несмотря на ряд преимуществ сварочных инверторов у них принципиально отсутствуют многие опции, присущие специализированным сварочным источникам питания «чопперного» типа. Поэтому использование в автоматах АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 сварочных инверторов возможно только при условии небольшой доработки их системы управления, создания и введения в состав этих автоматов обеспечивающего дистанционное управление сварочным источником питания дополнительного блока управления циклом сварки, а также глубокой переработки схемы и конструкции входящего в автоматы коллектора.

В процессе модернизации автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 были разработаны и спроектированы отсутствующие ранее блоки: управления циклом сварки ИЦ 616.40.00.000, пускозащитной аппаратуры ИЦ 616.50.00.000 и коллектор АДЦ 625.17.00.000.

В состав блока управления циклом сварки ИЦ 616.40.00.000 входят модули: управления ИЦ 616.40.10.000; питания NES-200–24 и NES-25–24; стабилизатора напряжения питания ИЦ 616.40.20.000; органы управления и сигнализации, в т.ч. регуляторы длительностей (резисторы переменные) ГАЗ ДО СВАРКИ, НАРАСТАНИЕ ТОКА, ПРОГРЕВ, ПЛАВНОЕ ГАШЕНИЕ (плавный

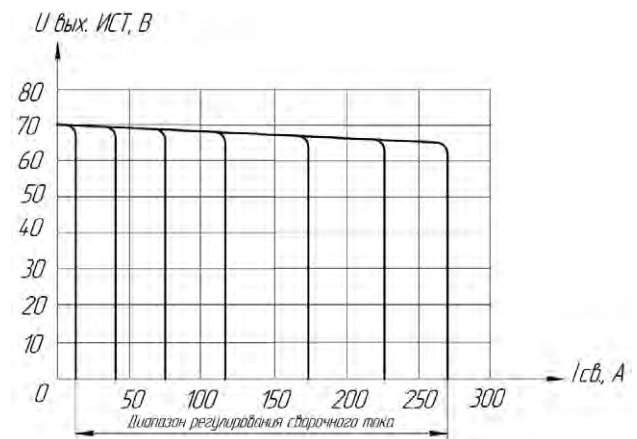


Рис. 7. Типичные внешние ВАХ сварочного источника питания, необходимые для осуществления качественного процесса сварки автоматами для GTAW и/или TIG

спад сварочного тока), ГАЗ ПОСЛЕ СВАРКИ, регуляторы уровней сварочного тока (резисторы переменные), ТОК, А, ИМПУЛЬС и ТОК, А, ПАУЗА, переключатели галетные (режимы: 2Т, 4Т, 4Т-II) и длительностей ДЛИТЕЛЬНОСТЬ, С, ИМПУЛЬС и ДЛИТЕЛЬНОСТЬ, С, ПАУЗА, выключатель СЕТЬ, микротумблеры МНОЖИТЕЛЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ (x1, x5), ИМПУЛЬС – МОДУЛЯЦИЯ – ПАУЗА и БВД ВКЛ, кнопки ПРЕДУСТАНОВКИ ТОКА и ГАЗ КОНТРОЛЬ, световые индикаторы ГАЗ, ИМПУЛЬС, ПАУЗА, индикатор стрелочный сварочного тока (на базе амперметра щитового М42300).

Модуль управления ИЦ 616.40.10.000 функционирует как в режиме предварительной установки (программирования) токовой составляющей сварочного цикла (в режиме ПРЕДУСТАНОВКИ ТОКА), так и в режиме управления реализацией одного из вариантов сварочного цикла (2Т, 4Т или 4Т-II) и выполнен в виде печатного узла, в котором размещены все составляющие компоненты этого модуля.

Модуль питания NES-200–24 вырабатывает напряжение постоянного тока +24 В (относительно провода «Общий»), а блок питания NES-25–24 – напряжение постоянного тока минус 24 В, которые используются для питания цепей управления составных частей автомата и электроприводов его механизмов.

Модули питания NES-200–24 и NES-25–24 (производства фирмы «MEAN WELL») построены по схеме высокочастотного преобразователя AC-DC (инвертора) с жесткими внешними ВАХ, а также с огра-

ничением тока максимально допустимой нагрузки, и обеспечивают гальваническую развязку от питающей сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц.

Основные технические характеристики блоков питания NES-200–24 и NES-25–24 приведены в табл. 3.

Модуль стабилизатора напряжения питания ИЦ 616.40.20.000 предназначен для преобразования выходных напряжений ± 24 В, вырабатываемых модулями питания NES-200–24 и NES-25–24, в напряжения постоянного тока +12 В и ± 15 В, необходимые для питания цепей электронных узлов автомата.

Основными составляющими модуля стабилизатора напряжения питания ИЦ 616.40.20.000 являются ВЧ-преобразователь DC-DC с гальванической развязкой входа и выхода, два линейных стабилизатора напряжений постоянного тока и электромагнитное реле цепи аварийной остановки автомата.

Линейные стабилизаторы напряжений постоянного тока, выполненные на интегральных стабилизаторах 78 и 79-й серий, обеспечивают формирование из входных напряжений ± 24 В соответственно стабилизированных напряжений ± 15 В.

Входящее в состав модуля стабилизатора напряжения питания ИЦ 616.40.20.000 электромагнитное реле с катушкой, рассчитанной на номинальное напряжение 24 В постоянного тока, срабатывает при поступлении на него сигнала АВАРИЙНЫЙ СТОП с пульта управления выносного ИЦ 616.30.00.000 (т.е. при нажатом состоянии кнопки АВАРИЙНЫЙ СТОП в этом пульте). Вследствие срабатывания

Таблица 2. Сравнительные характеристики основных параметров сварочного источника питания ИЦ 616 УЗ.1, ИЦ 617 УЗ.1 «чопперного» типа и некоторых моделей серийных сварочных инверторов типа AC-DC для TIG

Наименование показателя	Значение		
	Обозначение модели сварочного источника питания		
	ТЕХ АС ТА 210–00–031	Kaiser Welding TIG –250	ИЦ 616 УЗ.1 (ИЦ 617 УЗ.1)
Номинальный сварочный ток, А	200	250	
Пределы регулирования сварочного тока, А	5–210	10–250	8–260
Напряжение холостого хода, не более, В	65	75	72
Наличие блока питания цепей управления автоматов	нет		есть
Наличие отсекаателя газа (газового клапана)	Есть		
Наличие датчика расхода газа	нет		есть
Возможность обеспечения режимов шаго-импульсной сварки и сварки модулированным током	нет		есть
Охлаждение	Воздушно-принудительное		
Номинальное напряжение питающей сети частотой 50 Гц, В	220		380
Число фаз напряжения питающей сети	1		3
Потребляемая электрическая мощность, не более, кВт	8,2	6,6	6,9
Продолжительность нагрузки (ПН) при номинальном сварочном токе, не менее,%	80	60	60
Коэффициент полезного действия (КПД), не менее,%	82	80	80
Габаритные размеры (Д×Ш×В), не более, мм	385×160×245	460×200×250	465×650×800
Масса, не более, кг	8,5	8,2	78,5

Таблица 3. Основные технические характеристики модулей питания NES-200–24 и NES-25–24

Наименование параметра	Значение	
	Типоразмер блока питания	
	NES-200–24	NES-25–24
Номинальная выходная мощность, Вт	211	26
Диапазон входных напряжений переменного тока частотой от 47 до 63 Гц, в пределах, В	180–264	85–264
Номинальное выходное напряжение постоянного тока, В	24	
Наибольший допустимый ток нагрузки, А	8,8	1,1
Диапазон регулирования выходного напряжения постоянного тока, в пределах, В	20,0–26,4	
Наибольший уровень пульсаций выходного напряжения постоянного тока, мВ	150	
Наибольшее отклонение выходного напряжения постоянного тока от заданного уровня, %	±1,0	
Допустимое превышение мощности нагрузки относительно номинального значения выходной мощности, в пределах, %	105–150	
КПД при номинальной выходной мощности, не менее, %	87	86
Габаритные размеры, не более, мм	215×115×50	99×82×35
Масса, не более, кг	0,93	0,30

Примечание. Возможно применение др. блоков питания с аналогичными техническими характеристиками.

этого реле его разомкнутый контакт устанавливается в замкнутое состояние. На катушку независимого расцепителя выключателя автоматического блока пускозащитной аппаратуры ИЦ 616.50.00.000 поступает напряжение постоянного тока ± 24 В, что приводит к практически мгновенному и полному обесточиванию автомата и его составных частей.

Блок управления циклом сварки ИЦ 616.40.00.000 — функционально законченное устройство, которое может применяться как совместно с блоком контроллера ИЦ 616.20.00.000 — при автоматической орбитальной сварке (GTAW), так и отдельно — при ручной сварке неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG) с доработанными сварочными инверторами или традиционными источниками питания для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов. Конструктивно блок управления циклом сварки ИЦ 616.40.00.000 выполнен в виде моноблока, который может быть прикреплен к входящему в состав автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 блоку контроллера ИЦ 616.20.00.000 или использован автономно.

Основным компонентом блока пускозащитной аппаратуры ИЦ 616.50.00.000 является выключатель автоматический с током тепловых расцепителей (18–20 А) и независимым расцепителем, номинальное напряжение питания которого составляет 24 В постоянного тока. В случаях длительного превышения током потребления по любой из фаз напряжения питающей сети значения тока установки тепловых расцепителей выключателя автоматического или в случае образования короткого замыкания в цепях источника питания сварочной дуги или др. составных частей автомата произойдет автоматическое срабатывание выключателя. Выключатель автоматический перейдет в положение «ОТКЛ» и т.о. обеспечит полное обесточивание автомата и его составных частей. Аналогично этому полное обесточивание автомата и его составных частей произойдет

и при поступлении соответствующего напряжения постоянного тока на клеммы независимого расцепителя выключателя, т.к. срабатывание этого расцепителя вызовет автоматический переход выключателя в положение «ОТКЛ» за счет наличия кинематической связи независимого расцепителя с контактным механизмом этого выключателя.

Блок пускозащитной аппаратуры ИЦ 616.50.00.000 выполнен в виде закрепляемой на стеллаже автомата моноблочной конструкции, имеющей оболочку. Для защитного заземления внутренних цепей блока ИЦ 616.50.00.000 в нем предусмотрена клемма заземления внутренняя, а для защиты оболочки блока и персонала, работающего с автоматом и осуществляющего его ремонт и техническое обслуживание — клемма заземления наружная.

Модернизированный коллектор АДЦ 625.17.00.000 содержит блок возбуждения дуги (БВД), состоящий из модуля управления ИЦ 616.09.01.000 и трансформатора импульсного высоковольтного ИЦ 616.09.06.000, датчик расхода газа, силовые гнезда и штекеры, газовые штуцеры, сигнальные розетки и вилки, а также является коммутационным устройством, предназначенным для обеспечения соединений токогазопровода горелки, входящей в состав головки сварочной с полюсом «минус» сварочного источника питания и магистралью газоснабжения автомата. Кроме того, коллектор АДЦ 625.17.00.000 обеспечивает соединения свариваемого изделия с полюсом «плюс» сварочного источника питания, электромеханических приводов и цепей управления головки сварочной с блоком контроллера ИЦ 616.20.00.000, а также пульта управления выносного ИЦ 616.30.00.000 с блоком контроллера ИЦ 616.20.00.000. Такое построение коллектора АДЦ 625.17.00.000 существенно облегчает первоначальное возбуждение дуги (за счет значительного укорочения контура высокочастотного возбуждения), повышает сте-

пень защиты сварочного источника питания от воздействия генерируемых БВД высоковольтных импульсов и обеспечивает возможность выполнения БВД с питанием напряжением холостого хода сварочного источника питания. Наличие в составе коллектора АДЦ 625.17.00.000 датчика расхода газа позволяет устранить один из недостатков серийных сварочных инверторов, в которых такой датчик отсутствует. Следует отметить, что в состав модуля управления ИЦ 616.09.01.00 БВД коллектора АДЦ 625.17.00.00 также входят разработанные в НИИ СКАЭ узел защиты автомата от отсутствия силового кабеля, соединяющего коллектор АДЦ 625.17.00.000 со свариваемым изделием, и узел формирования и фильтрации (УФНП) однополярного напряжения питания датчика расхода газа. Особенность функционирования узла защиты заключается в том, что в случае отсутствия сигнала БВД ВКЛ или соединения штатным силовым кабелем соответствующего гнезда коллектора АДЦ 625.17.00.000 со свариваемым изделием включение БВД становится невозможным. Тем самым повышается эксплуатационная надежность автоматов АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 и исключается опасность их повреждений при ошибочных или недостаточных соединениях их сварочных контуров.

