

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Алилуев А.Ю. – студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Радченко М.В. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Восьмого октября 2014 года вступили в силу Федеральные нормы и правила (ФНП) в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах», утвержденные Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) № 102 от 14 марта 2014 года.

ФНП устанавливают единые общие требования к организации и производству сварочных работ на поднадзорных Ростехнадзору объектах, технических устройствах и сооружениях опасных производственных объектов (ОПО). Требования документа предназначены для организаций и индивидуальных предпринимателей (ИП), осуществляющих сварку, пайку, наплавку и прихватку (далее - сварку) элементов технических устройств и сооружений, применяемых и/или эксплуатируемых на ОПО, в том числе их конструкций, сборочных единиц, деталей, полуфабрикатов и заготовок.

Основные положения ФНП предусматривают выполнение требований, согласно которым организации и ИП, осуществляющие сварочные работы, должны:

- располагать необходимым количеством руководителей, специалистов и персонала, обеспечивающих условия качественного выполнения сварочных работ;
- определить процедуры контроля соблюдения технологических процессов сварки;
- определить должностные обязанности, полномочия и взаимоотношения работников, занятых руководством, выполнением или проверкой выполнения сварочных работ.

Руководители организаций, выполняющие сварочные работы, а также ИП должны обеспечить подготовку и аттестацию персонала. Аттестация персонала, осуществляющего непосредственно руководство и выполнение сварочных работ, должна проводиться в соответствии с действующими Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (ПБ 03-273-99) и Технологическим регламентом проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (РД 03-495-02).

Сварщики должны быть аттестованными и иметь действующее удостоверение по соответствующему способу сварки, а также не иметь медицинских противопоказаний к выполняемой работе. Сведения о номерах удостоверений, сроках их действия и шифрах клейм сварщиков должны быть размещены в общедоступном реестре аттестованного персонала с информационно-телекоммуникационной сети Интернет, а удостоверения должны иметь соответствующий QR-код для проверки их подлинности. Присвоенные при аттестации шифры клейм должны быть закреплены за сварщиками приказом организации, выполняющей сварочные работы.

Сварочные работы должны выполняться в соответствии с производственно-технологической документацией (ПТД) по сварке, включающей производственные инструкции и технологические карты, утвержденные техническим руководителем организации. В ПТД должны быть отражены все требования к применяемым сварочным материалам и сварочному оборудованию, сварочным технологиям, технике сварки, контролю сварных соединений, Режимы сварки, последовательность операций, технические приемы, а также технологические особенности процесса сварки, обеспечивающие качество сварных соединений, должны быть приведены в технологических картах по сварке.

Перед началом сварочных работ руководитель сварочных работ обязан проверить выполнение всех подготовительных мероприятий и ознакомить исполнителей под роспись с требованиями технологических карт по сварке.

Лица, впервые приступающие к сварке, должны перед допуском к работе пройти проверку путем сварки и контроля допусковых сварных соединений.

До начала сварочных работ должен производиться входной контроль основных и сварочных материалов.

Работы по сварке должны выполнять юридические лица или ИП, прошедшие процедуру проверки готовности к применению технологий сварки в соответствии с Порядком применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов (РД 03-615-03).

Процедуры проверки готовности к использованию применяемых сварочных технологий должны быть осуществлены в условиях конкретного производства сварочных работ, с учетом специфики работ, выполняемых каждым филиалом (обособленным подразделением) юридического лица, расположенным вне места его нахождения и осуществляющим его функции, в том числе производство сварочных работ.

При проверке оценивается наличие технических, кадровых и организационных возможностей для выполнения сварочных работ и способность выполнить в производственных условиях сварные соединения, соответствующие требованиям, устанавливаемым научно-технической или проектной документацией.

При производстве сварочных работ необходимо обеспечить:

- идентификацию производственной документации и бланков;
- идентификацию использования основного материала;
- идентификацию применения сварочных материалов;
- идентификацию мест расположения сварочных швов и конструкции;
- регистрацию сведений о сварщиках, выполняющих сварные швы;
- регистрацию мест и результатов исправлений сварных швов;
- контроль соответствия выполнения процесса сварки технологическим картам сварки.

Идентификация должна предусматривать маркировку основного и сварочных материалов, технической и технологической документации, обеспечивающую возможность прослеживания при их применении с целью выявления возможных причин брака при выполнении сварочных работ.

Контроль за производством сварочных работ производится в порядке, определяемом организацией или ИП, выполняющим эти работы. Распределение обязанностей работников юридического лица или ИП, осуществляющих руководство и контроль за производством сварочных работ, должно быть документировано.

При осуществлении контроля должны учитываться требования ФНП к производству сварочных работ на ОПО и производственно-технологической документации по сварке, сведения об аттестованных сварщиках и специалистах сварочного производства, о юридических лицах и ИП, подтвердивших готовность к выполнению сварочных работ, об аттестованных сварочных материалах (в соответствии с требованиями РД 03-613-03) и сварочном оборудовании (в соответствии с требованиями РД 03-614-03), размещенные в общедоступных реестрах в сети Интернет.

ФНП не предусматривает дифференциацию требований в зависимости от класса опасности ОПО и их отраслевой принадлежности, так как в ФНП нет конкретных требований к качеству сварных соединений. Такая дифференциация может быть учтена в рамках проектирования тех или иных объектов посредством установления соответствующих характеристик, предъявляемых к сварным соединениям.

Анализируя приведенные выше положения документа, можно отметить, что в основном требования к выполнению сварочных работ не являются новыми, они просто систематизированы и унифицированы на основе многолетнего опыта применения действующих правил и норм.

В связи с формированием Национальной системы профессиональных квалификаций и независимой оценки профессионального уровня квалификации работников в ФНП предусмотрено, что квалификация сварщиков должна соответствовать требованиям, установленным Министерством труда России.

## АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ В РОССИИ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Алилуев А.Ю. – студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Во второй половине 20 века сварка заняла одно из лидирующих мест среди технологических процессов благодаря уникальным возможностям соединять практически любые металлы и неметаллические материалы. Сваркой в мире занято более 5 млн. человек. Более половины валового национального продукта промышленно развитых стран создается с помощью сварки и родственных технологий, к которым относят наплавку, пайку, резку, нанесение покрытий, склеивание различных материалов.

Только в России объем сварных металлических конструкций достигает 800 млн. тонн. До 2/3 мирового потребления стального проката идет на производство сварных конструкций и сооружений.

В мире проложено около 1 млн. км сварных газопроводов, Например, протяженность трубопровода, проложенного в 1075 году на Аляске – 790 миль, диаметр – 1220 мм. На строительстве трубопровода было занято 17 000 человек – 6 % населения Аляски, сварено 38 000 сварных стыков. Израсходовано 36 000 кг сварочной проволоки. В 2002 г. завершено строительство газопровода «Голубой поток» (Россия - Турция). Протяженность сухопутной части трубопровода составила 1140 км, диаметр – 1220 мм. По дну Черного моря проложено две нитки трубопровода из труб диаметром 596 мм. Протяженность каждой морской части – 396 км. Не менее масштабным будет строительство газопровода «Сила Сибири», начатого в 2015 г., который протянется от Чаядинского месторождения в России (Якутия) до Китая.

С сожалением приходится констатировать тот факт, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые в области сварочного производства, недостаточное качество сварных соединений относится к числу значимых причин разрушения конструкций, которые зачастую приводят к техногенным катастрофам и человеческим жертвам.

Общепризнано, что существенное повышение качества продукции может быть достигнуто за счет внедрения системы управления качеством и независимой сертификации производства.

Применительно к сварочному производству стандарты серии ISO 9000 имеют некоторые ограничения, поскольку согласно ISO 9001 сварку следует отнести к числу специальных процессов, конечный результат которых нельзя в полной степени проверить последующим контролем, испытанием продукции или выявлением дефектов только в процессе использования продукции. В связи с этим требуется постоянный надзор и/или соблюдение документированных технологических инструкций для подтверждения выполнения установленных требований к технологическому процессу.

Обычно в данных случаях соответствие установленным требованиям достигается непрерывным регулированием процессов, для чего используются специальные правила и процедуры сертификации.

В международной практике при сертификации продукции по ISO 9000, в том числе той продукции, функциональные и эксплуатационные свойства которой существенно определяются качеством сварных соединений, обязательно применяется серия стандартов ISO3834/EN 729 – «Требования к качеству сварки. Сварка металлов плавлением». Этот комплекс наряду со стандартами ISO 9606/ EN 287 и EN 288 устанавливает требования к различным аспектам производства сварных конструкций, включая требования к персоналу сварочного производства, сварочным материалам, оборудованию, технологиям и др.

Следуя мировым тенденциям развития систем сертификации в области сварочного производства в России в 1992 году по инициативе МГТУ им. Н.Э.Баумана совместным решением Президиума Российской Академии наук, Министерства науки, высшей школы и технической политики России, Госгортехнадзора России, Госатомнадзора России и Госстандарта России был создан Национальный аттестационный комитет по сварочному

производства (НАКС), перед которым была поставлена задача поддержания качества сварочного производства на соответствующем уровне. Доминирующим фактором обеспечения качества сварочного производства на современном этапе является создание системы сертификации (аттестации) сварочного производства, поэтому перед НАКС была поставлена задача создания в России единой системы аттестации сварочного производства, гармонизированной с мировыми и европейскими требованиями (ISO и EN) в этой области.

