



изводства и механической обработки полуфабрикатов и готовых металлических изделий, пластмасс, композитов, порошковых материалов, металлокерамики, в том числе предназначенных для работы при повышенных температурах, в коррозионной среде, с сильным абразивным износом, повышенной эрозией с целью замены традиционных дорогих и трудоемких «классических» технологий.

Молодые специалисты и аспиранты, участвующие в проекте на заседаниях «круглых столов», рассказали о следующих проводимых ими исследованиях:

*Контактное взаимодействие цилиндрической оболочки с композитным бандажом с учетом жесткости сдвига.* Д. Бесчетников, НТУ «Харьковский политехнический институт»;

*3-D анализ методом конечных элементов напряженного состояния поверхности трубопровода с объемными дефектами.* В. О कोरोков, НТУ «Харьковский политехнический институт»;

*Применение моделей гетерогенных сред для анализа конструкций.* А. Ляпин, Южный федеральный университет;

*Численные и экспериментальные испытания композитных вставок.* Л. Mazurkiewicz, Военная техническая академия;

*Испытания материала при высоких скоростях деформации.* Р. Baranowski, Военная техническая академия;

*Процесс износа — концепция численного приближения.* К. Damaziak, Военная техническая академия;

*Математическое описание упругого растрескивания металла сварного шва с кубической кристаллической решеткой.* Г. Беляев, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины;

*Сочетание традиционных методов и метода дальнего действия ультразвукового контроля для диагностики трубопроводов.* С. Швыдкий, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины;

*Оценка концентрации напряжений в зоне сварного шва в зависимости от его геометрических параметров.* С. Прокопчук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

А. Л. Шекеро

УДК 621.791:061.2/4

## VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ДУГОВАЯ СВАРКА. МАТЕРИАЛЫ И КАЧЕСТВО»

17–21 июня 2013 г. в пос. Агой, близ Краснодара, состоялась VII Международная научно-практическая конференция «Сварочные материалы. Дуговая сварка. Материалы и качество», приуроченная к очередному собранию Ассоциации «Электрод» предприятий стран СНГ. К началу конференции был издан сборник докладов «Сварочные материалы. Разработка. Технология. Производство. Качество. Конкурентоспособность», куда вошли 30 докладов, а также материалы, касающиеся презентации ООО «Стройгазконсалтинг». Тематику докладов в этот раз существенно расширили. Наряду с вопросами, непосредственно касающимися сварочных материалов, их производства и использования, примерно в 20 % докладов освещены проблемы, связанные с источниками питания, подготовкой инженеров сварочного производства, сварщиков, а также функционирования систем качества в производстве сварных конструкций. Ниже изложено содержание большей части включенных в сборник докладов.

Доклад д-ра техн. наук, проф. О. И. Стеклова (ГТУ нефти и газа им. И. М. Губкина) был посвящен обеспечению целостности несущих металлоконструкций при их длительной эксплуатации с использованием реновационных сварочных и родственных технологий. Показано, что состояние ме-



таллоконструкций в металлофонде России, емкость которого превышает 800 млн т, в результате их длительной эксплуатации достигло стадии интенсивных отказов. Причина — старение, деградиционные процессы в металле, накопление поврежденности, вызываемой усталостью, деформационными процессами, коррозией и др.

Наиболее значимая проблема и настоятельная текущая задача сварочного производства — поддержание целостности находящихся в длительной

эксплуатации металлоконструкций, включая газопроводы, резервуарный парк, объекты ЖКХ, энергетики, оборонной техники, чтобы не допустить техногенных и экологических катастроф. Решению ее должна предшествовать оценка изменения свойств и свариваемости металла после длительной эксплуатации и обоснование выбора сварочных материалов, способных обеспечить равнопрочность (равностойкость) зон ремонта. Важна также оптимизация технологических процессов, учитывающая конструктивную повреждаемость ремонтируемых объектов, обоснование применения смежных послесварочных технологий (таких, как ультразвуковая ударная и виброобработка).

В докладе д-ра техн. наук, академика НАН Украины И. К. Походни «Работы Института электросварки им. Е. О. Патона по металлургии дуговой сварки и сварочным материалам» обобщены основные результаты научных исследований, выполненных отделом на протяжении его существования (в 2012 г. отделу исполнилось 50 лет), позволившие:

- разработать и широко внедрить в производство серию низкотоксичных электродов с рутиловым покрытием и низководородных электродов с улучшенными сварочно-технологическими свойствами, которые выпускаются в странах СНГ под фирменным знаком АНО;

- разработать само-, газозащитные порошковые проволоки рутилового и карбонатно-флюоритного типов, предназначенные для дуговой сварки ответственных стальных конструкций со свободным и принудительным формированием швов, а также оборудование и технологии их промышленного производства;

- создать новые агломерированные флюсы алюминатно-рутилового и алюминатно-основного типов, характеризующиеся хорошими технологическими свойствами и высокими механическими свойствами швов;

- создать порошковые проволоки большого диаметра для внепечной обработки металлических расплавов (инъекционная металлургия), а также технологии и оборудование для их изготовления и использования.