УФНП обеспечивает формирование стабилизированного напряжения питания (+10 В) датчика расхода газа из поступающего в коллектор АДЦ 625.07.00.000 напряжения +15 В, которое в УФНП подвергается фильтрации от высокочастотных пульсаций, помех и наводок и ограничению на уровне +10 В.

Структурно-функциональные схемы модернизированных автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 приведены на рис. 8 и 9.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. По своим технологическим возможностям, эксплуатационным, функциональным, энергетическим характеристикам и показателям отечественные автоматы для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, АДЦ 625 УЗ.1, АДЦ 626 УЗ.1 не уступают аналогичным автоматам зарубежного производства (а по некоторым и превосходят последние) и могут обеспечить существенное повышение производительности сварочных работ и качества сварных соединений при монтаже и ремонте (преимущественно методами автоопрессовки и последовательного проплавления) неповоротных стыков трубопроводов и др. цилиндрических металлоконструкций диаметром от 7 до 76 мм с толщиной стенки до 3,0 мм из сталей аустенитного класса и — до 2,5 мм из сталей перлитного и мартенситного классов, цветных металлов и сплавов (кроме алюминия и его сплавов), что позволяет практически полностью отказаться от импорта подобного сварочного оборудования.

2. Создание и освоение промышленного изготовления и совершенствование путем модерниза-

ции отечественных автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 позволяет оснастить монтажные организации, ремонтные подразделения АЭС, предприятия атомной и др. отраслей экономики современным отечественным сварочным оборудованием, обеспечивающим возможность реализации как ранее отработанных, так и новых технологий GTAW неповоротных стыков тонкостенных трубопроводов, что подтверждено опытно-промышленным опробованием этих автоматов и результатами их промышленной эксплуатации.

3. Достижение высокого уровня унификации составных частей модернизированных автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 предоставляет возможности эффективной и гибкой эксплуатации этих автоматов, сужения номенклатуры и уменьшения количества оборудования, необходимого для выполнения сварочных работ при монтаже и ремонте объектов энергетики и др. крупных объектов различных отраслей экономики Украины и зарубежья, снижения эксплуатационных расходов на это оборудование, организации (впервые в мировой практике) многостовых систем автоматической орбитальной сварки, ускорения подготовки оперативного и обслуживающего персонала.

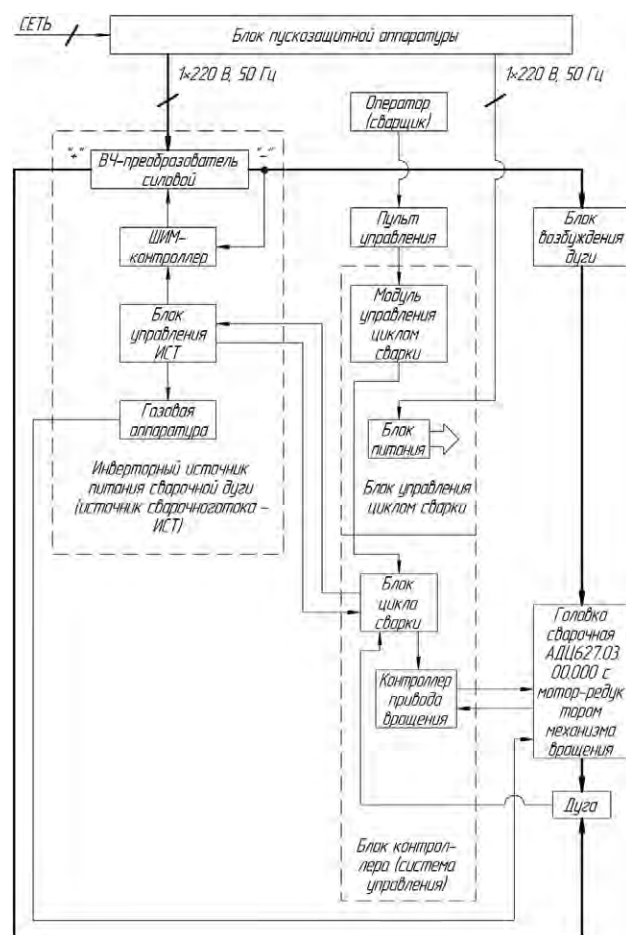


Рис. 8. Структурно-функциональная схема автомата АДЦ 627 УЗ.1 для GTAW

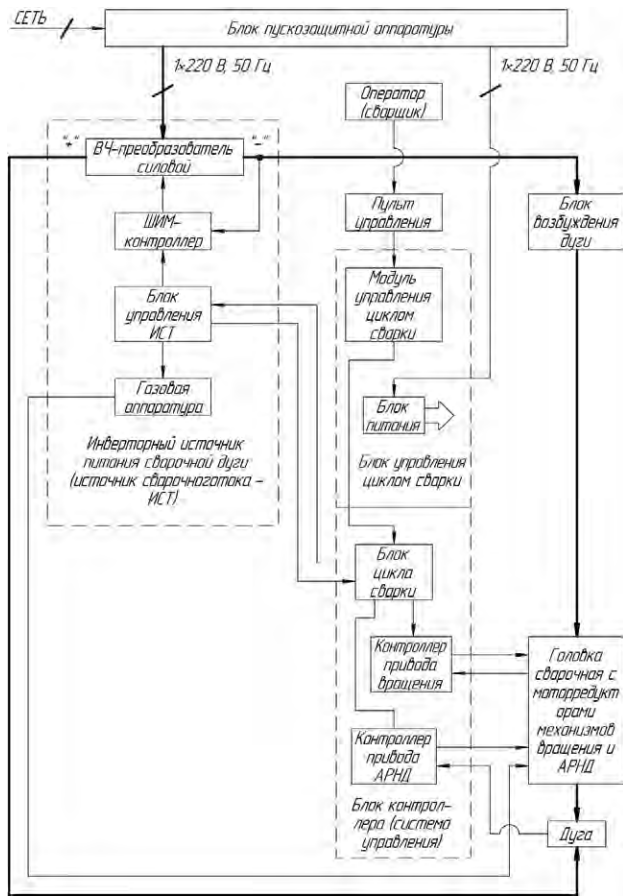


Рис. 9. Структурно-функциональные схемы автоматов АДЦ 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 для GTAW

4. Направлениями дальнейшего развития технического уровня автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 являются расширение их функциональных и технологических возможностей путем совершенствования систем управления за счет создания банка типовых режимов сварки, применения микропроцессоров и энергонезависимой памяти.

В заключение авторы считают необходимым отметить, что в разработке отечественных автоматов для GTAW активное и непосредственное участие приняли: инженер В.Л. Кобрянский, в отработке технологических процессов GTAW неповоротных стыков тонкостенных трубопроводов – инженеры В.М. Гавва, А.Д. Чередник, А.В. Ткаченко, А.В. Бурба, А.А. Муха, в освоении промышленного производства автоматов для GTAW АДЦ 627 УЗ.1, 625 УЗ.1, 626 УЗ.1 – инженеры А.А. Свириденко, Н.М. Пасечный, В.Н. Андрейченко, В.Е. Иванов, В.П. Тищенко, Г.И. Писарев и др., во внедрении в отрасли атомной энергетики – к.т.н. В.А. Дюков, инженеры В.М. Пышный, С.И. Лавров, В.Б. Гонтарев, В.Б. Кудряшев, А.В. Ковалюк.

Литература

1. Гриненко В.И., Роцин В.В., Хаванов В.А., Полосков С.И. К вопросу об автоматизации сварки монтажных стыков трубопроводов атомных электростанций // Технолог. маш.-ения. – 2008. – № 8. – С. 48–51.

2. ПН АЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок / Госатомнадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 168 с.

3. ПН АЭ Г-7-009-90, ПН АЭ Г-7-010-90. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения. / Госатомнадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 320 с.

4. Камерон И. Ядерные реакторы / Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.

5. Белкин С.А., Шефель В.В. Автоматическая аргодуговая сварка при монтаже трубопроводов АЭС // Энергетическое стр.-во. – 1985. – № 11. – С. 43–46.

6. Галышев В.К. Применение автоматической сварки при монтаже трубопроводов Запорожской АЭС // Там же. – 1988. – № 3. – С. 9–10.

7. Шефель В.В. Состояние и перспективы разработки нового малогабаритного трубосварочного оборудования // Там же. – 1988. – № 12. – С. 3–4.

8. Букаров В.А. Технология дуговой автоматической сварки в защитных газах // Сварка в атомной промышленности и энергетике. Труды НИКИМТ. – М.: Издат АТ, 2002. – Т. 1. – С. 149–201.

9. <http://www.polysoude.com>

10. <http://www.esab.com>

11. Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Богдановский В.А., Омельченко И.А., Свириденко А.А. Однo- и многопостовые системы для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций // Автомат. сварка. – 2011. – № 11. – С. 34–44.

12. Павленко Г.В., Сорока В.Л., Верна В.В. Тенденции совершенствования источников питания для сварки // Сварщик. – 2001. – № 6. – С. 33.

13. Оборудование для дуговой сварки: Справ. пособ. / Под ред. В.В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.

14. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке. Учеб. пособ. – М.: Академия, 2006. – 432 с.

15. Полосков С.И., Букаров В.А., Ищенко Ю.С. Влияние отклонений параметров режима аргодуговой сварки неповоротных стыков труб на качество сварных соединений // Сварка и смежные технологии. Всерос. науч.-техн. конф.: Сб. докл. – М.: МЭИ (ТУ), 2000. – С. 22–25.

16. Богдановский В.А., Гавва В.М., Махлин Н.М. и др. Применение автоматической орбитальной сварки при изготовлении поглощающих вставок контейнеров хранения отработанного ядерного топлива // Автомат. сварка. – 2011. – № 12. – С. 41–45.

17. Махлин Н.М., Попов В.Е., Федоренко Н.С. и др. Применение автоматической орбитальной сварки при изготовлении чехлов каналов нейтронных измерительных ядерных реакторов // Там же. – 2013. – № 6. – С. 29–34.



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150, Киев, а/я 337 или e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 205 26 07, м. (050) 331 56 65. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите о контактной сварке алюминия и его сплавов.

А.А. Цветков, Харьков

Из существующих способов контактной сварки для алюминия и его сплавов наиболее широко применяется точечная и шовная сварка.

Для получения качественных соединений особое внимание следует обратить на подготовку поверхности деталей. Листовые элементы перед точечной и роликовой сваркой зачищают с двух сторон на ширине 30–50 мм в местах расположения сварных точек или швов. Лучшие результаты дает химическая очистка — травление деталей в специальных ваннах после предварительного обезжиривания. Рекомендуется травление выполнять при 17–25 °С в водном растворе концентрированной ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) с добавкой 0,1–0,3 мас.% хромпика ($K_2Cr_2O_7$). Продолжительность травления 10–15 мин, далее просушка горячим воздухом ($T = 70–80\text{ °C}$). После травления допускается хранение деталей перед сваркой до трех суток при использовании машин переменного тока и до 24 ч при сварке запасенной энергией.

Точечная сварка алюминия и его сплавов связана с некоторыми трудностями. Поскольку алюминий обладает высокой электропроводностью, сварка сопровождается перегревом металла у контакта между электродом и деталью и как следствие их свариванием. Для того чтобы исключить это отрицательное явление, в ряде случаев применяют теплоизолирующие прокладки 1 из стали 12Х18Н9 толщиной 0,2–0,5 мм между электродом 2 и деталью из алюминия 3 (рис. 1). Такие прокладки не привариваются к деталям. При сварке алюминиевых сплавов необходимо обеспечивать небольшое и по возможности постоянное электросопротивление пленки окислов на поверхности изделия: при сварке на машинах переменного тока — 100÷300 мкОм, при использовании запасенной энергии — менее 100 мкОм.

Для алюминия и его сплавов точечная сварка применяется при толщине металла от 0,04

до 5–6 мм. Наиболее характерные типы соединений, выполняемые точечной сваркой показаны на рис. 2. Элементы, собранные под сварку, должны плотно прилегать друг к другу; допускаются зазоры не более 0,3 мм на длине 100 мм.