Большой вклад в формирование системы сертификации сварочного производства (САСв) внесли Н.П.Алешин, Б.А.Красных, В.С.Котельников, В.Ф.Лукиянов, Б.Г.Маслов, А.И.Прилуцкий, Ю.И.Гусев, А.М.Левченко, А.С.Зубченко, А.С.Орлов, С.А.Курланов, С.В.Головин, Р.А.Мусин, В.В.Шефель и др.

Вместе с тем, анализ опыта первых лет создания системы сертификации в сварочном производстве показал, что прямое копирование западных систем сертификации элементов сварочного производства неприемлемо для отечественных условий по нескольким причинам.

Во-первых, сертификация элементов сварочного производства в промышленности развитых стран не охватывает всех важных составляющих, таких как сварочные материалы и оборудование. Лишь в последние годы появились документы, регламентирующие процедуру сертификации руководителей сварочного производства.

Во-вторых, западные системы, как правило, не учитывают специфические требования конкретной отрасли производства.

В-третьих, формирование системы сертификации за рубежом не завершено и охватывает, в основном, производства, использующие сварку плавлением.

В-четвертых, зарубежные системы сертификации сварочного производства носят добровольный характер, что в условиях недостаточного развитых отношений не побуждает производителя к проведению этих процедур. Вероятно, по этой причине считанные предприятия России подали заявки и прошли сертификацию по европейскому стандарту EN 729.

С учетом ситуации, сложившейся в России на рубеже веков, что основное внимание было уделено разработке системы сертификации элементов сварочного производства применительно к выполнению сварочных работ при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции оборудования на объектах потенциально опасных производств, подконтрольных Ростехнадзору. Поэтому в ряде отраслей промышленности, особенно в сфере опасных промышленных производств, были установлены дополнительные требования к сертификации элементов сварочного производства, исходящие из специфики выполнения сварочных работ (сосудов, работающих под давлением, магистральных трубопроводов и др.) Это потребовало при разработке правил, процедур и критериев оценки учесть ряд дополнительных условий, учитывающих особенности сварочного производства в конкретных областях, т.к. законодательно регулируемая сфера деятельности предполагает подтверждение того, что сертифицируемые элементы сварочного производства обладают необходимыми характеристиками, достаточными для осуществления профессиональной деятельности в конкретной области.

Для создания развитой структуры системы аттестации в сварочном производстве потребовались согласованные действия структур, способных на развитие методологии и конкретных технологий менеджмента качества в сварочном производстве.

К настоящему времени завершено формирование органов по аттестации всех элементов сварочного производства (персонала, материала, оборудования и технологий). На территории 60 субъектов Российской Федерации действуют 109 аттестационных центров и 675 аттестационных пунктов по аттестации персонала сварочного производства, сварочных материалов, оборудования и технологий.

## АТТЕСТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Алилуев А.Ю. – студент, Фитисов Д.В.- студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сварка занимает лидирующее положение среди технологических процессов изготовления металлоконструкций технических устройств опасных производственных объектов (ОТУ), подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзору).

Существенное повышение качества изготовления ОТУ для обеспечения промышленной безопасности невозможно без внедрения системы сертификации (аттестации) сварочного производства.

Сварочные работы при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств на ОТУ должны производиться аттестованными (по требованиям ПБ-03-273-99 и РД 03-495-02) сварщиками и специалистами сварочного производства, аттестованными материалами (РД 03-613-03), оборудованием (РД 03-614-03) и с применением аттестованных технологий (РД 03-615-03).

Производственная аттестация технологий сварки и наплавки проводится с целью подтверждения того, что организация, занимающаяся изготовлением, монтажом, ремонтом и реконструкцией технических устройств, оборудования и сооружений, применяемых на опасных производственных объектах, обладает техническими, организационными возможностями и квалифицированными кадрами для производства сварки (наплавки), выполненные в условиях конкретного производства по аттестуемой технологии, обеспечивают соответствие требованиям к опасным производственным объектам общих и специальных технических регламентов, конструкторской (в части требований к сварке и контролю качества) и технологической документации.

Производственная аттестация делится на первичную, периодическую и внеочередную.

Согласно перечню групп ОТУ опасных производственных объектов группа «Котельное оборудование» (КО) включает в себя 5 пунктов:

1. Паровые котлы с давлением пара более 0,07МПа и водогрейные котлы с температурой воды выше 115<sup>0</sup>С.
2. Трубопроводы пара и горячей воды с рабочим давлением пара более 0,07МПа и температурой воды свыше 115<sup>0</sup>С.
3. Сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа.
4. Арматура и предохранительные устройства.
5. Металлические конструкции для котельного оборудования.

В Алтайском крае теплоэнергетические котлы и их комплектующие выпускает большое количество предприятий, крупнейшими из них являются ОАО «Бийский котельный завод» и ОАО «Сибэнергомаш».

В 2014 г. в ООО «ГАЦ АР НАКС» было аттестовано 50 технологий сварки, из них 23 технологии – котельного оборудования (46%). По способам сварки распределение выглядит следующим образом: ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РД) - 78%, ручная аргодуговая сварка неплавящимся электродом (РАД) – 10%, комбинированная сварка РАД+РД – 8%, автоматическая сварка под флюсом - 4%.

Для включения технологии в число аттестуемых, в системе электронного документооборота (ЭДО) на сайте ГАЦ АР НАКС (куда входит центр по аттестации технологий - АЦСТ) организацией-заявителем должна быть подана заявка. Руководитель с учетом поданной заявки готовит приказа о формировании аттестационной комиссии из числа членов с соответствующей областью аттестации. АЦСТ совместно с организацией-заявителем перед проведением производственной аттестации технологии сварки (наплавки) составляет программу аттестации. «Программа производственной аттестации технологии сварки (наплавки) подписывается членами аттестационной комиссии и утверждается руководителем АЦСТ.

В программе должны быть указаны:

- наименование и область применения аттестуемой технологии;
- основные технологические характеристики сварных соединений, выполняемых при проведении аттестационных испытаний;
- методы неразрушающего контроля выполняемых сварных соединений и металла шва (наплавленного металла) методами разрушающего контроля;
- методики проведения контроля и испытаний;
- требования к количественным характеристикам показателей качества сварных соединений;
- другие данные, специфические для аттестуемой технологии;
- требования к результатам неразрушающих и разрушающих испытаний.

Производственная аттестация производится АЦСТ совместно с организацией-заявителем путем выполнения в производственных условиях контрольных сварных соединений и последующего контроля их неразрушающими и разрушающими методами. При периодической аттестации технологии сварки (наплавки) по решению комиссии могут быть использованы результаты контроля разрушающими методами производственных сварных соединений, выполненных в течение последних 6 месяцев перед проведением периодической аттестации.

Контрольные сварные соединения передаются в аттестованную лабораторию, которая должна составить заключения и протоколы о результатах контроля качества сварки.

По результатам производственной аттестации АЦСТ составляет мотивированное заключение о готовности организации-заявителя к использованию данной технологии.

В заключении указывается, что на основании полученных положительных результатов контроля и испытаний аттестованная технология может быть допущена для выполнения сварных соединений (наплавки) на соответствующих опасных производственных объектах, и приводятся основные данные и требования, характеризующие указанную технологию, в том числе:

- наименование и область применения аттестованной технологии;
- марка (марки) материалов свариваемых (наплавляемых) деталей (с указанием стандартов или технических условий);
- способ сварки (наплавки);
- допустимый диапазон толщин и диаметров свариваемых деталей;
- марка (сочетание марок) сварочных материалов с указанием стандартов или технических условий;
- допустимые положения сварки (наплавки);
- необходимость и режимы предварительного и сопутствующего подогрева;
- рекомендуемые режимы сварки (наплавки);
- необходимость, вид и режимы термообработки сварных соединений и наплавки;
- показатели и количественные характеристики выполненных по аттестуемой технологии сварных соединений, металла шва и наплавленного металла (из числа предусмотренных программой испытаний).

Результаты производственной аттестации АЦСТ передает по системе ЭДО в НАКС для экспертизы и оформления Свидетельства о готовности организации-заявителя к использованию аттестованной технологии сварки (наплавки) при изготовлении, монтаже и ремонте или реконструкции на опасных производственных объектах. В Свидетельстве указывается область распространения производственной аттестации, включающая перечень основных параметров, характеризующих однотипность сварных соединений.

Сведения об аттестованной технологии сварки (наплавки) в ЭДО вносятся в Реестр Системы аттестации сварочного производства.