Кадровый состав и технические возможности отдела и сейчас позволяют выполнять нужные для ключевых отраслей промышленности исследования и разработки на уровне, который имел место в прошлые годы.

Сварочным материалам и технологиям сварки для современных конструкций пролетных строений, в том числе при строительстве стальных мостов в Сочи и Владивостоке, посвящен доклад канд. техн. наук В. Г. Гребенчука (ООО «ЦСП Мосты»). В докладе подчеркнуты неблагоприятные условия изготовления, монтажа и эксплуатации указанных объектов в России: необычные климатические условия, дефицит квалифицированных сварщиков и

времени на их переподготовку, а также отсутствие новых современных сварочных материалов и технологий сварочного производства.

Часть перечисленных проблем удалось решить, используя тесную кооперацию и сотрудничество отечественных НИИ, проектных и производственных организаций с корпорацией ЭСАБ. Был оперативно разработан новый керамический флюс и технология односторонней монтажной автоматической сварки конструкционных элементов с МХП, которые были использованы при строительстве мостового перехода во Владивостоке. Применение ручной дуговой сварки удалось полностью исключить, хотя шов выполняли «на подъем» при угле наклона стыкового соединения около  $12^\circ$ . На объектах Владивостока и Сочи была также применена в больших объемах сварка в защитных газах новой бесшовной металлопорошковой проволокой марки POWER BRIDGE 60M, совместно разработанная организациями Германии и России.

В монтажных стыках главных балок пролетных строений мостов по-прежнему широко применяется классический так называемый цельносварной «стык Патона», полностью выполняемый автоматической сваркой. В 2012 г. эта технология существенно модернизирована в расчете на новое отечественное сварочное оборудование (аппарат для вертикальной автоматической сварки «Восход») и бесшовную порошковую проволоку POWER ARC 60R диаметром 1,2 мм для сварки в смеси газов, состоящих из 80 % Ar и 20% CO<sub>2</sub>.

Приведены и другие примеры, подтверждающие эффективность совершенствования производства конструкций пролетных строений. Особо подчеркивается значение работ по модернизации сварочных материалов. Ее ориентируют на использование наноструктурных тугоплавких соединений в составе керамических флюсов, чтобы получить мелкозернистую структуру шва.

Разработана отраслевая система управления качеством изготовления мостов (СК «Транстрой»), предусматривающая постоянное научно-техническое сопровождение процедур выработки, принятия и реализации решений в ходе всего цикла создания конструкций, позволяющее повысить конкурентоспособность мостостроения России. Их применяют практически на всех стальных мостах страны.

В докладе д-ра техн. наук, проф. Ю. Н. Сараева (Институт физики прочности и материаловедения СО РАН) изложен опыт разработки адаптивных импульсных технологий сварки и наплавки для повышения эксплуатационной надежности металлоконструкций ответственного назначения с применением электродов отечественного производства.

Рассмотрены результаты работ по двум направлениям, выполненным в 2003–2005 гг. и 2009–2011 гг. и запланированным к выполнению в 2013–2014 гг.



В докладе С. А. Штоколова (НП «НПСО», Краснодар) обоснована актуальность (в связи со вступлением РФ в ВТО) и рассмотрены формы поддержки отечественных производителей сварочного оборудования и сварочных материалов, необходимые для повышения их конкурентоспособности на отечественном рынке в новых условиях. В ноябре 2012 г. учреждено НП НПСО (Некоммерческое партнерство «Национальное промышленное сварочное общество»), а в апреле 2013 г. подписано Соглашение между НПСО и НАКС, регламентирующее семь основных направлений их взаимодействия. Среди них — создание специальной комиссии, которой поручается разработка критериев понятия «отечественный производитель». Оно должно учитывать появившиеся в странах Таможенного союза новые формы предприятий и особенности их кооперации с зарубежными партнерами.

Серию докладов, посвященных улучшению технологических, металлургических и эксплуатационных характеристик низководородных электродов, представили на конференции специалисты ООО НПЦ «Сварочные материалы» (Краснодар), ДГТУ (Ростов-на-Дону) и АГУ (Астрахань).