Точечная сварка алюминия и его сплавов требует применения сварочных токов весьма большой плотности — до 1 000 А/мм² и выше, что значительно превосходит плотность тока при сварке малоуглеродистой стали. Применяемые токи в 3–4 раза больше, чем при сварке стали (табл. 1). Рекомендуемое удельное давление — от 6 до 10 кгс/мм² (59–98 МПа). Диаметр ядра точки при сварке алюминия толщиной 2–3 мм составляет 8–11 мм. В результате нагрева при точечной сварке алюминиевые сплавы разупрочняются, причем размеры зон разупрочнения зависят от времени сварки, поэтому сплавы такого типа сваривают при сравнительно коротких импульсах тока продолжительностью 0,08–0,3 с (жесткие режимы). В зависимости от толщины металла применяют следующие радиусы сферы электродов:

Толщина металла, мм	1	2	>3
Радиус сферы электрода, мм	75	100	150

При сварке легких сплавов обеспечивается минимальное выделение тепла в контакте электрод — деталь и интенсивное охлаждение электрода.

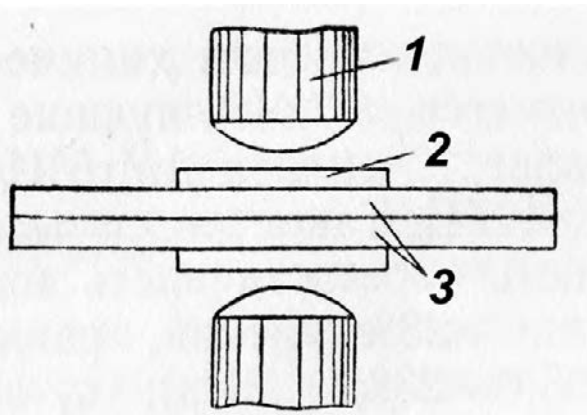


Рис. 1. Схема точечной сварки алюминия с использованием прокладок из нержавеющей стали 12Х18Н9: 1 — электрод; 2 — прокладка; 3 — свариваемые детали

Таблица 1. Ориентировочные режимы точечной сварки алюминиевых сплавов

Марка	b , мм	Усилие на электрод, кгс (кН)	$I_{св}$, кА	τ , с
Технический алюминий	0,5+0,5	250 (2,45)	15	0,08
	1,5+1,5	290 (2,84)	22	0,10
	2,5+2,5	350 (3,43)	28	0,16
	4,8+4,8	420 (4,12)	42	0,30
АМг-АМ	0,5+0,5	130 (1,28)	22	0,04
	1,0+1,0	250 (2,45)	30	0,06
	1,5+1,5	350 (3,43)	34	0,08
	2,0+2,0	500 (4,91)	38	0,10
АМг6Т	1,5+1,5	800 (7,85)	46,0	0,21
	2,0+2,0	690 (6,77)	33,4	0,23
	3,0+3,0	700 (6,87)	41,5	0,22
АМц-АМ	1,0+1,0	500 (4,91)	43,0	0,13
	2,0+2,0	625 (6,13)	42,5	0,23
	3,0+3,0	910 (8,93)	53,0	0,18
Д16-АТ	0,5+0,5	220 (2,16)	23	0,08
	0,8+0,8	350 (3,4)	27	0,10
	1,0+1,0	450 (4,41)	28	0,12
	1,5+1,5	650 (6,38)	34	0,16

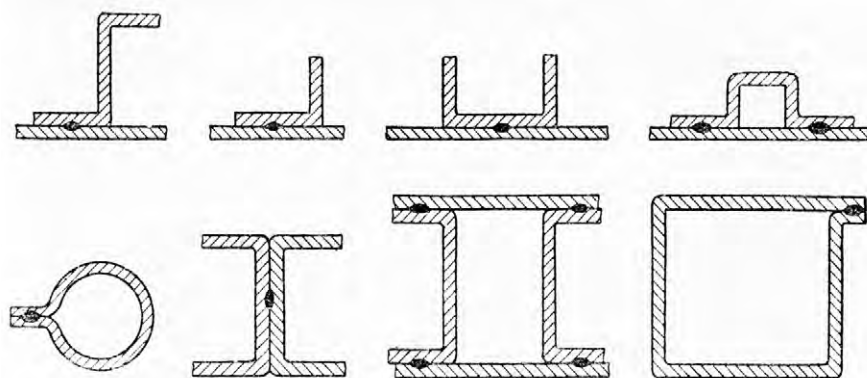
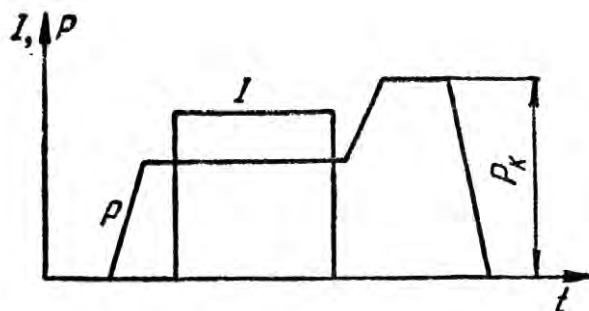


Рис. 2. Типы соединений при точечной сварке алюминия и его сплавов

В связи с этим электропроводность сплава для изготовления электродов должна быть не ниже 85–90% проводимости меди.

При точечной сварке высокопрочных алюминиевых сплавов, начиная с толщин 1,5–2 мм, лучшее уплотнение ядра и соответственно устранение склонности сварной точки к порам и трещинам достигаются при использовании графика переменного усилия с «ковочным» давлением P_k (рис. 3). Обычно

Рис. 3. Циклограмма одноимпульсной точечной сварки алюминиевых сплавов с «ковочным» давлением (P_k)

принимают $P_k = 1,5-3 P_{св}$, где $P_{св}$ — усилие, приложенное к электродам во время сварочного нагрева. Так, для сплава Д16-АТ при толщине листа 1,5 мм $P_{св} = 650$ кгс, а $P_k = 1\,000-1\,200$ кгс (9 810–11 800 Н). Для того чтобы избежать перегрева металла в контакте электрод–деталь, уменьшить износ электродов и улучшить качество поверхности деталей из алюминиевых сплавов, в ряде случаев (например для

ответственных деталей) применяют модулирование импульса сварочного тока с постепенными его нарастанием и спадом (рис. 4).

Для точечной сварки металла малых толщин (0,02–0,5 мм) используют конденсаторную сварку на машинах типа ТКМ-4 мощностью 100 Вт и др.

При сварке алюминиевых сплавов точки, обладающей высокой прочностью при работе на срез, значительно хуже сопротивляются разрыву (табл. 2).

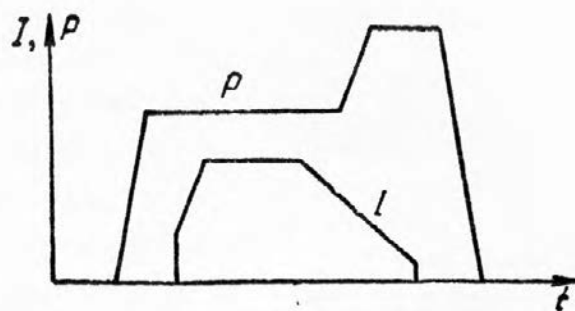


Рис. 4. Циклограмма точечной сварки с постепенными нарастанием и спадом тока

Таблица 2. Среднее разрушающее усилие сварных точек на алюминиевых сплавах

Марка	b, мм	Диаметр ядра, мм	Разрушающее усилие	
			на срез, кгс (Н)	на отрыв, кгс (Н)
АМц-АМ	2,0+2,0 3,0+3,0	8,5 11,0	534 (5238,5) 730 (7161,3)	393 (3855,3) 616 (6043,0)
АМг5В	2,0+2,0 2,5+2,5	8,0 9,0	550 (5395,5) 620 (6082,2)	250 (2452,5) 280 (2746,8)
АМг6Т	2,0+2,0 3,0+3,0	9,0 10,5	853 (8367,9) 948 (9299,9)	406 (3982,9) 381 (3737,6)
Д16-АМ	2,0+3,0 2,5+2,5	8,5 10,0	670 (6572,7) 805 (7897,1)	287 (2815,5) 345 (3384,5)
Д16-АТ	2,0+2,0 3,0+3,0	9,0 10,5	659 (6464,8) 1082 (10614,4)	239 (2344,6) 402 (3943,6)

Таблица 3. Ориентировочные режимы прерывистой шовной сварки алюминиевых сплавов

Толщина листа, мм	Ширина ролика, мм	I _{св} , кА	t _с		Усилие сжатия, кгс (Н)	v _{св} , м/мин (1·10 ⁻³ м/с)	Прерывистый шаг точки, мм
			действия тока	паузы			
0,6+0,6	2,8	26	0,04	0,08	270 (2648,7)	0,7 (11,7)	1,4
1,0+1,0	3,6	32	0,06	0,1	340 (3335,4)	0,75 (12,5)	2,0
1,5+1,5	4,8	38	0,06	0,18	430 (4218,8)	0,65 (10,8)	2,5
2,0+2,0	6,6	41	0,08	0,24	490 (4806,9)	0,5 (8,8)	2,5

Шовная сварка успешно используется при изготовлении изделий из алюминиевых сплавов толщиной до 4 мм, требующих герметичности. Для легких сплавов на основе алюминия и магния такая сварка осуществляется двумя способами: прерывистым и шаговым. При первом способе свариваемые детали перемещаются относительно электродов машины непрерывно, а сварочный ток включается импульсами длительностью $t_{им}$, чередующимися с паузами $t_{п}$. Прерывистое включение тока позволяет исключить перегрев поверхности свариваемых деталей и резко снижает износ электродов. Для алюминиевых сплавов $t_{им} / t_{п} = 0,3-0,45$. При втором способе, весьма эффективном для алюминиевых сплавов, включение сварочного тока и перемещение деталей чередуется: сварка осуществляется при неподвижных деталях, а их перемещение — при выключенном токе и постоянном давлении.

Основные типы соединений при шовной сварке алюминия такие же, как для стали и др. металлов (рис. 5); размер C принимается в зависимости от толщины сплава:

b, мм	1	1,5	2
C, мм	14	17	20

Ширина рабочей части роликов равна 2–12 мм и увеличивается с ростом толщины свариваемого металла. Диаметр электрода составляет 150–200 мм. При толщине металла 0,5 мм применяют электроды меньшего диаметра — 40÷50 мм. Для сварки легких сплавов используют ролики со сферической рабочей поверхностью. При шовной

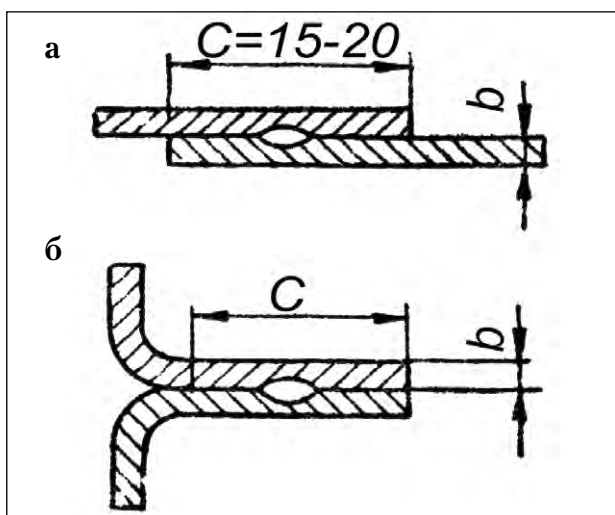


Рис. 5. Основные типовые соединения при шовной сварке алюминия и его сплавов: а – внахлестку, б – бортовое

сварке алюминия и его сплавов необходимо обеспечить протекание значительного тока в сварочной цепи (табл. 3). Поэтому применяют роликовые машины большой мощности (250–350 кВ·А).

Усилия сжатия электродов близки к усилиям для низкоуглеродистой стали той же толщины. Скорость сварки ниже, чем для стали, и лежит в пределах 0,5–1,0 м/мин (0,008–0,017 м/с). Она уменьшается с увеличением толщины свариваемых деталей.

Существенное влияние на качество шва при шовной сварке, как и при точечной, оказывает состояние поверхности сплава.