Срок действия Свидетельства об аттестации технологии – четыре года.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Фитисов Д.В. - студент, Радченко М.В. - д.т.н., профессор,

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Условия эксплуатации деталей различных механизмов и машин зачастую характеризуются высокими механическими и тепловыми нагрузками, а также воздействием разных агрессивных сред. При этом состояние поверхностного слоя деталей машин является важнейшим фактором прочности, надежности и долговечности всего изделия или механизма в целом. Это объясняется тем, что разрушение конструкционного материала начинается обычно с его поверхности, а это приводит не только к потере необходимой прочности изделия, но и к ухудшению нормальной работоспособности из-за образования различных дефектов поверхности изделия, вследствие абразивного износа, воздействия активных сред и т. д. Особо остро проблема поверхностного износа проявляется в теплоэнергетике, где интенсивному абразивному износу подвергаются рабочие поверхности деталей котлов с кипящим слоем.

Данные проблемы износа рабочих поверхностей обуславливают необходимость развития различных способов поверхностного упрочнения, а также широкое использование этих способов как в машиностроении, так и при ремонте и восстановлении деталей механизмов и машин.

Следует отметить, что использование различных методов поверхностного упрочнения практически всегда экономически выгодно, поскольку позволяет производить детали из более дешевых материалов. При этом дорогостоящие материалы, обеспечивающие требуемые эксплуатационные характеристики, наносятся на поверхности деталей в виде тонкого защитного покрытия. Упрочнение поверхностного слоя деталей, позволяет повысить их ресурс в несколько, а нередко и в десятки раз, что также выгодно.

Использование тех или иных методов поверхностного упрочнения конструкционных материалов позволяет решать многие важнейшие технические задачи, хотя сама разработка и реализация данных технологических методов упрочнения представляет собой довольно сложную проблему как в производстве, так и в науке. В каждом конкретном случае упрочнения поверхности какой-либо детали требуется детальный подход при выборе того или иного способа упрочнения или нанесения защитных покрытий.

Применительно к деталям котлов теплоэнергетических установок при ремонте и упрочнении рабочих поверхностей наиболее приемлемыми и экономически выгодными представляются газотермические способы нанесения защитных покрытий, поскольку данные способы наиболее прогрессивны, универсальны и эффективны. При продуманном инженерном выборе конкретного способа газотермического нанесения покрытий защитные покрытия обладают высокими качественными показателями физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик, которые требуются от изделия в каждом конкретном случае, например прочность сцепления покрытия с защищаемой поверхностью ( $\sigma_{сц}$ ), плотностью ( $\rho$ ) и однородностью фазового и химического состава слоя, износостойкостью ( $\epsilon$ ). Исходя из характера внешнего воздействия на защищаемую поверхность, а также в зависимости от технологичности и экономической целесообразности выбирается способ нанесения защитных покрытий.

Рабочие поверхности деталей котлов подвергаются высокоскоростному абразивному износу при высоких температурах и окислительному воздействию воздуха с продуктами горения. Поэтому для защиты рабочих поверхностей деталей от данных факторов воздействия требуется жаропрочное износостойкое защитное покрытие, надежно изолирующее и защищающее основной металл деталей и вместе с тем обладающее высокой прочностью сцепления с основой. Из всего многообразия материалов для защитных покрытий комплексом требуемых свойств (жаропрочность, износостойкость, коррозионная

стойкость, пластичность и др.) обладают покрытия на основе никеля, хрома и их комбинаций, а также некоторые композиционные материалы. При этом качество покрытия и прочность сцепления покрытия с основой, которая является одним из главных факторов, характеризующих надежность защитного покрытия, напрямую зависит от выбранного способа нанесения покрытия и от его параметров.

Способы газотермического напыления (ГТН) классифицируют по виду источника тепловой энергии (электрическая дуга, газовое пламя, плазма) и технологическим особенностям процесса. Существуют следующие виды газотермического нанесения покрытий: плазменное напыление, электродуговое напыление, газодетонационное напыление, газопламенное напыление.

*Плазменное напыление.* Метод плазменного напыления заключается в использовании плазменной струи для нанесения защитных покрытий. Источником энергии газотермического плазменного напыления является мощный дуговой разряд, через который пропускается рабочий газ (аргон, гелий, азот, воздух), превращаясь в плазму под действием температуры разряда. Частицы порошка напыляемого покрытия, либо проволока, смешиваются с плазмой и под давлением с помощью плазменного потока попадают на изделие. При плазменном способе получаемые покрытия обладают высокими качественными характеристиками: довольно высокой плотностью, низкой пористостью, и т. п. При этом адгезионная прочность покрытий достигает 80-100 МПа.

Недостатками плазменного способа нанесения покрытий является дороговизна и сложность аппаратуры, трудность её мобильного использования. Так для работы плазменной установки требуется подвод газа, подвод воды для охлаждения плазмотрона, подвод высокого напряжения. Поэтому данный способ не всегда целесообразен, особенно при ремонтных работах, когда требуется мобильность и простота оборудования.

*Детонационное напыление.* Детонационное напыление позволяет наносить покрытия из самых разнообразных материалов на металлические и неметаллические изделия. Сущность процесса детонационного напыления заключается в использовании энергии детонационного сгорания газовых смесей для нагрева и сообщения высокой скорости (до 1000 м/с) частицам порошка наносимого материала. Нагрев и ускорение частиц осуществляется продуктами детонации. При этом взаимодействие напыляемых частиц с напыляемой поверхностью происходит при импульсном давлении, что обеспечивает высокое качество покрытий. Физико-механические и эксплуатационные характеристики детонационных покрытий (прочность, плотность, износ- и термостойкость) намного превышают характеристики покрытий, полученных любыми способами ГТН. К примеру, адгезионная прочность детонационных покрытий доходит до 160 МПа [1].

К недостаткам данного способа относят высокий уровень шума при процессе напыления и низкую производительность процесса. При этом аппаратура для детонационного напыления сложна и громоздка, процесс напыления можно производить только в стационарных условиях в специальных камерах для детонационного напыления.

*Электродуговое напыление (металлизация).* Сущность способа электродугового напыления заключается в плавлении проволочного напыляемого металла под действием электрической дуги, капли которого с помощью струи воздуха выдуваются из металлизатора на защищаемую поверхность. Достоинства данного способа - его мобильная и переналаживаемая аппаратура, довольно высокая производительность процесса и низкие эксплуатационные затраты данного процесса.

Недостатками данного способа являются: перегрев и окисление вещества напыляемого материала, выгорание легирующих элементов, входящих в напыляемый сплав. Также не все покрытия, нанесенные способом дуговой металлизации, имеют высокие качественные характеристики. Значения адгезионной прочности покрытий не слишком высоки. Поэтому способ дуговой металлизации не всегда эффективен.

*Газопламенное напыление покрытий.* Способ газопламенного напыления заключается в нанесении проволочных или порошковых защитных покрытий путем плавления частиц



напыляемого материала от тепла газового пламени и нанесении их на защищаемую поверхность с помощью струи газа или сжатого воздуха. Газопламенным напылением наносятся самые различные покрытия как защитные и износостойкие, так и декоративные. Аппаратура для газопламенного напыления очень проста, компактна и эргономична.

Несомненными достоинствами газопламенного нанесения покрытий являются: простота технологии нанесения покрытий, хорошее качество покрытий, высокая производительность и универсальность процесса напыления, а также компактность, дешевизна и высокая мобильность оборудования, что позволяет осуществлять процесс напыления, как в промышленных, так и в полевых условиях при ремонте и восстановлении.

Недостатками данного способа являются неудобство напыления мелких деталей и деталей со сложным рельефом поверхности и довольно высокая пористость покрытий (до 25%). Адгезионная прочность газопламенных покрытий в ряде случаев бывает недостаточной, хотя при хорошей подготовке поверхности и соблюдении всех параметров процесса её значения доходят до 35-45МПа. Одной из причин такой относительно низкой прочности сцепления и высокой пористости покрытия является низкая скорость истечения газовой струи (порядка 350 м/с).

Следует отметить, что в последнее время в области процесса газопламенного напыления ввиду его удобства, простоты и универсальности наметились тенденции к модернизации данного способа. Появилась возможность увеличить качество защитного газопламенного покрытия путем использования эффекта сверхзвукового истечения газового потока из сопла газовой горелки (порядка 1300 м/с). При использовании сверхзвуковой струи адгезионная прочность покрытия возрастает вдвое и составляет 60-70МПа, а пористость покрытия существенно уменьшается, достигая 1-3%. Получить сверхзвуковую струю можно, модернизировав конструкцию газовой горелки и значительно увеличив давление транспортирующего газа. Как правило, это решается с помощью компрессора и специального сопла горелки. При этом формируется высокоскоростной сверхзвуковой поток, струя которого придает находящимся в нем частицам покрытия высокий динамический заряд. При этом характер процесса образования покрытия имеет сходство с газодинамическим способом.

Таким образом, предварительный анализ технических устройств и технологий показал, что для создания высокоэффективных защитных покрытий на поверхности котлов с кипящим слоем, как и на иных аналогичных агрегатах теплоэнергетики, наиболее предпочтительным по экономическим и технологическим параметрам представляется способ сверхзвукового газопламенного напыления.