В двух из них обосновывается состав электродного покрытия, обеспечивающий сочетание благоприятных сварочно-технологических свойств электродов с низким (как у электродов группы Н5 по МС ИСО 2560) содержанием диффузионного водорода в наплавленном металле. Эта задача, по мнению авторов доклада, решена прежде всего путем частичной замены флюорита в покрытии фторлоном. Наряду с этим использовано дополнительное средство связывания водорода в атмосфере дуги —  $\text{AlF}_3$ , образующееся в результате взаимодействия фторлона с глиноземом и алюминиевым порошком, которые специально вводятся в электродное покрытие. В одном из этих докладов приведены результаты физико-химических и технологических исследований природных видов сырья Северного Кавказа, таких как доломиты боснийского и геналдонского месторождений, вулканические пеплы гизельдонского месторождения, а также электродов, разработанных с их использованием.

В одном из докладов рассмотрены результаты исследования и разработки состава ионизирующего покрытия (ориентированного на использование графита литейного кристаллического с пластинчатой или чешуйчатой формой частиц) на первичное возбуждение дуги, осуществляемое контактным методом. Предварительная подготовка контактного торца улучшает первичное зажигание дуги, но увеличивает продолжительность достижения ее устойчивого горения и это опасно с точки зрения образования стартовых пор и науглероживания наплавленного металла.

Кроме того, в докладе специалистов указанных организаций, подготовленном совместно с представителями ООО «Газпромдобыча Краснодар», фир-

мы «Boehler Welding Group» (Москва) и ООО «Сычевский электродный завод», обосновываются возможности и положительные аспекты сварки на прямой полярности электродами с основным видом покрытия. Этот способ сварки признан мировыми производителями сварочных материалов и внесен в техническую документацию по сварке трубопроводов классов прочности К-52–К-80. В результате проведенных исследований показано, что при стандартных зазорах стыка (2,0–3,0 мм при диаметре электрода 2,5 и 2,5–3,5 мм при диаметре электрода 3,0–3,2 мм) сварка на прямой полярности по сравнению со сваркой на обратной обеспечивает повышение качества формирования корневых слоев шва, включая формирование обратного валика. Химический состав, содержание диффузионного водорода, сплошность и механические свойства соединений остаются при этом одинаковыми. В то же время на 30–35 % повышается производительность выполнения корневых слоев шва при сварке кольцевых стыковых соединений труб.

Дополнительным преимуществом сварки на прямой полярности является возможность выполнения многопроходных швов стыковых соединений труб при меньшей толщине их стенки. Для освоения техники сварки на прямой полярности требуется кратковременная тренировка сварщиков.

Разработке самозащитных порошковых проволок трубчатого сечения для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей посвящен доклад В. Н. Шлепакова и Ю. А. Гаврилюка, а рассмотрению подходов к решению металлургических проблем сварки под флюсом — доклад В. В. Голловко (ИЭС им. Е. О. Патона).

Особенности и результаты влияния технологических факторов изготовления электродов на содержание водорода в металле, наплавленном низководородными электродами, рассмотрены в докладе А. Е. Марченко и Н. В. Скорины (ИЭС им. Е. О. Патона). Установлено, в частности, что щелочные гидросиликаты, остающиеся в электродном покрытии после обезвоживания его жидкостекольной связки в ходе термообработки электродов, являются важным источником водорода в наплавленном металле. Между водоудерживающей способностью  $\text{NaK}$  гидросиликатов, зависящей от модуля и соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$ , потенциальным содержанием водорода в покрытии и содержанием водорода в наплавленном металле имеется прямая взаимосвязь. Однако при оценке степени «усвоения» потенциального водорода наплавленным металлом следует учитывать возможное влияние содержащихся в гидросиликате ионов калия и натрия на выведение фтора из реакции образования фтористого водорода и кинетические условия сорбции и десорбции водорода капилляр электродного металла.

Результаты реологических исследований концентрированных суспензий мрамора в жидком стекле,

которыми можно моделировать реальные обмазочные массы, рассмотрены в докладе А. Е. Марченко. Они показывают, что в основу теории вязкости электродных обмазочных масс, как и других концентрированных грубодисперсных суспензий, можно положить представления о решающем влиянии на их вязкость гидродинамических эффектов, обусловленных коллективным молекулярным взаимодействием зерен наполнителя (шихты) друг с другом и со связующим (жидким стеклом).