Новые источники питания Fronius для ручной TIG сварки

Компания Fronius предлагает своим заказчикам широкий ассортимент продукции, которая соответствует задачам и удовлетворяет требованиям клиентов. Сварочные системы Fronius подходят для широкого спектра сварочных процессов и применения в различных отраслях. Например, их можно использовать на крупных промышленных предприятиях, в среднем и малом бизнесе, в мастерских предприятий. Для достижения оптимальных результатов в процессе ручной сварки только надежной работы недостаточно, сварочные системы должны быть мощными и простыми в использовании. Большое значение придается длительному сроку службы и высокому качеству работы.

Недавно компания Fronius представила новую модель сварочной системы TransSteel 2200 — первый однофазный инверторный источник питания для сварки MIG / MAG, который поддерживает несколько процессов и обеспечивает эффективную сварку стали. TransSteel 2200 — компактный источник питания «три в одном», одновременно поддерживает три сварочных процесса: сварку стержневым плавящимся электродом, сварку металлической проволокой в газовой среде (MIG / MAG) и сварку вольфрамовым электродом в среде инертного газа (TIG).

Этот универсальный источник обеспечивает наилучшее качество при сварке MIG / MAG, TIG, сварке стержневым электродом. Большое преимущество TransSteel 2200 — в различных сварочных характеристиках, в частности для сварки алюминия и медно-кремниевых сплавов. TransSteel 2200 оснащен вторым газовым магнитным клапаном, позволяющим легко переключаться с процесса MIG / MAG на процесс TIG. Пользователям понравится и простота использования модели: меню управления удобно и понятно. Идеальные сварные швы можно выполнять тремя простыми действиями. В этом источнике питания есть функция, позволяющая для выб-

ранного параметра плавкого предохранителя сети максимально долго выполнять сварочные операции, что достигается плавным автоматическим регулированием сварочного тока. При этом обеспечивается неизменно высокое качество сварки. Функция автоматической компенсации коэффициента мощности (PFC) сглаживает пики потребления электроэнергии, позволяет более эффективно использовать имеющуюся мощность, а также использовать более длинные сетевые кабели, обеспечивая увеличенный радиус действия устройства.

Компания Fronius предлагает также новую серию источников питания TIG — MagicWave 230i, MagicWave 190 и TransTig 230i. Благодаря быстрым сигнальным процессорам указанные модели неизменно поддерживают точную форму кривой тока, обеспечивая максимальную стабильность дуги при минимальном уровне шума. Корпуса этих устройств отличаются прочностью и надежностью. Для сварки стали нужен особо прочный и надежный аппарат, способный безупречно работать и в сложных условиях, характерных для таких отраслей, как машиностроение, изготовление стальных конструкций, строительство трубопроводов, кранов и железнодорожного состава.

Для улучшения метода сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа (TIG), компания Fronius постоянно совершенствует свое оборудование и технологии. При сварке TIG дуга горит между вольфрамовым электродом и металлической деталью в бескислородной среде химически нейтрального газа. Сварщик подает присадочный материал в дугу в виде стержня или проволоки, которые расплавляются и обеспечивают необходимое заполнение сварного шва. Благодаря защитному инертному газу в жидкой сварочной ванне не возникают химические реакции. Это дает возможность получать очень чистые сварные швы с отличными механическими и технологическими свойствами.



Рис 1. TransSteel 2200 - первый однофазный инверторный источник питания Fronius для сварки MIG / MAG. Отлично подходит для сварки стали в мастерских, во время выполнения строительных, ремонтных работ и технического обслуживания.



Рис 2. Источник питания MagicWave 230i может обмениваться данными с другими устройствами через интерфейсы Bluetooth, Wi-Fi и NFC.



Рис 3. Источник питания MagicWave 190 идеально подходит для сварки черной и нержавеющей стали, алюминия.

Поэтому сварка TIG является лучшим выбором там, где предъявляются особые требования к сварным швам, а также в тех отраслях, где требуются герметичные сварные швы, например в пищевой промышленности или строительстве резервуаров. Сварочный процесс TIG характеризуется концентрированной и стабильной дугой, гладким и равномерным сварным швом без шлаков, отсутствием брызг в процессе сварки практически во всех положениях, что обеспечивает максимально высокое качество шва. Создав новую серию источников питания TIG: MagicWave 230i, MagicWave 190 и TransTig 230i, компания Fronius предлагает заказчикам необходимые оборудование и технологии для решения почти любых сварочных задач. При разработке серии основное внимание уделялось цифровым и сетевым функциям, расширению спектра возможных применений, простоте эксплуатации, высоким скоростям наплавки и сварки.

Все большее значение в производственных цехах, связанных компьютерными сетями, приобретают коммуникационные возможности. Поэтому компания Fronius разработала новый источник питания TIG MagicWave 230i. Эта модель, а также TransTig 230i DC являются первыми источниками питания Fronius, которые могут обмениваться данными с другими устройствами через интерфейсы Bluetooth, Wi-Fi, NFC. Порты USB позволяют установить обновление программного обеспечения и записывать данные сварочных процессов. Интеллектуальный высокочастотный (HF) поджиг обеспечивает идеальные характеристики, а благодаря инновационной технологии PFC эти устройства являются чрезвычайно энергоэффективными. Усовершенствованный компактный охлаждающий модуль обеспечивает продолжительный срок службы.

Модель MagicWave 230i доступна в версии с поддержкой нескольких напряжений. Водозащищенный силовой разъем Fronius Power Plug дает возможность быстро и легко заменить сетевой кабель или вилку. Благодаря чему MagicWave 230i можно использовать в любой стране мира и в местах с различными напряжениями сети. MagicWave 230i может питаться от генератора и оборудован защитой от перегрузки до 400 В, поэтому данное портативное устройство можно подключать к сетям с нестабильным напряжением. Прочный корпус обес-

печивает продолжительный срок службы и защищает от повреждений. Инженеры Fronius не обошли своим вниманием и удобство эксплуатации MagicWave 230i. Благодаря многоязычному интерфейсу пользоваться источником питания очень просто. С помощью кнопок быстрого доступа сварщик может легко загрузить и задать параметры сварки. Еще одним преимуществом является обновленная сварочная горелка. Эргономичная ручка в сочетании с системой замены головок горелки, доступных в стандартной комплектации, повышает комфорт и удобство эксплуатации, точность сварки. Горелка присоединяется к гибкому шланговому пакету с помощью шарнирного соединения, что предотвращает перекручивание. Встроенный мощный светодиодный фонарик эффективно освещает зону шва, позволяя сварщику сосредоточиться на своем основном задании — создании идеального сварного шва.

MagicWave 190 и TransTig 230i — компактные универсальные источники с большим потенциалом. MagicWave 190 подходит для сварки и таких металлов, как нержавеющая сталь и алюминий. Этот источник питания вырабатывает ток 190 А и имеет очень высокий коэффициент эффективности. Одно из ключевых преимуществ для заказчиков — возможность при необходимости модернизировать модели 190 и 230i с помощью различных функциональных пакетов, обеспечивающих такие возможности, как сохранение параметров сварки, PulsPro — для поддержки всех функций импульсной сварки, дополнительную регистрацию данных и мониторинг предельных значений параметров. Последнее свойство предоставляет сварщику возможность устанавливать пределы параметров и контролировать их соблюдение.

Неотъемлемым элементом новой серии является также сварочный источник TransTig 230i с питанием от постоянного напряжения; выходной ток составляет 230 А. Его можно дополнительно оборудовать системой жидкостного охлаждения. Данная модель подходит для сварки любых металлов, кроме алюминия. Как и MagicWave 230i, TransTig 230i оснащен всеми коммуникационными возможностями. TransTig 230i может обмениваться данными с другими устройствами через интерфейсы Bluetooth, Wi-Fi, NFC.

Все сварочные системы доступны в версиях с поддержкой нескольких напряжений, что позволяет использовать их в различных странах и в местах с различными напряжениями сети.

● #1724

Публикуется на правах рекламы

ООО «Фрониус Украина»
07455, Киевская обл., Броварской р-н,
с. Княжичи, ул. Славы, 24
тел.: +38 0 44 277 21 41, ф.: 277 21 44
sales.ukraine@fronius.com



www.fronius.ua

ГП «ОЗСМ ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины» – 40-лет!

Государственное предприятие «Опытный завод сварочных материалов Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины» является одним из крупнейших производителей сварочных материалов в Украине и странах ближнего зарубежья. Завод входит в состав научно-технического комплекса «Институт электросварки им. Е. О. Патона» — признанного во всем мире научного центра в области сварки.

Предприятие специализируется на изготовлении электродов для ручной дуговой сварки, наплавки и резки, сварочной и наплавочной порошковых проволок, а также плавящихся и керамических флюсов для автоматической дуговой сварки и наплавки. Имеет успешный многолетний опыт работы в Украине и странах ближнего зарубежья с крупнейшими предприятиями судостроения и судоремонта, энергетического, нефтегазового и металлургического комплексов, машиностроения, строительно-монтажными организациями.

Производство сварочных материалов на ГП «ОЗСМ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ» имеет богатые традиции. Заводом был пройден трудный путь становления и развития.

После окончания второй мировой войны правительство СССР принимает все меры по восстановлению разрушенного войной народного хозяйства. С началом газификации г. Киева в 1946 г. городской Совет народных депутатов принимает решение о создании Центральных заготовительных мастерских для централизованной подготовки газовых сетей и изоляции труб, которые и явились основой нынешнего Опытного завода сварочных материалов.

В 1947 г. проводятся работы по строительству сварочного цеха и цеха изоляции труб. На базе мастерских трестом «Киевгазстрой» создается Центрально-заготовительный завод для сварки и изоляции труб газовых сетей для газопровода «Дашава-Киев». Эта производственная программа предусматривала изготовление покрытых электродов для ручной дуговой сварки. В последующие годы производство электродов стало основным направлением деятельности предприятия.

В 1950 г. завод осваивает новые виды продукции — бойлеры для жилых домов и зданий, оборудование газовых котлов и др. Для этой продукции требовалось большое количество металлических электродов, поэтому в 1951–1953 гг. строится цех для производства сварочных электродов. В 1954 г. в электродном цехе было изготовлено 411 т сварочных электродов марок УОНИ 13/45 и УОНИ 13/55.

Тогда же завод осваивает такие виды изделий как котлы отопительные, фильтры катионитовые и солеерастворители.

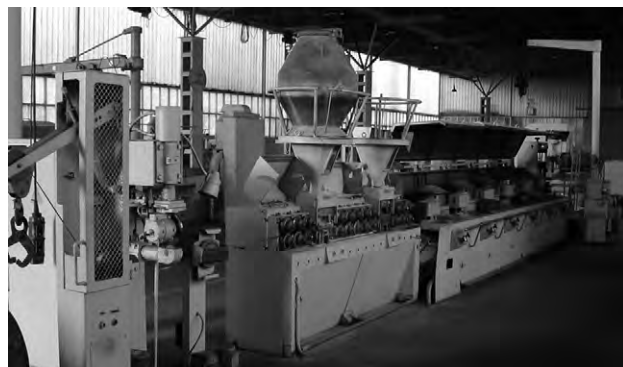
В 1955 г. Центрально-заготовительный завод был реорганизован в Киевский сварочно-электродный завод. С этого времени наращивались мощности по выпуску сварочных электродов и к 1958 г. выпуск электродов достиг 634 т в год. В 1958 г. завод проводит реконструкцию и специализируется только на выпуске сварочных электродов, фильтров и солеерастворителей.

В 1958–1964 гг. завод реконструируется по проекту «Гипрометиз» (Ленинград) — создаются новые технологические участки изготовления покрытых электродов. Так, в 1958–1959 гг. строится цех мощностью 3 тыс. т электродов фтористокальциевого типа. Этот цех был оснащен прессами типа ОСЗ-3 и камерными печами.

В 1962–1964 гг. строится цех по производству электродов с покрытием рудно-кислого типа мощностью 12 тыс. т. В нем устанавливаются конвейерные линии, укомплектованные прессами АОЭ-3 и сушильно-прокалочными печами ОКБ-463.

Следующим этапом развития завода становится объединение в 1970 г. Сварочно-электродного завода с Метизным заводом им. Письменного и создание Киевского сеточно-электродного завода им. Письменного. Новый завод изготавливал ежегодно до 20 000 т (28 марок) электродов для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей, чугуна, резки металлов; до 30 000 т сплошной сварочной и телеграфной проволоки; до 1 млн. м² сеток сварных и плетенных.