#### Литература

1. Поляк М.С. Технология упрочнения. М.: Машиностроение.- 1995.- 832 с.

### ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Алилуев А.Ю. – магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор,

Шевцов Ю.О. – к.т.н, доцент, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для решения проблем износа рабочих поверхностей деталей машин и механизмов актуальным является развитие уже существующих и разработка новых способов поверхностного упрочнения и восстановления рабочих поверхностей. Как известно, в таких случаях предпочтение отдается аппаратуре и технологиям, использующим концентрированные потоки энергии, как например, электронные пучки в вакууме, лазерные лучи, плазменные струи. При этом последние 10-12 лет всё активнее начинают развиваться процессы нанесения защитных покрытий напылением с использованием сверхзвуковых

газовых струй. Все процессы напыления без исключения имеют один существенный недостаток, ограничивающий промышленное использование – отслоение покрытий ввиду относительно низкой прочности сцепления с основой.

Для решения этой проблемы в ООО «НИИ Высоких Технологий» (г. Барнаул, Россия) в рамках Федеральной программы России «СТАРТ-2005» был выполнен комплекс исследований, включающий расчеты сопел Лавала с различными числами Маха, изготовление серии сопел и их экспериментальную апробацию в процессе наплавки износостойких порошковых сплавов на изношенные поверхности деталей [1, 2]. В результате разработан и запатентован способ [3] и аппаратура [4] для сверхзвуковой газопорошковой (СГП) наплавки. Отличительной технологической чертой аппаратуры является повышение концентрации энергии газопламенного источника нагрева и уменьшение зоны термического влияния при увеличении скорости истечения газовых потоков на срезе сопла газопламенной установки.

Установлены рациональные технологические режимы процесса СГП-наплавки, при соблюдении которых создаются условия, позволяющие получать покрытия с износостойкостью в 8-10 раз выше износостойкости незащищенных поверхностей труб из стали 20К и в 3,6...4,0 раза выше по сравнению с износостойкостью покрытий, наплавленных дозвуковой газопорошковой наплавкой. На ОАО «Бийский котельный завод» по разработанной технологии газопорошковой наплавки были наплавлены защитные покрытия на трубные панели котлов с «кипящим слоем» типа КВ-Ф-10-115-НТКС. Эксплуатационные испытания котлов с покрытиями в течение двух лет подтвердили результаты лабораторных исследований – следов износа на трубах не было обнаружено. При этом экономический эффект от использования разработанной технологии на трех котлах по расчетам экономистов предприятия составил около 10,8 млн. рублей в год, что подтверждено актом внедрения.

Развитие предлагаемого способа нанесения защитных покрытий ведется в направлении модернизации и автоматизации оборудования для сверхзвуковой газопорошковой наплавки с целью повышения качества наплавленных покрытий. При этом компьютерное моделирование газопорошкового потока при истечении из сопел различной внутренней конфигурации позволяет теоретически рассчитать и обосновать профиль сопла, обеспечивающий формирование сверхзвукового потока, обладающего характеристиками, сравнимыми с лучшими образцами зарубежного производства последнего поколения. Это в свою очередь позволит наиболее эффективно наносить комбинированные покрытия различного назначения и состава на широкой номенклатуре изделий, выпускаемых на предприятиях машиностроения в России, в том числе на опасных технических устройствах, подведомственных Ростехнадзору.

#### Список использованной литературы

1. Радченко М.В., Киселев В.С., Шевцов Ю.О., Уварова С.Г., Радченко Т.Б., Радченко В.Г. Комплексная диагностика сверхзвуковых газовых струй в процессе газопорошковой наплавки износостойких покрытий// Сварка и диагностика, 2011.- №1.- С. 31-36.
2. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Радченко Т.Б. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки/Обработка металлов, 2007.- №1(34).- С. 19-23.
3. Патент № 2346077 Россия, МПК C23C 4/12. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий/Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатъев В.В.; заявл. 19.03.2007; опубл. 10.02.2009 в Б.И. № 4.
4. Патент на полезную модель № 60410 Россия, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки /Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ  
СЕКЦИИ КРЫШИ ВАГОНА 11-287 ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН»**  
Антипов К.Г. - студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Развитая транспортная сеть всегда была одним из условий успешной экономической деятельности страны. Железнодорожный транспорт является ведущей отраслью в организации транспортной системы России в силу ряда его особенностей: низкой себестоимости перевозки грузов, большой грузоподъемности железнодорожного транспорта и относительно высоких скоростей перемещения грузов.

Предприятие ОАО «Алтайвагон» каждый год обновляет парк выпускаемых вагонов для удовлетворения потребностей экономики страны, в том числе выпускает крытые вагоны модели 11 – 287, предназначенные для перевозки легковых автомобилей по магистральным железным дорогам колеи 1520 мм. Транспортируемые автомобили располагаются в два яруса. Вагон оснащен специальными устройствами, которые обеспечивают блокировку автомобилей во время транспортировки, а также благодаря особенностям конструкции удобен в эксплуатации и не требует больших трудозатрат при загрузке вагона.

В конструкции вагона данной модели продолжением второго яруса является крыша вагона, которая состоит из трех секций. Конструкция секции крыши представляет собой каркас, состоящий из дуг, двух обвязок и стрингеров. Дуги представляют собой три балки (профиль вагонной стойки, ГОСТ 5267.6-90), сваренных между собой. По углам дуг привариваются заделки. Обвязка представляет собой гнутый лист (ГОСТ 19903 - 74). Стрингеры привариваются между дугами. В конструкцию также входит настил 1440x980x1.5 мм, 1290x980x1.5 мм, изготовленный из низколегированной стали 10ХНДП.

При разработке конструкции секции крыши был выбран метод дуговой сварки в среде защитных газов. В качестве защитного газа используют углекислый газ. Особенностью сварки в углекислом газе является то, что при температурах дуговой сварки углекислый газ  $\text{CO}_2$  диссоциирует и окисляет металл.

Для нейтрализации окислительного действия  $\text{CO}_2$  в сварочную проволоку Св-08Г2С (ГОСТ 2246 - 70), предназначенную для сварки в углекислом газе, вводят несколько больше марганца и кремния (раскислители), которые, соединяясь при сварке с кислородом, восстанавливают свариваемый металл. Образующиеся при этом окислы марганца и кремния переходят в шлак. Во время сварки в среде защитных газов происходит разбрызгивание металла в пределах 10-12 %, это требует большего расхода газа, расхода электродной проволоки, вследствие этого происходит перерасход электрической энергии, что отрицательно влияет на себестоимость конструкции. Вследствие повышенного расхода электродной проволоки основное время сварочной операции увеличивается, что приводит к повышению трудоемкости.

В заводской технологии процесс сборки дуг осуществляется на неспециализированном стенде с большим использованием ручных зажимных устройств, что обуславливает большой объем сборочных и подгоночных работ и высокую трудоемкость. Настил устанавливается вручную при сборке секции крыши. Оборудование имеет низкий к.п.д.

С нашей точки зрения заводской технологический процесс может быть усовершенствован за счет:

Применения современного оборудования как подающего механизма, так и источника питания, обеспечивающего снижение разбрызгивания металла.

Применения тонких электродных проволок с повышенным содержанием циркония Св-09Г2СЦ для меньшего разбрызгивания.

Применения автоматической сварки вместо полуавтоматической.

Снижения расхода электрической энергии и металла за счет снижения разбрызгивания и за счет применения источника питания с высоким коэффициентом полезного действия 91-93 %.

Снижения расхода углекислого газа за счет снижения разбрызгивания.

Снижения трудоемкости за счет механизации сборочных работ.

Для сварки конструкции секции крыши в качестве сварочного оборудования используется сварочный выпрямитель ВС – 600, у которого коэффициент полезного действия составляет 70 % и полуавтомат устаревшей модели А 1197, что приводит к большому разбрызгиванию металла.

Вследствие вышеизложенного нами был выбран инверторный источник питания марки «Форсаж-250». Эта установка предназначена для сварки низкоуглеродистых, низколегированных и коррозионно-стойких сталей. Она имеет плавную регулировку сварочного тока, снабжена вентилятором и защитой от перегрева. Диапазон сварочного тока от 40 до 315 А, масса 6,7-12,5 кг, коэффициент полезного действия составляет 91 – 92 %. Применение данного источника питания позволяет в сочетании с проволокой снизить разбрызгивание металла до 4 %, соответственно уменьшить ресурсоемкость (трудоемкость, энергоемкость, материалоемкость) сварочных операций и себестоимость изготовления секции крыши вагона.

В дипломном проекте нами проработан вариант новой технологии сборки и сварки секции крыши вагона модели 11-287. Разработанная технология изготовления секции крыши на поточно-механизированной линии, позволила снизить трудоемкость сборочно-сварочных операций, механизировать и автоматизировать транспортные операции.

Внедрение модернизированной технологии позволит:

- снизить себестоимость на 0,99 %;
- увеличить рентабельность в 1,01 раза;
- экономический эффект составит 128432,57 руб/год.

## РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ПАНЕЛЕЙ КОТЛОВ МОДУЛЬНОГО ТИПА

Евменов Д.А. – студент, Нетребский С.А. – студент, Радченко М.В. – д.т.н., профессор,  
Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время проблема ресурсосбережения, в частности в тепловой энергетике, приобретает особенно острый характер. Одним из путей решения проблемы устойчивого теплоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства является использование котлов малой мощности (порядка 30 кВт) модульного типа, рассчитанных на период работы до 30 лет. Однако при длительной эксплуатации в агрессивных средах (продуктов сгорания топлива) рабочие поверхности панелей таких котлов, при их изготовлении из котельных сталей типа 20К, подвергаются износу и могут потерять работоспособность. Изготовление панелей котлов из нержавеющей сталей значительно увеличивает их стоимость.

Эту проблему можно решить нанесением на изнашиваемые поверхности защитных покрытий с широким диапазоном свойств. На данной стадии технического развития одностадийное формирование покрытий (напылением) часто не обеспечивает конечные эксплуатационные характеристики. Причины этого связаны с тем, что при нанесении первичного покрытия невозможно освободиться от пористости, газосодержания, сопутствующих примесей и неметаллических включений. Снижение перечисленных факторов, сильно влияющих на эксплуатационные качества одностадийных покрытий возможно только за счет повторной технологической обработки. По результатам теоретического анализа основных технологических параметров комбинированных способов создания защитных покрытий установлено, что для разработки комплексной технологии нанесения покрытий с высокими эксплуатационными свойствами необходимо использовать интенсивные источники нагрева до температур 2500-3000 °С, обеспечивающие жесткий термический цикл нагрева и охлаждения материала покрытия. Таким образом, наиболее

перспективным способом упрочнения панелей представляется напыление износостойких материалов с последующей их вторичной обработкой электронным лучом. Использование электроннолучевой обработки в вакууме порядка  $1 \cdot 10^{-3} - 10^{-4}$  мм. рт. ст. вполне обеспечивает сохранение фазового и химического состава, а следовательно свойств покрытий на панелях котлов модульного типа.

Анализ современных материалов для напыления защитных покрытий показал, что среди выпускаемых промышленностью порошковых сплавов в качестве износостойких и коррозионно-стойких для ответственных изделий наиболее часто используются высоколегированные самофлюсующиеся сплавы на основе никеля и хрома типа ПГ-СР2, ПГ10Н-01 и сплавы на основе меди и алюминия типа ПГ-19М-01. В первых порошковых сплавах коррозионная стойкость обеспечивается наличием хрома в количестве 13...18%. Технологичность таких сплавов в процессах напыления и оплавления определяется хорошей смачиваемостью, низкой температурой плавления эвтектики ( $1050^\circ\text{C}$ ), а также наличие в составе флюсообразующих компонентов (Si и В) в исходном составе предопределяет равномерность распределения легирующих элементов в материале оплавленного слоя. В сплавах системы Cu-Al основной фазой кроме алюминия являются химически устойчивые интерметаллиды типа  $\text{CuAl}_2$ . Поэтому покрытия из порошков этих систем являются наиболее приемлемыми с точки зрения технологии их нанесения и практически инертными при взаимодействии с кислотной коррозионной технологической средой, образующейся в котлах модульного типа в процессе сжигания топлива.

В результате теоретических и экспериментальных исследований разработаны оптимальные с точки зрения качества покрытий технологические режимы газо-термического напыления сплавов системы Ni-Cr-B-Cr и Cu-Al, обеспечивающие пористость покрытий на уровне 5-8% при отсутствии их отслоения от основы и стабильную шероховатость поверхности. Научно обоснованы технологические режимы вторичной электроннолучевой обработки оплавлением покрытий в вакууме, существенно улучшающие конечное качество покрытий. Мощность электронного луча составляла 2,5 кВт при ускоряющем напряжении 20 кВ, токе луча 125 мА и диаметре луча 1 мм. Сравнительный анализ структур и профилограмм поверхности газотермических и оплавленных покрытий показал, что после электроннолучевого оплавления структура порошковых покрытий претерпела существенные изменения. По всей толщине оплавленного слоя образовалась плотная практически беспористая (менее 1%) литая структура с равномерным рельефом поверхности. При этом прочность сцепления с поверхностью увеличилась в 1,2...1,5 раза. Фазовый анализ покрытий, полученных по одностадийной и двухстадийной технологиям показал, что оплавление напыленных покрытий концентрированным потоком энергии практически не приводит к каким-либо существенным изменениям фазового состава. Этот вывод в полной мере относится как для сплавов на основе Ni, так и для сплавов на основе Cu. Коррозионная стойкость покрытий на один порядок выше, чем у нержавеющей сталей типа X18H10T.

Разработанные покрытия рекомендуются при проектировании и изготовлении котлов модульного типа со сроком службы до 30 лет.

## АДГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ БИОСОВМЕСТИМЫХ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Попова А.А – магистрант, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В связи развитием нанотехнологий особую актуальность приобретают медицинские имплантаты. Формирование однородной ультрамелкозернистой наноструктуры в титане позволило получить материал с высокими механическими свойствами, соответствующими титановым сплавам медицинского назначения. Чистый титан не содержит легирующих, вредных для организма, элементов. При этом не меняется элементный и фазовый состав и

наноструктурный титан может быть успешно применен в медицинской практике. Для остеоинтеграции биологических тканей на поверхность изделий из титана наносят кальций-фосфатные покрытия (аморфные, нанокристаллические и кристаллические), что позволяет придать изделию (имплантату) необходимые эксплуатационные свойства без изменения его природы и структуры.

Основные требования, предъявляемые к биопокрытиям, – улучшенная биосовместимость, пористость, шероховатость, способствующая интеграции с костной тканью, химическая и фазовая стабильность [1, 2], адгезионная прочность. Однако, предлагаемые технологии создания биосовместимых покрытий дентальных имплантатов не всегда удовлетворяют в полной мере современным медицинским требованиям, в связи с чем идет поиск новых технологических решений формирования биосовместимой шероховатой поверхности на имплантатах, обеспечивающей надежную интеграцию имплантата с костной тканью.

Цель работы – исследование влияния предварительной обработки титановой подложки на адгезионную прочность кальций-фосфатных покрытий из гидроксиапатита кальция.

В качестве материала для напыления использовался биологический гидроксиапатит кальция размером 150...300 мкм. Для нанесения кальций-фосфатных покрытий использовалась установка детонационно-газового напыления порошковых материалов «Катунь-М». В качестве подложек использовались титановые пластины (ВТ 1.0) размером 20×20×3 мм.

Для очистки поверхности титана от различных загрязнений, и создания шероховатой поверхности на первом этапе применялась пескоструйная воздушно-абразивная обработка с использованием пескоструйного аппарата пневматического действия АПС-22. В качестве абразивного материала использовался порошок окиси алюминия  $Al_2O_3$  мелкой (80...125 мкм) и крупной (200...800 мкм) фракций.

Исследования морфологии поверхности после пескоструйной обработки методом растровой электронной микроскопии показали, что поверхность имеет ярко выраженный рельеф (рисунок 1, а). Глубина впадин рельефа зависит от вида абразивного материала и размера его зерна. При этом в случае использования корундового шлифпорошка шероховатость поверхности титана оказывается следующей:  $Ra < 1$  мкм (7 класс по ГОСТ 2789-73) и  $1,6$  мкм  $< Ra < 2,5$  мкм (6 класс) соответственно.

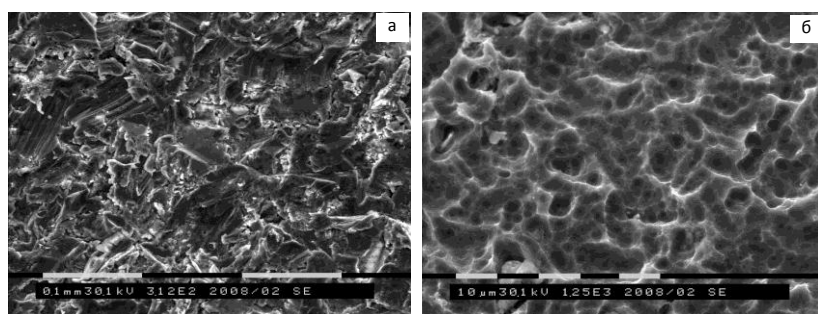


Рисунок 1 – РЭМ-изображения поверхности титана: а) после пескоструйной обработки абразивным материалом (корунд), б) после последующего кислотного травления

Следующим этапом обработки поверхности было химическое травление в кислотном травителе на основе соляной и серной кислоты, которое позволило очистить поверхность и сформировать высокопористую структуру (30...50 %) с размерами пор 2...5 мкм (рисунок 1, б). После пескоструйной обработки и химического травления для очистки поверхности образцы помещались в ультразвуковую мойку Elmasonic 515H.