Внимание технологов электродного производства несомненно привлек доклад З. А. Сидлина (ООО «Техпром», Москва), в котором изложены важные аспекты организации производственного контроля granulometric состава порошковых составляющих электродных покрытий. С точки зрения качества электродной продукции необходимы единый подход к нормированию требований к зерновому составу порошков в стандартах на материалы электродных покрытий, унифицированные методики определения их зерновых характеристик у поставщиков и потребителей, а также включение в договора на поставку порошковых материалов требований по зерновому составу и согласованные методы его контроля.

В двух докладах отражены результаты разработки новых марок электродов. Так, ОАО НПО «ЦНИ-ИТМАШ» разработало электроды ЦЛ-60, предназначенные для сварки высокопрочных сталей, которые обеспечивают наплавленный металл, имеющий аустенитно-ферритную структуру с 25...50 % ферритной фазой. В докладе Ф. Ю. Зуева с сотрудниками изложены результаты лабораторных и промышленных испытаний указанных электродов и механических свойств металла шва на стали 40ХСНМА и свойств металла, наплавленного на отрезной нож пресса СОРЕХ 1000, из стали, аналогичной по составу стали 15Х2ГНМА. В докладе И. М. Лившица с сотрудниками представлены свойства электродов ЭП-35/7 и НХ-1, разработанных ООО «Ижорские сварочные материалы» и ЦНИИ КМ «Прометей», для сварки нефтехимического оборудования, а также механические свойства выполненных ими швов.

Как и в прошлые годы, для электроизготавливающих предприятий остается острой проблема обеспечения качественным сырьем. В докладе И. М. Лившица приведены результаты проверки готовых ферросплавных порошков при изготовлении электродов специального назначения. Опыт работы в целом положительный, поскольку позволяет избавиться от недостатков прежней технологии приготовления порошков непосредственно на заводе-изготовителе электродов. В то же время выявлена необходимость доводки поставщиком химического и зернового состава порошков до уровня предъявляемых к ним требований.

В докладе В. П. Слободянюка (ПАО «Плазма Тек», Винница) и Н. В. Скорины (ИЭС им. Е. О. Патона) обсуждены результаты лабораторных ис-

следований технологических свойств новых видов сырья для производства электродов общего назначения. Исследовательский отдел ПАО «Плазма Тек» разработал технологию обогащения руд двух своих каолиновых и одного пегматитового карьеров с целью получения в промышленных масштабах слюды-мусковит, каолина, кварцевого песка и полевого шпата, а также целлюлозы, полученной по пероксидной и перкислотной технологиям. Образцы перечисленных видов сырья испытаны при изготовлении электродов АНО-36. Результаты испытаний вполне положительны и позволяют сделать вывод о перспективности направления указанного вида деятельности, которую проводит ПАО «Плазма Тек».

В докладе И. Н. Зверевой (ОАО «ММК-МЕТИЗ») и С. Н. Михайлицына (МГТУ им. Г. И. Носова, Магнитогорск) проанализированы результаты сравнительного анализа характеристик рутилового концентрата семи производителей. Выявлена разница в химическом и зерновом составе изученных образцов. В качестве объекта для сравнения выбран рутит Вольногорского ГМК (Украина). Параллельно изучены сварочно-технологические свойства электродов МР-3, изготовленных с использованием образца рутила, у которого выявлены наибольшие отклонения от нормативных требований, а также химический состав и механические свойства швов в объеме, предусмотренном требованиями НТД.

Технологическим проблемам изготовления сварочных материалов посвящены доклады К. Н. Осокина и В. В. Гаммеля из ООО «Электрод-Бор» на тему «Производство электродов с основным покрытием с просушкой в конвейерных печах непосредственно после опрессовки» и доклад В. В. Гежи и А. В. Шаталова (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей») на тему «Лазерное гранулирование — новая технология изготовления сварочных флюсов».

Проектирование, изготовление, монтаж и наладка оборудования для производства сварочных электродов — тема доклада А. Г. Кузнецова (ООО «Ротекс», Москва).

Проблемы подготовки кадров для сварочного производства рассмотрены в трех докладах: «Система целевой подготовки инженеров сварочного производства специальности 150202» (Ф. В. Лукьянов и др., ДГТУ, Ростов-на-Дону); «Повышение мастерства сварщиков — одна из ключевых задач сегодняшнего дня» (В. А. Калинин, ООО «Нефть-монтаж», Сургут); «Центр подготовки кадров ОАО «Краснодаргазстрой» — кузница специалистов сварочного производства» (А. И. Андреев и др.).

Материалы сборника, изданного при участии Научно-производственного центра «Сварочные материалы» — одного из организаторов конференции, несомненно, будут полезными для всех, кто занимается разработкой, производством и применением сварочных материалов.

А. Е. Марченко, М. Ф. Гнатенко