По инициативе Президента Академии наук Украины академика Б.Е. Патона на базе ведущих институтов начали создаваться Межотраслевые научно-технические комплексы (МНТК). Одним из первых был создан МНТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона». 4 ноября 1977 г.



Совет Министров УССР принимает постановление № 553 «О расширении экспериментально-производственной базы Института электросварки им. Е. О. Патона Академии наук УССР» — о передаче электродного производства завода в ведение ИЭС с целью дальнейшего развития научно-исследовательских и экспериментальных работ по созданию новых сварочных материалов и технологий их промышленного производства.

Начинался новый этап в жизни завода, который с 1 января 1978 г. получил название Опытного завода сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона. С этого времени завод специализируется только на выпуске сварочных материалов. Особенность нового этапа развития завода заключалась в том, что новые производства должны были размещаться на имеющихся производственных площадях. Между заводом и ИЭС существовали давние хорошие деловые отношения, помогающие как разработчикам сварочных материалов, так и производственникам в нелегком деле изготовления и внедрения сварочных материалов.

Статус Опытного завода предполагал освоение новых технологий и производство новых видов прогрессивных сварочных материалов, которые разрабатывались в ИЭС — плавящихся и керамических флюсов, порошковых проволок для механизированной сварки и наплавки, припоев, специальных подкладок и сварочных электродов.

В 1978–1979 гг. осуществлена реконструкция опрессовочного отделения фтористо-кальциевых электродов, позволившая создать новые мощности по изготовлению плавящихся флюсов и отливок колец для наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания. Новое оборудование и разработанная технология позволяли выпускать керамические и плавящиеся флюсы высокой чистоты различных видов грануляции — мокрой, сухой, воздушной (распыление струей воздуха). Участок был также оборудован экспериментальной газоочистной установкой, эффективность которой по пылеулавливанию и адсорбции фтористых соединений составляла 92–95%. Мощности участка по выпуску плавящихся флюсов были доведены до 150 т в год. На участке отрабатывается технология производства новых разработок отдела № 10 ИЭС.

В 1980 г. в эксплуатацию вводится участок по производству гибких приклеивающихся подкладок для формирования обратного валика сварного шва при сварке корневых швов и односторонней сварке низкоуглеродистых, низколегированных сталей и отливок колец для наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания. В этом же году завершены работы по строительству нового производственного модуля, в котором было установлено оборудование для производства порошковой проволоки и размещен механический уча-

сток. Именно на механическом участке было освоено изготовление нового технологического оборудования и осуществлена модернизация действующего, что дало возможность специалистам ИЭС им. Е. О. Патона и завода разработать технологии производства новых марок сварочных материалов и внедрить их в производство.

По разработкам ИЭС им. Е. О. Патона завод освоил производство таких марок порошковых проволок, как ПП-АН1, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АНВ2у, ПП-АН19, ПП-АН59 и др., для механизированной сварки ответственных конструкций в тяжелом и транспортном машиностроении, судостроении, химическом машиностроении, при строительстве магистральных нефтегазопроводов. К 1985 г. производство порошковых проволок увеличено до 1 000 т в год.

Начиная с 1980 г., под научным руководством академика И. К. Походни, заведующего отделом сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона, завод ежегодно осваивает выпуск прогрессивных сварочных материалов: покрытых электродов, порошковой проволоки, керамических флюсов. Производство новых сварочных материалов потребовало внедрения новых технологических процессов и оборудования. Благодаря модернизации отделения приготовления жидкого стекла, конвейерных и камерных сушильно-прокалочных печей, электрообмазочных агрегатов, оптимизации технологии приготовления обмазочной массы, освоено серийное производство электродов малого диаметра (2,5–3,0 мм) марки АНО-21; высокопроизводительных электродов АНО-19, АНО-20, АНО-10, АНО-30; универсальных электродов с покрытием основного вида АНО-27, АНО-31, АНО-12; специализированных для сварки трубопроводов АНО-ТМ, АНО-ТМ60 и АНО-ТМ70. Завод становится мощной научно-производственной базой производства новых видов сварочных материалов. Опыт, приобретенный специалистами ИЭС на Опытном заводе, позволил им в кратчайшие сроки освоить изготовление современных материалов, созданных в ИЭС, и на др. заводах. Оборудуется и вводится в эксплуатацию участок по изготовлению бессеребряных припоев для пайки меди и ее сплавов, что позволило значительно



но уменьшить расход серебра. Мощность участка в последующие годы была доведена до 12 т припоев в год.

В 1985–1986 гг. проведена реконструкция и модернизация заводской лаборатории, установлено новое, современное оборудование. Гордостью завода стала рентгеноспектральная лаборатория, оборудованная аналитическим рентгеноспектральным флуоресцентным прибором и пробоподготовительным оборудованием для него. На этом оборудовании в последующие годы были отработаны необходимые методики и выполнялся входной и текущий контроль сырьевых материалов и шихт электродов. На сегодня специализированная лаборатория завода имеет все необходимое оборудование, приборы и методики для выполнения входного контроля проволоки и сырьевых материалов, текущего операционного контроля и приемо-сдаточных испытаний готовой продукции.

В это же время строится новый отапливаемый склад для хранения сырьевых материалов. Вводится в эксплуатацию новое отделение по приготовлению обмазочной массы для изготовления электродов специального назначения.

Благодаря таким усилиям, в конце 1980-х гг. завод выпускал 32 марки электродов, 40 марок порошковой проволоки для сварки и наплавки, 25 марок плавящихся и керамических флюсов. Продукция завода поставлялась по всей территории СССР и экспортировалась во многие страны мира: Болгарию, Эфиопию, Лаос, Кубу и др.

Общий промышленный спад в 1990-х гг. в Украине и республиках бывшего СССР отразился и на спросе на сварочные материалы. В наибольшей степени это затронуло производство сварочных материалов для механизированной и автоматической сварки. Несмотря на все трудности того периода, заводу удалось сохранить производственные мощности, технологии и подготовленный персонал.

Для сбережения и упрочнения своих позиций на рынке сварочных материалов, повышения конкурентоспособности продукции, на заводе осуществляется техническое перевооружение производственных цехов и участков. Одним из достижений завода является создание и введение в эксплуатацию в 1998–1999 гг. нового производственного комплекса по переработке сырьевых материалов, подготовка которых имеет большое значение для изготовления качественной продукции. За счет собственных средств в течение года был построен цех для сушки, дробления, помола сырьевых материалов. На новом участке установили две новые электрические вращающиеся барабанные печи и камерную печь для сушки поступающих на подготовку компонентов, три щековые дробилки, десять реверсивных мельниц периодического действия собственной конструкции и изготовления,

четыре мельницы с непрерывным просевом и индивидуальными узлами загрузки (каждая мельница укомплектована виброситом). Высокоэффективные мельницы новой конструкции позволили молоть практически все сырьевые материалы и стабильно обеспечивать требуемый гранулометрический состав каждого компонента. При переработке сырьевых материалов выделяется большое количество пыли, поэтому на стадиях проектирования, изготовления и монтажа оборудования были разработаны и реализованы мероприятия по предупреждению этого неблагоприятного фактора; было изготовлено большое количество специальной герметично закрывающейся тары для хранения и транспортировки готовых сырьевых материалов.

На следующем этапе коллективу завода пришлось решать вопрос модернизации рубильного отделения, в котором модернизировали имеющиеся правильно-отрезные станки модели ПРА-4, И6220 на рез «до упора».

В это же время начала действовать механизированная линия дозирования компонентов обмазки в цехе по изготовлению электродов специального назначения, позволившая заменить тяжелый процесс ручного дозирования.

На протяжении многих лет уделялось большое внимание улучшению упаковки электродов. Опытный завод одним из первых среди отечественных производителей начал упаковывать электроды в фирменные картонные коробки. Для склеивания коробок, в которые упаковывают электроды массой 5 кг, успешно используется сконструированное и изготовленное на заводе специальное оборудование. С 2000 г. введена 100%-ная герметизация коробок с электродами в полиэтиленовую термоусадочную пленку, что позволяет предотвратить увлажнение электродов и сохранить их необходимые потребительские характеристики. Для потребителей, которые используют электроды в небольших количествах, на заводе была разработана из прочного микрогофрокартона и внедрена в производство упаковка электродов в коробки массой 1 кг. Специально для склеивания такой упаковки была спроектирована и изготовлена силами завода линия производительностью около 170 коробок в час.

В 2003 г. введено в эксплуатацию новое отделение приготовления и брикетирования обмазочной массы в цехе по изготовлению электродов общего назначения с рутитовым типом покрытия. На участке установлены новые бегунковые смесители, изготовленные собственными силами, с учетом опыта эксплуатации, предложений и замечаний технических служб и цехов. При проектировании и монтаже данного участка была реализована вертикальная схема расположения оборудования: бегунковый смеситель — шнековый пита-

тель — брикетировочный пресс. Вынос смесительно-брикетировочного оборудования в отдельное помещение позволил улучшить условия труда работников цеха и перевести некоторые категории вредных рабочих мест в нормальные.

Зачистные машины всех опрессовочных пресов были оборудованы устройствами для нанесения на каждый электрод маркировочной надписи, что позволило обеспечить выполнение требований международного стандарта ДСТУ EN ISO 544:2015.

В последующие годы на заводе внедрен и отработан контроль температуры на камерных печах ПК-ОЗСМ для сушки и прокали электродов с основным покрытием. Контроль температуры осуществляется с помощью электронного измерителя-регулятора температуры ТРМ1-РiС, реле времени ВЛ-68УХЛ4 и специального программного обеспечения, способного задавать ступенчатый режим сушки и прокали электродов. ТРМ1-РiС постоянно подключен к компьютеру где показатели текущей температуры с заданной периодичностью фиксируются и сохраняются в виде базы данных. На конвейерные печи типа ОКБ-463Б для сушки и прокали электродов с рутиловым покрытием установлены восьмиканальные измерители-регуляторы температуры ТРМ138, позволяющие фиксировать и регулировать температуру по всему объему и протяженности печей. Показатели записываются на оптические носители и сохраняются определенное время.

В 2005 г. была проведена модернизация линии по производству порошковой проволоки — изготовлено и смонтировано новое оборудование для подготовки стальной ленты, реализована двухстадийная схема волочения проволоки, изготовлен и смонтирован перемоточный станок для рядной намотки готовой проволоки, установлено необходимое оборудование для работы с большегрузными катушками. Такая модернизация позволила наладить выпуск порошковой проволоки малых диаметров (1,2–1,6 мм) и рядную намотку на каркасные барабаны емкостью до 16 кг.

Наряду с модернизацией производства завод продолжает осваивать изготовление новых марок электродов, порошковой проволоки, разработанных специалистами ИЭС им. Е. О. Патона, которые обладают высокими сварочно-технологическими свойствами. Это — электроды для сварки низкоуглеродистых сталей марок АНО-36 (с рутил-целлюлозным покрытием), АНО-37 (с рутиловым покрытием), АНО-21У, АНО-21М (с рутил-целлюлозным покрытием); для сварки углеродистых и низколегированных марок сталей АНО-12С (с основным покрытием); специального назначения для сварки высоколегированных сталей марок АНВ-66, АНВ-17У (с основным

покрытием). Новые разработки специалистов ИЭС им. Е. О. Патона — порошковая проволока для механизированной сварки в среде углекислого газа марок ПП-АН59, ПП-АН61, ПП-АН63, ПП-АН67, ПП-АН69 для сварки в судостроении и судоремонте, при строительстве мостов и резервуаров, для изготовления строительных конструкций и горного оборудования, и в др. отраслях.

На заводе всегда уделяется большое внимание обеспечению выпуска качественной продукции, которая полностью удовлетворяет требованиям потребителя. Одним из стимулирующих и основных инструментов повышения качества продукции являются стандарты ISO серии 9000, которые воплощают современный комплексный подход в решении вопросов, связанных с качеством продукции. Поэтому в 2007 г. были проведены все необходимые мероприятия и сертифицирована Система менеджмента качества на соответствие требованиям ISO 9001:2000, подтвержденная сертификатом на систему управления качеством в государственном предприятии «Научно-технический центр «СЕПРОЗ» НАНУ. Вся выпускаемая заводом продукция имеет сертификаты соответствия, подтвержденные в этом центре, а также гигиенические заключения санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Украины.