На рисунке 2 приведены типичные РЭМ-изображение покрытия на основе гидроксиапатита, нанесенного детонационно-газовым методом. Видно, что покрытия, имеют ярко выраженный рельеф. Покрытия состоят из частиц гидроксиапатита (рисунок 2, а), наблюдаются поры, которые формируются при оплавлении частиц (рисунок 2, б).

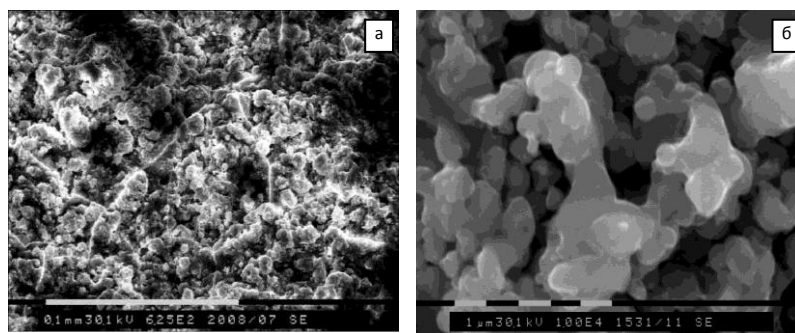


Рисунок 2 – РЭМ-изображение покрытия на основе гидроксиапатита, нанесенного детонационно-газовым методом после пескоструйной обработки: а) частицы гидроксиапатита, б) поры, формирующиеся при оплавлении частиц

Для оценки адгезионной прочности покрытия к подложке из титана использовался метод отрыва [3]. При исследовании адгезионной прочности методом отрыва была отработана специальная методика, которая заключалась в следующем. К противоположным поверхностям плоского образца с покрытиями с помощью высокопрочного клея Loctite Hysol приклеивали цилиндры, основания которых располагались строго параллельно к исследуемой поверхности. Испытания на отрыв проводили на машине Instron. При этом измеряли величину усилия, необходимого для отделения покрытия от основы одновременно по всей площади контакта. Усилие при этом прикладывается перпендикулярно плоскости клеевого шва, а величина адгезии характеризуется силой, отнесенной к единице площади контакта ( $\text{H}/\text{m}^2$ ):

$$P=F/S.$$

Результаты исследования адгезионной прочности покрытий, нанесенных детонационно-газовым методом без предварительной пескоструйной обработки, показали, что она не превышает 20 МПа, что недостаточно для их эксплуатации. А при предварительной обработке поверхности титана, включающую пескоструйную обработку и химическое травление, адгезионная прочность покрытий к подложке составляла 35 МПа.

Таким образом, предварительная обработка поверхности титановой подложки, включающая пескоструйную обработку и химическое травление, позволяет повысить адгезионную прочность покрытия до 35 МПа, что соответствует требованиям медиков.

#### Литература

1. Tsui Y.C., Doyle C et al. Plasma sprayed hydroxyapatite coating on titanium substrates // *Biomaterials*. – 1998. – № 19 – p. 2015-2029.
2. Matsuura T., Hosokawa R. et al. Diverse mechanisms of osteoblast spreading on hydroxyapatite and titanium // *Biomaterials*. – 2000. – № 21 – p. 1121-1127.
3. Тушинский Л.И. Методы исследования материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. – М.: Мир, 2004. – 384 с.

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ РАМ ТЕЛЕЖЕК КРАНОВ

Почанкин И.М. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Мостовые краны относятся к опасному производственному объекту «Подъемно-транспортное оборудование» и являются одним из наиболее распространенных средств механизации различных производств, погрузочно-разгрузочных и складских работ.

Мост крана состоит из двух основных частей: моста и тележки. Тележка мостового крана представляет собой рабочий грузоподъемный механизм. Механизм подъема







Рисунок 2 – Инверторный источник питания FastMig KMS 400 с механизмом подачи проволоки FastMig MSF 55

Приспособление для сварки балок, которое является частью станда для сборки и сварки, служит для передвижения и удобной подачи сварочного оборудования к месту сварки.

Станд для сборки рам, унифицированный и переналаживаемый под сборку рам разных конфигураций, с двумя движущимися тележками с пневмоприводами и пневмоприжимами, и необходимыми фиксирующими устройствами, учитывающими габариты и геометрические формы деталей, входящих в состав рамы. При переналадке на другой типоразмер рамы тележки эти зажимы переставляются.

Станд для сварки рам, по разработанной нами технологии изображен на рисунке 3. Рама подается на стандарт, корпус рамы жестко закрепляется на поворотной раме стандарта, рама с помощью манипулятора поднимается на  $87^\circ$ , завариваются вертикальные швы, привод стола от пневмодвигателя (имеется пневмозамок, предупреждающий поворот стола при падении давления), затем опускается, и завариваются горизонтальные швы, стропиться, высвобождается от фиксирующих элементов и складывается.

С целью улучшения условий труда сварщиков предлагается внедрение дополнительного оборудования, не имеющего аналогов в России. Это новейшая установка – вытяжное устройство «Поток» (рисунок 4).

Вытяжное устройство «Поток» представляет собой специальное вытяжное устройство, предназначенное для отвода сварочных газов от места сварки [2]. Вытяжное устройство «Поток» может применяться в различных сварочных процессах, для лучшего отвода сварочных газов.

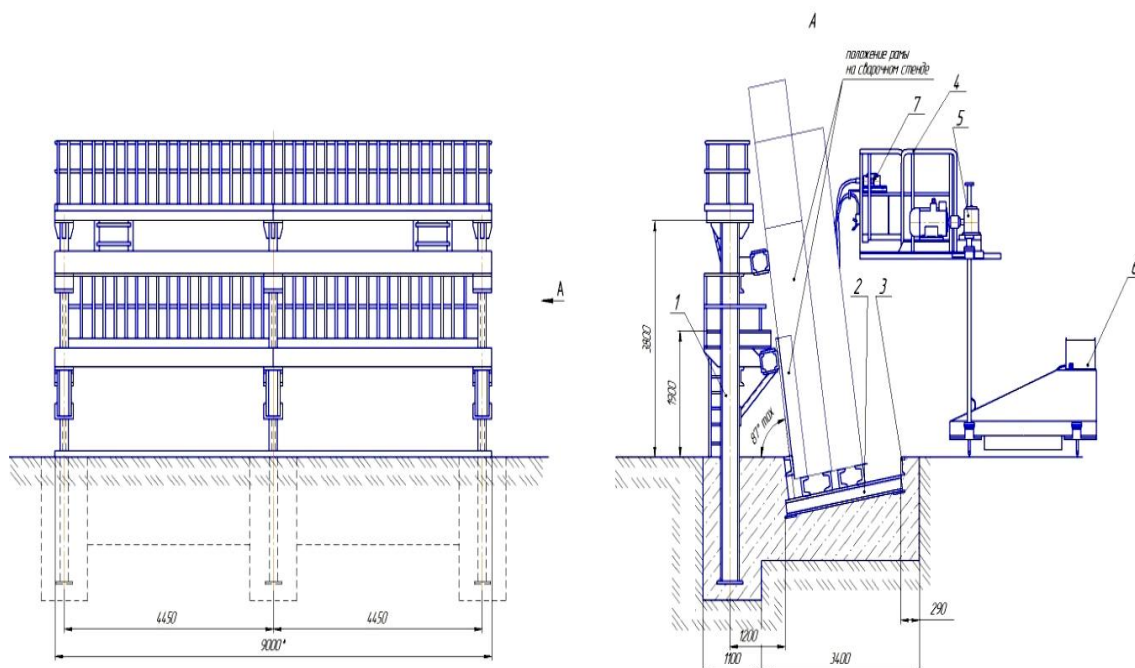


Рисунок 3 – Стенд для сварки рам

Вытяжное устройство «Поток» может быть использовано:

- 1) При работе покрытыми сварочными электродами, для отвода сварочных газов в местах, где другие способы не предусмотрены;
- 2) При работе с аппаратами для механизированной сварки. При этом устройство работает в паре со специальной полуавтоматической сварочной горелкой;
- 3) С другими способами сварки, где технологически и технически возможно применение воздуховытяжного устройства «Поток».



Рисунок 4 – Вытяжное устройство Поток

Таким образом, разработанная технология позволит улучшить условия труда производственных рабочих, сократить время сборки и сварки, повысить качество выпускаемых рам тележек кранов.

#### Литература

1. Бычков Д.А. Разработка технологии сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана / Д.А. Бычков, М.Н. Сейдулов / Горизонты образования. – 2013. – Выпуск 15. – электронный ресурс [доступ свободный]. – [http://edu.secna.ru/media/f/mbsp\\_tez\\_2013.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/mbsp_tez_2013.pdf). – С. 31-34.
2. Вытяжное устройство Поток. ООО «Сибирь-Технология-Сервис». – электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://ctc22.ru/news/21/>.

## РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ БАЛКИ КОНЦЕВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ КРАНА

Шакиров И.А. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время актуальной проблемой машиностроения является повышение эффективности производства и качества продукции. Это связано с устаревшей технологией производства, несоблюдением сроков выпускаемой продукции, износом оборудования и низким качеством продукции.