Международные стандарты ISO/IEC 17020:2001 и ISO/IEC 17025:2006 определяют требования к компетентности испытательных лабораторий. Стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025:2006, непосредственно относящийся к испытательным лабораториям предприятий, позволяет сделать рациональный выбор системы регламентирующих требований для подтверждения статуса компетентности испытательной лаборатории, качества проведения испытаний и, как следствие, надлежащего уровня качества выпускаемой заводом продукции.



На ГП «ОЗСМ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ» было принято решение подтвердить компетентность и качество проведения испытаний в специализированной лаборатории завода на уровне, соответствующем требованиям международного стандарта ISO/IEC 17025:2006, путем аккредитации в Национальном агентстве по аккредитации Украины.

Учитывая специализацию ГП «ОЗСМ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ», областью аккредитации заводской специализированной лаборатории опытов и качества продукции были избраны:

- электроды покрытые металлические для сварки и наплавки низкоуглеродистых, углеродистых, легированных и высоколегированных сталей и чугуна, проволоки порошковые для сварки и наплавки низкоуглеродистых, углеродистых, легированных и высоколегированных сталей, флюсы керамические для сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей (определение механических свойств, химического состава, твердости, стойкости против межкристаллической коррозии наплавленного металла);
- флюсы плавные сварочные (определение химического состава и насыпной массы, содержания влаги во флюсе).

Для осуществления поставленной цели была создана и утверждена программа работ по разработке и внедрению системы менеджмента согласно требованиям стандарта ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. При реализации этапа подготовки лаборатории к аккредитации, сотрудниками были разработаны все документы, которые необходимы для внедрения стандарта ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Его выполнение потребовало значительных человеческих и материальных ресурсов, связанных с обучением персонала, техническим переоснащением лаборатории, изучением новой нормативной документации и т.д.

В настоящее время, когда завод прошел все намеченные этапы, по сути проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- специализированная лаборатория завода осуществила переход на проведение испытаний в заявленной области аккредитации по международному стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2006, сохранив и улучшив алгоритмы деятельности в контексте национальных требований;
- сформирована новая система управления (менеджмента), обеспечивающая качество и достоверность результатов испытаний;
- сотрудники лаборатории постоянно совершенствуют свои знания согласно новым международным стандартам.

Весь трудный процесс развития завод проходил под руководством своего директора – Косенко Петра Алексеевича (с 15 декабря 1977 г.), опытного профессионала и прекрасного руководителя.



Директор ОЗСМ П. А. Косенко знакомит Б. Е. Патона с продукцией завода

П. А. Косенко — автор 19 изобретений, внедренных в производство и направленных на эффективное использование сырьевых материалов в производстве сварочных материалов, на усовершенствование технологических процессов и повышение качества выпускаемых сварочных материалов.

Под руководством П.А. Косенко для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции на заводе была внедрена и успешно работает Система менеджмента качества на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2009 и ГП НТЦ «УКРСЕПРОЗ» НАНУ – требованиям ДСТУ ISO 9001:2009. Получены сертификаты соответствия ГП НТЦ «УКРСЕПРОЗ» НАНУ на все сварочные материалы, выпускаемые на заводе.

Трудовая деятельность Петра Алексеевича Косенко высоко оценена правительствами СССР и Украины: дважды Лауреат премии Совета Министров СССР (1983 г., 1990 г.); награжден Почетной грамотой Президиума Верховной Рады УССР (1984 г.), орденом «Знак Почета» (1986 г.), медалью «Ветеран труда» (1989 г.), орденом «За заслуги» III и II степени (1998 г., 2009 г.). Косенко П. А. присвоено почетное звание «Заслуженный машиностроитель Украины» (2000 г.).

Многое было сделано за 40 лет, многое еще предстоит сделать. Сейчас на заводе проводятся работы по разработке и внедрению европейских стандартов, регламентирующих требования к сварочным материалам. Коллектив завода не теряет уверенности, что все успехи и достижения, опыт и профессионализм помогут и в дальнейшем оставаться флагманом в своей отрасли, успешно продолжать закреплять свои позиции на рынке сварочных материалов.

Традиционный девиз Государственного предприятия «Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ» — **«ГЛАВНЫЙ КОНТРОЛЕР НАШЕЙ ПРОДУКЦИИ — ПОТРЕБИТЕЛЬ!»**

Экономика и наука современной Украины *

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

Институт электросварки им. Е.О. Патона на всех этапах своей деятельности являлся неотъемлемой составной частью отечественной экономики и науки. Проблемы современной жизни Института следует рассматривать с учетом нынешнего состояния и проблем развития экономики и науки Украины.

Украина получила в наследство одну из самых развитых в Европе индустриальных экономик и научный потенциал мирового уровня, способный решать большинство научно-технических задач создания экономики знаний. Однако, по целому ряду причин, реальный ВВП независимой Украины по данным Всемирного банка за 25 лет сократился на 35% (в 1990 гг. сокращение достигало 60%).

Доля Украины в мировом ВВП, которая в 1990 г. составляла 0,7%, сократилась до 0,08%. В экономическом отношении страна «откатилась» на десятилетия назад. Мировая статистика, учитывающая результаты 166 стран, показывает, что общий мировой прирост ВВП в 1991–2015 гг. составил + 87,7%. Отрицательным этот показатель был только у пяти стран: Центрально-Африканской Республики (– 0,94%), Зимбабве (– 2,3%), Молдовы (– 13,3%), Грузии (– 15,4%), и замыкающей пятерку аутсайдеров Украины с ее богатыми природными ресурсами (– 35%).

Максимальный прирост (в 10 раз) был у Китая, последовательно выполняющего историческую миссию возрождения китайской нации.

Можно с уверенностью сказать, что сегодняшний кризис, который пытаются оправдать смелой политической властью в Киеве в 2014 г. и началом АТО, произошел бы и без этого. Ведь за период 1991–2013 гг., когда АТО могла предвидеться только в страшном сне, пятерка мировых неудачников была все та же.

Успешно развиваются не только передовые страны, но и наши ближайшие соседи, получившие независимость одновременно с Украиной, чьи стартовые позиции были значительно хуже. По данным Мирового банка, в 1990 г. ВВП Польши на душу населения составлял 6000 долларов США, а Украины – 6780. Спустя 25 лет этот же показатель у Польши достиг 26 100 дол. США, а Украины всего 7920.

Украина следует модели депрессивного, отстающего роста, который довольствуется минимумом

стареющих технологий, не нуждается в науке, нацелен на сырьевую ренту, порождая монополию, безработицу и бедность. После 1999 г. отечественная экономика де-факто выросла, но средние темпы этого роста так низки, что с каждым годом Украина все больше отстает от своих более динамичных партнеров и конкурентов.

Отечественная экономика работает «на износ», проедаая то, что было создано трудом предыдущих поколений, и продолжает деградировать, скатываясь на уровень экономики стран «третьего мира», т.е. фактически сырьевых колоний.

Ушли на дно целые отрасли, выпускавшие ракетно-космическую технику, самолеты, автомобили, морские и речные суда, грузовые вагоны и многое другое. Особенно пострадало машиностроение и другие наукоемкие отрасли, продукция которых имеет высокую добавленную стоимость, т.е. разность между выручкой от продажи продукции и затратами на покупку материалов, полуфабрикатов и услуг. Доля продукции машиностроения, которая в 1990 г. составляла 30,5% промышленного производства страны, постоянно снижалась и к 2015 г. упала до 6,5%. Для сравнения – в странах ЕС этот показатель колеблется в пределах 36–45%.

Украинские и европейские политики под диктовку МВФ, Мирового банка и других благодетелей подписывают соглашения о судьбе Украины, удивительно созвучные с основными положениями плана Morgентау для побежденной в 1945 г. Германии. Нас кто-то победил? Или мы сами хотим быть побежденными?

После двух мировых войн западные союзники решили демилитаризировать Германию по плану министра финансов США Г. Morgентау, превратив ее в отсталую аграрную страну. Экономический потенциал Германии намечалось снизить до 50% от уровня 1938 г. Предлагалось вывезти или уничтожить промышленное оборудование, вырубить леса, затопить угольные шахты, рудники и карьеры, т.е. превратить страну в один большой «картофельный огород». Наиболее развитые промышленные районы страны планировалось передать Англии и Франции, а общее управление страной оставить за США.

Реализация плана Morgентау началась в 1945 г. К 1947 г. в стране царили инфляция, безработица, голод. Ситуация приобретала угрожающий характер. Выяснилось, что новую сельскохозяйственную Германию можно прокормить, только сократив на половину ее население. План Morgентау был заменен в 1947 г. планом Госсекретаря США Дж. Маршалла –

* Часть 8. Продолжение серии публикаций по материалам книги: «ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства»

восстановления разрушенной экономики Германии и ее реиндустриализации. Что позволило Германии в дальнейшем войти в число наиболее развитых стран.

Деиндустриализация Украины, технологический упадок промышленности, планы опоры на сельское хозяйство в принципе не могут обеспечить стране высокие доходы, соответствующие зарплаты и пенсии, обеспечение на должном уровне обороноспособности страны, ее научно-технологической, экономической безопасности. Ни одна аграрная страна в мире не стала успешной; все они находятся в числе тех, кого называют странами «третьего мира».

Украина, имевшая современные технологии в ракетно-космической технике, самолето- и судостроении, военно-промышленном комплексе, сохранившая еще основу своего научного потенциала не может и не должна оказаться в числе отсталых стран. Сказанное выше не означает, что Украина не должна развивать свое сельское хозяйство. Природные и климатические условия, лучшие в мире черноземы принесли Украине заслуженную славу одной из главных мировых житниц. Развитое сельское хозяйство необходимо стране как для обеспечения собственной продовольственной безопасности, для трудоустройства части своего населения, так и в предверии мирового продуктового кризиса.

Известный «гуру» по выводу стран «второго» и «третьего» мира из нищеты норвежский экономист Эрих Райнерт в книге «Как богатые страны стали богатыми и почему бедные страны остаются бедными» (бестселлер экономической литературы, переизданный в 15 странах) ссылается на правило, сформулированное Филиппом фон Хорнингом в 1684 г.: «Все ресурсы, существующие в стране, которые нельзя использовать в их естественном состоянии, должно обрабатывать в пределах страны, поскольку промышленные товары обычно стоят в 2,10,100 раз дороже, чем сырье. Разумный управляющий считает пренебрежение этим правилом кощунством». Э. Райнерт добавляет, что «Украина сейчас — это страна, которая специализируется на невыгодной торговле: на экспорте сырьевых товаров и импорте высокотехнологических продуктов, будь то промышленные товары или услуги наукоемкого сектора».

Нас принуждают вывозить в Европу дефицитную древесину в виде необработанного «кругляка». Обрато она возвращается в виде гораздо более дорогой фанеры, мебели и других продуктов ее переработки. Робкие попытки Украины возразить против такого неравного товарооборота тут же встречают угрозы МВФ отменить очередные транши по кредитам. А ведь хорошо известно: добавленная стоимость на одного работника при экспорте высокотехнологичной продукции, например в компаниях «Google»

и «Apple» достигает 900 тыс.дол. в год, в «Intel» — до 500 тыс.дол., а в фармацевтических компаниях США 550–600 тыс.дол. В менее наукоемких отраслях, например в черной металлургии, химической промышленности, не говоря уже об аграрном бизнесе, эти показатели намного ниже и снижаются год от года. Если в 1960 г. для покупки одного автомобиля «Форд» нужно было продать 8 т зерна, то сейчас — около 90 т.

Все это заставляет задуматься над необходимостью обеспечить благоприятный климат для интенсивного роста. Практика показала, что первоначальная эйфория от получения государственной независимости, не подкрепленная осмысленными действиями по переводу полученного в наследство промышленного и научно-технического потенциала на постиндустриальные рельсы, сработала по «Интернационалу»: «Весь мир насилия мы разрушим до основания, а затем...». Разрушили все, что нужно и не нужно было разрушать, а что касается «мы наш, мы новый мир построим...» получается как-то не очень.

Э. Райнерт сформулировал правила, которыми необходимо руководствоваться развивающимся странам. Самый главный его рецепт состоит всего из трех шагов: индустриализация, индустриализация и еще раз индустриализация. Необходимо развивать наукоемкую промышленность, которая обеспечит стране более высокую добавленную стоимость, высокий уровень жизни населения и высокие доходы государства.

Э. Райнерт на примерах показывает, что вывести страну из нищеты и обеспечить благосостояние граждан невозможно без индустриализации и технологической модернизации, без решающей ставки на образование и науку, без мощной государственной поддержки такого курса через налоговые, кредитные, регуляторные, инфраструктурные, образовательные и др. инвестиционные стимулы, без последовательного протекционизма для национального производства и хай-тек сектора.

Об этом же в своей книге «На пути из третьего мира — в первый» говорит Ли Куан Ю, первый премьер-министр Сингапура, благодаря которому страна «третьего мира», одна из самых бедных и коррумпированных, не имевшая никаких природных ресурсов, разрываемая на части межнациональными разногласиями, превратилась в успешную и процветающую.

Ли Куан Ю добавляет еще одно обязательное условие: «Должна быть побеждена коррупция. Приступать к работе, задекларировав высокие моральные стандарты, твердые убеждения и решительные желания побороть коррупцию, несложно. Сложно жить согласно этим принципам. Возможно это лишь тогда, когда у страны есть лидеры сильные и рассудительные до такой степени, чтобы карать всех нарушителей без исключения. Если глава государства, министры и чиновники не придерживаются этого

правила — они разрушают свою страну. Примеров этому множество, и не только в Азии».

Об этом же говорят и многие украинские экономисты. Б. Данилишин, поддерживая необходимость индустриализации, сформулировал свои тезисы для успешного будущего нашей экономики:

- во времена кризисов (Великая депрессия в США 1928–1933 гг., сегодняшнее состояние экономики Украины и другие) именно жесткая экономическая политика государства должна создавать предпосылки для выхода страны из кризиса, чтобы после стабилизации экономики она могла бы развиваться, в первую очередь благодаря действиям частного капитала;
- в условиях ослабленной роли государства экономика может процветать только тогда, когда государство уже выполнило свою задачу «принуждения экономики к процветанию»;
- необходима профессиональная, без всяких политических прикрас, оценка ситуации, в которой находится экономика страны, с целью выработки и последующей реализации мер воздействия и стимулирования, способных дать позитивный результат именно в этой ситуации.

Б. Малицкий подчеркивает, что Украина сохранила еще достаточно сильный научный потенциал и интеллектуальные возможности, чтобы сделать реальные шаги по пути инновационного развития и достойно ответить на внешние и внутренние вызовы. Для этого нужны новая стратегия жизни страны и общества, новое понимание роли государства в рыночной экономике. Украина, как до этого Япония, Южная Корея, Китай и другие страны, обеспечившие успешный рост экономик, должна отказаться от покорного следования ортодоксальной модели неоллиберального рынка, использование которой будет консервировать роль Украины в качестве сырьевого придатка развитых стран и поставщика дешевой рабочей силы.

Решение этих и многих других проблем может быть успешно осуществлено, если в украинской государственной практике будет использован современный опыт в области государственной поддержки науки и инновационной деятельности.

УССР была одной из мощнейших по научно-техническому потенциалу не только среди республик СССР, но и среди многих стран Европы и мира. В УССР впервые было расщеплено атомное ядро, успешно развивались фундаментальные и прикладные исследования в области физики, математики, медицины, биологии, машино-, самолето-, судо-, ракетно-, приборостроения и космической отрасли.

Мировая научно-техническая общественность считала Киев столицей сварщиков мира. И даже сейчас, несмотря на серьезные потери, которые понесла наука Украины за последние 25 лет, ведущие европейские эксперты, представители государств ЕС

и независимых экспертных сообществ, выполнившие по просьбе украинского правительства анализ и оценку состояния научно-исследовательской и инновационной системы Украины, в своем отчете высоко оценили уровень ее научных исследований и достижений, особенно академической науки. Главным недостатком государственной политики в научной и научно-технической деятельности они признали уровень ее финансового обеспечения, на порядок уступающий нормативам Евросоюза.

Обычно новый Президент и новое правительство Украины провозглашают науку и инновации в качестве одной из важнейших стратегических составляющих государственной идеологии социально-экономического развития страны и основ обеспечения ее национальной безопасности. Заявляет об этом и нынешний Президент в своем Ежегодном послании Верховной Раде Украины «О внутреннем и внешнем состоянии Украины в 2016 г.»: «Именно наука должна стать одним из ключевых факторов решения масштабных задач, связанных с модернизацией страны, укреплением ее обороноспособности и национальной безопасности, формированием научной основы социально-экономического развития страны, быть в авангарде прогрессивных изменений и трансформаций при решении всех наших актуальных проблем: безопасности, экономических и социальных». Отметил он также необходимость повышения авторитета ученых.

Фактическую основу и принципы отношения к науке в молодом государстве заложил еще первый Президент независимой Украины, который в ответ на заданный ему вопрос с перспективах развития науки ответил: «Нам сейчас не до науки, наука может подождать». Ожидание затянулось на 25 лет и подошло к той точке, когда ждать уже нечего, а вскоре может стать и некому.

На практике государственная политика, то есть реальные действия законодательной и исполнительной власти, были прямо противоположны государственной идеологии. После 1991 г. наука никогда не принадлежала де-факто к основным государственным приоритетам.

Бюджетное финансирование науки сократилось с 2,2% ВВП в 1990 г. до 0,14% в 2016 г., хотя Закон Украины о науке предусматривает 1,7%. В ЕС этот показатель составляет 2,2% (от 2,3% у Франции до 3,2% у Швеции и Финляндии) и стремится к 3,0% в 2020 г.

В 2016 г. среднемесячная зарплата во всем видах экономической деятельности в Украине составляла 5188 грн., тогда как средняя зарплата в НАНУ равнялась 4352 грн. Нигде в мире не было и нет такого соотношения зарплаты в науке и средней в стране.

По данным ЮНЕСКО, в 2013 г. годовые расходы на одного ученого в США составляли 300 тыс. дол., в Южной Корее — 200 тыс. дол., в ЕС — более 160 тыс. дол., в Африке — 106 тыс. дол. А в Украине на одного

ученого в 2013 г. приходилось лишь 9,3 тыс. дол. (по нынешнему валютному курсу в четыре раза меньше).

За время независимости Украины:

- в четыре раза снизилась численность работников в научно-технической и инновационной сфере (в США и Западной Европе выросла в два раза, в Юго-Восточной Азии — в четыре раза);
- в 14 раз уменьшилось освоение новых видов техники;
- в пять раз упала доля инновационно-активных промышленных предприятий;
- прирост ВВП за счет введения новых технологий в Украине составляет 0,7%, тогда как в развитых странах этот показатель достигает 60–90%.

О системных недостатках и потенциальных угрозах в сфере научно-технической и инновационной деятельности говорят неоднократные обращения ученых к руководству страны, выводы парламентских слушаний «Национальная инновационная система Украины — проблемы формирования и реализации»: «Негативные явления в научно-технической и инновационной сфере приобретают необратимый характер и являются угрозой технологической и экономической безопасности Украины. Это требует принятия неотложных мер как со стороны высшего руководства страны, так и исполнительной власти на всех уровнях». Однако необходимые меры так и не были приняты.

Обострилась традиционная проблема современной Украины — отсутствие прочных связей науки с бизнесом, не столько из-за отсутствия новых научных разработок и технологий, сколько из-за отсутствия у бизнеса заинтересованности в их внедрении. Ликвидированы отраслевая наука и большинство опытно-производственных подразделений — необходимых звеньев для реализации в промышленных объемах результатов научных разработок.

Доля инновационного продукта в национальном ВВП (от 2 до 8%) на порядок ниже мирового уровня, хотя украинская наука дает экономике значительно больше, чем эта экономика может или хочет взять.

В течение последних лет уничтожаются даже отдельные успешные центры инновационности. Пример — судьба инновационных бизнес-инкубаторов и технопарков, многие из которых весьма удачно стартовали в начале 2000-х гг., но были поставлены на грань банкротства последующими изменениями законодательства и «добиты» принятием нового Налогового кодекса в 2010 г.

Еще одна опасность, подстерегающая украинскую науку — активно обсуждаемая идея о государственной поддержке только ограниченного количества инновационных проектов, которые могут иметь немедленную реализацию в экономике. Осуществление планов «сплошной коммерциализации» уничтожило бы нормальную научную среду, где фундамен-

тальные исследования подпитывают прорывные инновационные направления.

Самое ценное, что есть у Украины сегодня в научной сфере, это довольно высокий уровень фундаментальных исследований по широкому перечню научных направлений. Это оставляет надежду на разработку в будущем успешных технологий и обеспечивает тот уровень образованности общества, который еще держит Украину в верхней половине списка ООН по Индексу человеческого развития.

Западные специалисты высоко оценивают состояние и уровень достижений украинской научной, исследовательской и инновационной систем. Сопоставление выводов сделанных комиссией экспертов ЕС с неоднократными выступлениями украинских ученых (в т.ч. на парламентских слушаниях в Верховной Раде) показывает практически полную их идентичность. На уровне специалистов мы находим общий язык с западными экспертами — они понимают наши сложности, достоинства и недостатки, мы понимаем разумность их выводов, предложений и рекомендаций по выходу из сложившегося положения.

Ключевые положения европейских экспертов дают украинскому научно-техническому и инновационному сообществу важные аргументы в полемике с людьми в системе украинской власти, которые не понимают значения науки и инноваций, расценивая их только как затратную сферу, где можно проводить очередные бюджетные сокращения. Ведь научная деятельность — это не только фактор нашего развития и безопасности, но и важная составляющая национальной идентичности, определяющая наше место в мировом сообществе.

В своих мемуарах, говоря о будущем, Ли Кван Ю утверждает: «Индустриальное общество уступает место обществу, основанному на знаниях. Новая линия раздела пройдет в мире между теми, кто обладает знаниями, и теми, у кого их нет. Мы должны учиться и стать частью мира, основанного на знаниях».

В доказательство того, что эта мысль лидера нации не пустые слова, а неуклонно претворяемая в жизнь часть государственной идеологии развития страны, можно привести впечатления одного из нобелевских лауреатов от посещения Сингапура: «Два небольших прикладных института, в каждом по 200 сотрудников, годовой бюджет каждого по 25 млн. дол. США, т.е. по 125 тыс. дол. на человека в год. 90% финансирования — государственные средства, 10% поступают по договорам от промышленности». На вопрос почему государство должно платить 90% за прикладные исследования ответ был очень простой — промышленность платит за то, что ей нужно сегодня, а государство — за то, что нужно будет завтра.

Если это «завтра» этому государству нужно.