Для достижения требуемого результата, необходимо внедрение специализированных механизмов, современного сварочного оборудования, усовершенствованного технологического процесса. Таким образом, при надлежащем исполнении производственных задач по организации своевременного выполнения заказов, сокращение расходов и, непременно, увеличение прибыли, получится достигнуть улучшения производительности и повышения качества выпускаемой продукции.

Цель работы – разработать маршрут технологического процесса сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана. Для выполнения поставленной цели были сформулированы задачи:

1. Анализ базовой технологии. Выбор способа сварки, сварочных материалов и оборудования;
2. Разработка усовершенствованного технологического процесса.

Подъемно-транспортное оборудование, включая мостовые краны, относится к опасным производственным объектам [1]. Мостовые краны являются одним из наиболее распространенных средств механизации различных производств, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Мост крана состоит из двух основных частей: моста и тележки. Рама тележки крана представляет собой жесткую сварную металлоконструкцию прямоугольной формы, состоящую из листового настила, продольных, поперечных балок и концевых балок, опирающихся на ходовые колеса.

Концевая балка (рисунок 1) предназначена для обеспечения поперечной жесткости тележки крана, изготавливается из низкоуглеродистой низколегированной стали 09Г2С.

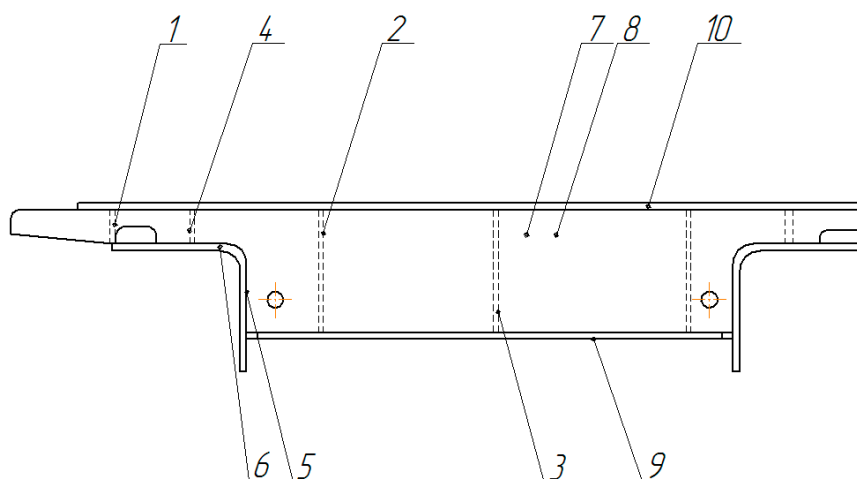


Рисунок 1 – Балка концевая рамы тележки крана: 1 – торцевой лист; 2 – ребро жесткости; 3 – диафрагма; 4 – поперечный лист; 5 – лист гнутый; 6 – лист гнутый; 7 – лист боковой правый; 8 – лист боковой левый; 9 – лист основания верхний; 10 – лист основания нижний

Анализ базового технологического процесса балки концевой показал, что в настоящее время практически все узлы балки концевой изготавливаются на отдельных плитах. Это обосновывается тем, что существующая организация производства не предусматривает

специализированных приспособлений для изготовления данных узлов и не учитывает то, что узлы изготавливаются в разных цехах на площадках, где изготавливается также большая номенклатура других изделий. Следовательно, сварочное производство в данном случае не достаточно механизировано и использует устаревшее оборудование, которое приводит к низкой производительности, ухудшению качества, большому расходу материалов и высокой себестоимости сварочного процесса.

Предлагаются следующие пути по усовершенствованию технологического процесса:

1. Замена ручной дуговой сварки плавящимся электродом на механизированную сварку в среде углекислого газа, в результате сравнения механических свойств наплавленного металла электродом УОНИ-13/55 и проволокой Св-08Г2С. Это позволит улучшить качество сварных соединений, получить более глубокое проплавление корня шва с образованием мелкозернистой структуры, уменьшить пористость, увеличить скорость сварки, следовательно, снизить трудоемкость сварочных работ, уменьшить затраты на сварочные материалы и оборудование, а, как следствие, и себестоимость узла в целом;

2. Замена применяемого в базовом варианте сварочного оборудования на современный сварочный полуавтомат для улучшения качества сварной конструкции и повышения эффективности технологии изготовления балки концевой;

3. Увеличение производительности труда путем внедрения специализированных механизмов, а, именно, использование стенда для сборки и сварки [2].

В качестве оборудования, применяемого для механизированной сварки в среде углекислого газа, предлагается современный сварочный выпрямитель инверторного типа Урал-Мастер 500(02) У2 производства ЗАО «Уралтермосвар» с механизмом подачи проволоки УРАЛ-3М [3]. Для улучшения качества сварных соединений и повышения эффективности технологии изготовления балки концевой.

Предлагаемая технология сборки и сварки балки концевой тележки крана показана на рисунке 2 и включает этапы, подробно рассмотренные ниже.

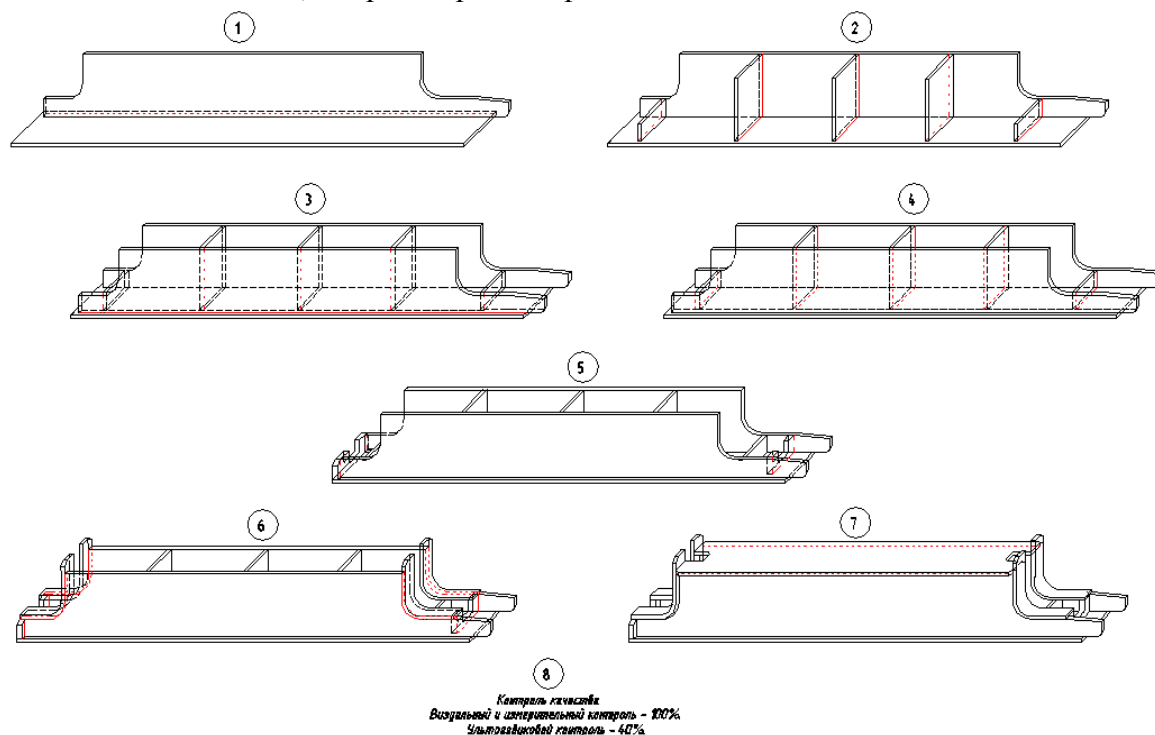


Рисунок 2 – Технология сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана

1. Установка, прихватка и сварка правого бокового листа на лист основания нижний. Прихватка осуществляется на режимах: диаметр электродной проволоки 1,6 мм, напряжение 22...28 В, сварочный ток 90...140 А, катет шесть мм, длина прихватки 30...40 мм, расстояние между прихватками 100...150 мм. Механизированная сварка в углекислом газе

(высшего сорта) правого бокового листа выполнена швом Т1, проволокой Св-08Г2С на режимах: напряжение 24...30 В, сварочный ток 280...300 А, катет восемь мм, скорость сварки 32...37 м/ч.

2. Установка диафрагмы, ребер жесткости, поперечных листов на лист основания нижний, производя прихватку диафрагмы, ребер жесткости и поперечных листов с правым боковым листом и нижним листом основания. Прихватка осуществляется на принятых режимах.

3. Установка, прихватка и сварка левого бокового листа на нижний лист основания, производя прихватки диафрагмы, ребер жесткости и поперечных листов с левым боковым листом. Прихватка осуществляется на принятых режимах. Сварка левого бокового листа выполнена швом Т1, проволокой Св-08Г2С на принятых режимах.