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

I. СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

I.0100. Оборудование для дуговой сварки и родственных процессов

I.0110. Генераторы, агрегаты и преобразователи сварочные

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

I.0120. Выпрямители сварочные

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

I.0121. Установки аргонодуговой сварки и напыления

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

I.0130. Трансформаторы сварочные

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

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

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

I.0150. Автоматы для дуговой сварки

Свар. трактор HS-1000 с инвер. ИП для одно- и двухдуговой сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочные трактора TC-18M, TC-77A, A-1698, TC-17	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Установка для приварки шипов (шпилек) УПШ-1202-2	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Полуавтоматы и автоматы для дуговой сварки производства ESAB	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Аппараты для дуговой сварки Kemppi OY	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Сварочные тракторы А1698, автоматы АД 231, АД 321	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0160. Аппараты для воздушно-плазменной резки металлов и сплавов, запасные части

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

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

PLASMA

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

LASER

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

ООО «Термакат Украина ГмБХ»

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



THERMACUT®
THE CUTTING COMPANY®



www.thermacut.com

OXY-FUEL

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

РЕЗАКИ

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

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

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

1.0170. Сварочные роботы и системы автоматизации сварки

Сварочные роботы Fanuc	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
Системы автоматизации сварки Kemppi OY	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО

1.0180. Аппаратура управления к сварочному оборудованию

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

1.0200. Машины контактной сварки и комплектующие

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

1.0300. Машины, оборудование, комплектующие для газопламенной сварки, резки и металлизации**1.0310. Машины для термической резки металлов**

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

1.0320. Горелки и резаки газокислородные

Резаки для ручной, газокислородной и плазменной механической резки	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Горелки ацетиленовая Г2А, пропановая ГЗУ, Г2 МАФ (након. №2-4), ЗИПы	шт.	от 126	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Комплекты газосварщика, кислор.-флюс. резки, клапана предохран., огнепреград., пост газосварщика (П)	шт.	от 360	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Резаки машинные, пропановые, ацетилен. ручн. резки, МАФ-газ (до 100 мм), жидкотопл. (бензин, керосин, ДТ) до 300 мм, ЗИПы	шт.	от 168	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона

1.0330. Генераторы ацетиленовые

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

1.0340. Редукторы, вентили, смесители, затворы, клапаны

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

1.0350. Установки для газотермического напыления

Металлизатор ЗМ-01М	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
---------------------	-----	------------	--------------------------------	--------------------

1.0360. Комплексы для электродуговой металлизации

Комплекс для электродуговой металлизации	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
--	-----	------------	--------------------------------	--------------------

1.0370. Карбид кальция

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

1.0380. Рукава и шланги

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

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
➤ Сварочные горелки для механизированной и автоматической сварки в среде CO₂ и смесях (MB EVO PRO, RF GRIP, ABIMIG® GRIP A, ABIMIG® AT, AUT / 60–750 A, газовое и жидкостное охлаждение) ➤ Сварочные горелки для ручной и автоматической сварки неплавящимся электродом (ABITIG®, ABITIG® GRIP, ABITIG® GRIP Little / 80–500 A, газовое и жидкостное охлаждение). ➤ Электродержатели для сварки штучным электродом (DE 2200–2800 / 200–800 A). ➤ Блоки принудительного охлаждения (WK 23, WK 43, ABICOOOL L1000, ABICOOOL L1250). ➤ Редукторы газовые. ПИИ ООО «Бинцель Украина ГмбХ» Тел./факс: (044) 403-12-99, 403-13-99 (044) 403-14-99, 403-15-99 г. Киев: (050) 462-72-30 г. Николаев: (050) 333-81-61 г. Харьков: (050) 417-60-68 г. Львов: (050) 382-46-68 e-mail: info@binzel.kiev.ua ABICOR BINZEL www.binzel-abicor.com ➤ Плазматроны (ABIPLAS® CUT, ABICUT / 30–200 A, воздушное и жидкостное охлаждение). ➤ Установки ВПР JÄCKLE Plasma (25–300 A). ➤ Строгачи для строжки графитовым электродом (K10–K20 / 500–1500 A). ➤ Графитовые электроды ABIARC, вольфрамовые электроды WR2, WP, E3®. ➤ Средства защиты обрабатываемой поверхности ABIBLUE. ➤ Маски сварщика. ➤ Керамические подкладки. ➤ Весь спектр расходных материалов и другие принадлежности сварочного поста.				

I.0390. Баллоны газовые

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

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

I.0400. Оборудование сварочное механическое и приспособления

I.0500. Комплектующие изделия к сварочному оборудованию

I.0510. Электрододержатели для ручной дуговой сварки

Электрододержатели ESAB и др. клеммы массы	ком.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Электрододержатели, клеммы массы (Германия, Польша, Китай)	шт.	от 19,8	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

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

ЗИП к горелкам TIG, MIG/MAG сварки, плазменной резки	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Строгачи (возд.-дуг. строжки) I-1500 A и более	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Горелки для MIG/MAG, WIG/TIG «FRONIUS»	шт.	от 400	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина ООО
Горелки для аргонодуговой, MIG/MAG, TIG сварки и комплект. к ним	шт.	от 870	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0530. Реостаты балластные

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

I.0540. Инструменты

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

I.0550. Электроинструменты

I.0560. Кабельно-проводниковая продукция

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

I.0570 Прочие комплектующие

Электротех. комп. (переключатели, вентиляторы, диоды, разъемы и т.д.)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Контакты КМ-600ДВ, КМ-400ДВ, клеммы массы	шт.	от 840	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0600. Оборудование для термической обработки

Термопепал для сушки электродов ESAB	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
--------------------------------------	-----	------------	--------------------------------	--------------------

I.0700. Средства для защиты металла и оборудования

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

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

II. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

II.0100. Электроды покрытые металлические

II.0110. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочные материалы (электроды, проволока, неплавящиеся электроды)	кг	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Сварочные электроды Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
АНО-4 (346), МР-3 (346), АНО-21 (346), УОНИ-13/55 (350А), УОНИ 13/45 (342А), повыш. кач.	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
ЦЛ-39 (3-09Х1МФ), ЦУ-5 (3-50А), ТМЛ-3У (3-09Х1МФ), ТМЛ-1У (3-09Х1М), ТМУ-21У (350А)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0120. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочные электроды Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ОЗЛ-6, ЦЛ-11, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, ЗНО-8, НИИ-48Г, НЖ-13	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
ЗА-395/9 (3-11Х15Н25М6АГ2), ЗА-400/10У (3-07Х19Н11М3Г2Ф)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0130. Для сварки цветных металлов и сплавов

II.0140. Для сварки чугуна

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

II.0150. Для наплавки

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

II.0160. Для резки

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

II.0200. Электроды неплавящиеся

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

II.0300. Проволока сварочная сплошная и прутки

II.0310. Для сварки углеродистых и легированных сталей

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

II.0320. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочная проволока Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Св-07Х25Н13 Ø 1,2, 1,6, 3,0 мм, Св-08Х14Н8С3Б (ЗП-305) Ø 2,0 мм, Св-08Х20Н9Г7Т Ø 1,6, 3,0, 4,0 мм	кг	69-75	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

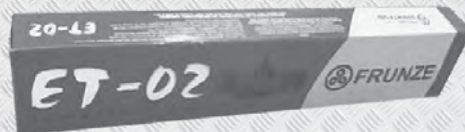
II.0330. Для сварки цветных металлов и сплавов

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

II.0340. Для сварки чугуна

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

II.0400. Проволока порошковая



Сварочные электроды ET-02
с рутил-целлюлозным покрытием

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

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

ВАШ ЛУЧШИЙ ВЫБОР!

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

ФЛЮС СВАРОЧНЫЙ АН-348А

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



ДП «Экотехнология»

тел. (044) 200-80-42

м. (050) 311-34-41

II.0410. Для сварки углеродистых и легированных сталей

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

II.0420. Для наплавки

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

II.0430. Для резки

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

II.0500. Флюсы плавные и керамические

II.0510. Для сварки углеродистых и легированных сталей

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

III. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГАЗЫ

III.0100. Инертные газы (аргон, гелий)

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

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

III.0300. Газовые смеси

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

IV. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ СВАРЩИКОВ

IV.0100. Щитки маски и очки защитные, комплектующие

Средства индив. защиты сварщика (одежда, маски, щитки, каски, очки)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Маски сварщика в ассорт., АСФ маска («Speedglass»), щитки свар. и очки защитные в ассорт., шлем пескоструйщика «Кивер», дробеструйщика	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000

IV.0200. Специальная одежда и обувь

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

IV.0300. Средства индивидуальной защиты

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

V. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

V.0100. Приборы и материалы неразрушающего контроля

Приборы и материалы неразрушающего контроля	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Термоиндикаторные карандаши на 50-1200 °С «LA-CO» (США)	шт.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП 000
Любые приборы контроля и диагностики под заказ	шт.	договорная	(044) 248-7336, 200-8056	Экотехнология ДП 000

V.0200. Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы (манометры, расходомеры и т.д.)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
--	-----	------------	--------------------------------	--------------------

VI. СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

VI.0100. Системы вытяжные

Системы вытяжки сварочных дымов (ESAB, Совплим)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
---	-----	------------	--------------------------------	--------------------

VI. УСЛУГИ

VI.0100. Услуги

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

Алфавитный указатель компаний-участников журнала «Сварщик»

Амити ООО	 т. (0512) 23 01 08, ф. 58 12 08
Белгазпромдиагностика УП	 т./ф. (+375 17) 209 87 51, 205 08 68, info@diag.by
Бинцель Украина ГмбХ ПИИ ООО	 т./ф. (044) 403 12 99, 403 13 99, 403 14 99, 403 15 99
Велдотерм-Україна ТОВ	 т./ф. (03472) 60 330, weldotherm@ukr.net
Велтек ТМ ООО	 т./ф. (044) 200 86 97, 200 84 85, 200 82 09, 200 87 27
Запорожстеклофлюс ЧАО	 т./ф. (061) 239 70 61, 239 70 71, 239 70 77, 239 70 79
Интерхим-БТВ ООО	 т. (044) 527 98 52, 527 98 53, ф. 527 98 62
Линде Газ Украина ЧАО	 т./ф. (0562) 35 12 25, 35 12 28, (056) 790 03 33, (0 800) 30 51 51
НАВКО – ТЕХ НПФ ООО	 т. (044) 456 40 20, ф. 456 83 53
ОЗСМ ИЗС им. Е.О. Патона НАНУ ГП	 т. (044) 456 63 69, 456 60 38, т./ф. (044) 456 64 95, ozsm@paton-ozsm.com.ua
ОЗСО ИЗС им. Е.О. Патона ООО	 т./ф. (044) 259 40 00 (многокан.), office@paton.ua
Промавтосварка НТЦ ЧП	 т./ф. (0629) 37 97 31, (044) 222 90 26, м. (067) 627 41 51, (066) 177 86 97
Рентстор ООО	 т. (044) 383 18 12, м. (095) 899 18 22
Саммит ООО	 т./ф. (056) 767 15 77, (0562) 36 60 33, м. (094) 910 85 77, (067) 561 32 24
Сумы-Электрод ООО	 т. (0542) 22 54 37, ф. 22 54 38, 22 13 42
Термакат Украина Гмбх ООО	 т./ф. (044) 403 16 99, м. (050) 336 33 91
Технолазер-Сварка ООО	 т. (0512) 36 91 20, ф. 50 10 01, 57 21 27
Технопарк ИЗС им. Е.О. Патона ООО	 т. (044) 287 27 16, 200 80 42
Фрониус Украина ООО	 т. (044) 277 21 41, 277 21 40, ф. 277 21 44
Экотехнология ДП ООО	 т./ф. (0-44) 200 80 56 (многокан.), 287 26 17, 287 27 16, 200 80 42, 248 73 36

Подписка-2018 на журнал «Сварщик»

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

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

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (грн.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. — 368 с. 120	
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с. 60	
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. 70	
О. С. Осика та ін. Англо-український та українсько- англійський словник зварювальної термінології. 2005. — 256 с. 70	
В. М. Корж. Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. — 196 с. 70	
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с. 70	
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с. 100	
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в совре- менных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. 60	
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. .. 70	
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с. 70	
Г. И. Лашенко. Способы дуговой сварки стали плавающим электродом. 2006. — 384 с. 70	
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с. 70	
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с. 70	
А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавающим электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с. 70	
Г. И. Лашенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с. 60	
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с. 60	
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с. 120	
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с. 90	
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010 — 194 с. .. 70	
**Г. И. Лашенко. Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с. 80	

* Цены на книги указаны без учета стоимости доставки

** Продается только в электронной версии.

Электронные версии книг стоят в два раза дешевле.

Подписка-2018
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

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

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **03150, Киев-150, а/я 337, «Сварщик».**

1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719
1720	1721	1722	1723	1724	1725	1726
1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733
1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740
1741	1742	1743	1744	1745	1746	1747
1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754
1755	1756	1757	1758	1759	1760	1761

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2018 г.

подпись

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2018 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Грн.*
1 полоса	210×295	5000
1/2 полосы	180×125	2600
1/4 полосы	88×125	1300
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Грн.*
1 (первая)	215×175	12000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	8000
2 и 7		7000
На страницах внутренней обложки		
Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*
3-4 (1 полоса)	210×295	6000
5-6 (1 полоса)	210×295	5500
5-6 (1/2 полосы)	180×125	2800
Визитка или микромодульная реклама		
Площадь	Размер, мм	Грн.*
1/16	90×26	360

* (все цены в грн. с НДС):
Рекламно-техническая статья: 1 полоса (стр.) — **2100 грн.**

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

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

Строчные ч-б позиции

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

Прогрессивная система скидок

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

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

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

Подача материалов в очередной номер — до 15-21 числа нечетного месяца (например, в № 1 — до 21.01)

Зам. гл. ред., рук. ред., **В.Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
 тел./факс: (044) **200-80-14**, моб. (050) **413-98-86**, (095) **146-06-91**
 e-mail: welder.kiev@gmail.com

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

www.welder.stc-paton.com