4. Сварка диафрагмы, поперечных листов, ребер жесткости, с левым и правым боковым листом и нижним листом основания. Сварка диафрагмы, поперечных листов и правого ребра жесткости выполнена швом Т3, проволокой Св-08Г2С на режимах: напряжение 22...28 В, сварочный ток 260...280 А, катет шесть мм, скорость сварки 30...35 м/ч, а сварка левого ребра жесткости выполнена швом Т6 на режимах подобных Т3.

5. Установка и прихватка торцевых листов. Прихватка осуществляется на режимах: диаметр электродной проволоки 1,6 мм, напряжение 22...28 В, сварочный ток 90...140 А, катет шесть мм, длина прихватки 30...40 мм, расстояние между прихватками 100...150 мм.

6. Установка и прихватка гнутых листов, сварка торцевых листов и последующая сварка гнутых листов. Прихватка осуществляется на принятых режимах.

Сварка торцевых листов выполнена швом Т3 и Т1, проволокой Св-08Г2С на режимах для Т3: напряжение 22...28 В, сварочный ток 260...280 А, катет шесть мм, скорость сварки 30...35 м/ч; для Т1: напряжение 24...30 В, сварочный ток 280...300 А, катет восемь мм, скорость сварки 32...37 м/ч. Сварка гнутых листов выполнена швом Т6 и У6, проволокой Св-08Г2С на режимах: напряжение 22...28 В, сварочный ток 260...280 А, катет шесть мм, скорость сварки 30...35 м/ч.

7. Установка, прихватка и сварка верхнего листа основания. Прихватка осуществляется на принятых режимах. Сварка верхнего листа основания выполнена швом Т1, проволокой Св-08Г2С на режимах: напряжение 24...30 В, сварочный ток 280...300 А, катет восемь мм, скорость сварки 32...37 м/ч.

8. Контроль качества. Визуальный и измерительный контроль – 100 процентов, ультразвуковой контроль – 40 процентов.

Таким образом, был проведен анализ технологичности конструкции балки концевой, указаны рациональные причины выбора сварочного оборудования, материалов, режимов сварки и наложения прихваток. Разработанный маршрут технологического процесса позволяет улучшить условия труда и повысить качество выпускаемой продукции.

#### Литература

1. РД 24.090.97-98. Оборудование подъемно-транспортное. Требования к изготовлению, ремонту и реконструкции металлоконструкций грузоподъемных кранов.

2. Бычков Д.А. Разработка технологии сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана / Д.А. Бычков, М.Н. Сейдуров / Горизонты образования. – 2013. – Выпуск 15. – электронный ресурс [доступ свободный]. – [http://edu.secna.ru/media/f/mbsp\\_tez\\_2013.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/mbsp_tez_2013.pdf). – С. 31-34.

3. Урал-Мастер 500.01. ЗАО «Уралтермосвар». – электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://uraltermosvar.ru/index.php?page=products&pid=100527>.

## ИНДУКЦИОННАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ СПЛАВОВ

Муштаков А.А. - студент, Тимошенко В.П. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В основе метода индукционной наплавки деталей почвообрабатывающих машин лежит нагрев и расплавление присадочного материала под действием токов высокой частоты. Для наплавки используется специальная порошкообразная шихта, состоящая из гранулированного твердого сплава и флюсов на основе буры и борного ангидрида в определенном весовом соотношении. Шихту наносят на наплавляемую поверхность слоем, толщина которого зависит от заданного размера наплавляемого слоя. Затем участок детали, подлежащий наплавке, вводят в специальный индуктор высокочастотной установки подобно тому, как это делается при индукционной закалке. Источником питания, как правило, служат высокочастотные установки.

При прохождении тока высокой частоты (более 70 000 Гц) через контур индуктора в поверхностных слоях основного металла наводятся электрические токи (токи Фуко), и наружный слой металла быстро нагревается. Плотность индуцированных токов зависит от геометрических размеров нагреваемой детали, удельного сопротивления и магнитной проницаемости материала детали и частоты тока. Слой порошкообразной шихты, расположенный между индуктором и нагреваемой поверхностью, в связи с высоким сопротивлением слабо реагирует на воздействие переменного магнитного поля. Шихта нагревается теплом, передаваемым от поверхности основного металла. Поэтому для обеспечения процесса наплавки температура нагрева поверхности основного металла должна быть на 150...170 °С выше температуры плавления порошка твердого сплава, а скорость подвода тепла к нагреваемой поверхности должна быть значительно больше скорости его отвода в глубь изделия и потерь в окружающую среду.

Плотность индукционного тока по сечению детали неравномерна. Она достигает наибольшего значения у поверхности и резко падает при переходе вглубь детали. Это позволяет концентрировать тепло в точках поверхности, в которых необходимо осуществить нагрев металла до высоких температур. Расчет показывает, что толщина слоя  $\delta$ , в котором поглощается почти вся переданная энергия (86,5%), равна:

$$\delta \approx \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}, \text{ где } \delta = 5,03 * 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление в ом•м;

$\mu$  – относительная магнитная проницаемость;

f – частота тока в Гц.

Из формулы нетрудно установить, что с увеличением частоты тока уменьшается толщина слоя  $\delta$ , т. е. тепло концентрируется ближе к поверхности, следовательно, уменьшается время нагрева поверхностных слоев.

При нагреве выше критической точки 768 °С (точка Кюри) магнитная проницаемость стали и чугуна скачкообразно уменьшается, что приводит к значительному увеличению глубины проникновения тока и, следовательно, к резкому снижению интенсивности нагрева наплавляемого участка.

При решении конкретных практических задач вполне допустимы приближенные способы расчета. Можно принять, что глубина проникновения тока в металл равна:

$$\delta_m = \frac{K}{\sqrt{f}} \text{ мм}, \quad (2)$$

при этом, в зависимости от материала значения K равны:

Материал	Сталь	Медь	Сормайт
Температура в °С	20; 800; 1300	20; 100; 1000	20; 1300

Коэффициент К                    20; 550; 575    67; 77; 155                    20; 540

Одной из особенностей процесса является то, что наплавка происходит в условиях определенного давления, с которым электромагнитное поле действует на помещенное в него тело. Удельное давление на единицу поверхности нагреваемого тела может быть определено из выражения:

$$\Delta N = 6 \cdot 10^{-4} \frac{\Delta P}{\sqrt{\rho \mu f}} \hat{e} \tilde{A} / \dot{i}^2, \quad (3)$$

где  $\Delta P$  – удельная мощность;  
 $\rho$  – удельное электрическое сопротивление;  
 $\mu$  – магнитная проницаемость;  
 $f$  – частота тока.

Подставив в это выражение значение магнитной проницаемости и удельного электрического сопротивления, получим для стали и сплавов на железной основе, нагретых выше точки магнитных превращений,

$$\Delta N = 5,2 \cdot 10^{-2} \frac{\Delta P}{\sqrt{f}} \hat{e} \tilde{A} / \dot{i}^2, \quad (4)$$

В процессе наплавки к жидкому металлу оказывается приложенной большая часть электродинамических сил. Если металл нагревается с повышенной мощностью, то расплавленный металл может вытесняться из зоны с повышенной напряженностью электромагнитного поля, вызывая нежелательные изменения геометрии наплавляемого слоя. С этим необходимо считаться при выборе условий наплавки и конструировании индуктора.

Из рассмотренного следует, что для минимального искажения геометрии наплавленного слоя предпочтительно использовать ток относительно высокой частоты, так как удельное давление обратно пропорционально корню квадратному из частоты. По такому же закону с повышением частоты тока уменьшаются силы, вызывающие электромагнитное перемешивание расплавленного твердого сплава.

В ряде случаев по конструктивным, технологическим или другим соображениям возникает необходимость понизить частоту тока. Без заметного снижения к. п. д. нагрева это можно осуществить лишь до некоторого предела, определяемого отношением толщины основного металла к глубине проникновения тока. При некоторых минимальных значениях частоты к. п. д. значительно падает, и индукционный нагрев становится нерентабельным или вообще неосуществимым.

Мощность, передаваемая нагреваемому телу, связана с характеристиками нагреваемого материала, размерами индуктора и параметрами электрического режима, следующей формулой:

$$P_a = \frac{U_i^2 S \sqrt{\rho \mu}}{32 \pi^3 a^2 l_i^2 \sqrt{f^3}}, \quad (5)$$

где  $a$  – расстояние (зазор) между индуктором и деталью;  
 $l_i$  – длина индуктора;  
 $U_i$  – напряжение на зажимах индуктора;  
 $S$  – площадь нагреваемой поверхности детали.

Деформации детали при нагреве, а также плавление шихты вызывают изменение зазора между деталью и индуктором, что может сказаться на перераспределении мощности в процессе нагрева.

При индукционной наплавке не требуется никакой специальной подготовки изделия. Поверхность детали может быть механически обработанной или покрытой слоем металлургической окалины, ржавчины. При наличии такого рода загрязнений требуется лишь некоторое увеличение содержания флюсов в шихте.

Часто применяемый термин «подготовка под наплавку» следует понимать как придание зоне упрочнения детали геометрических форм и размеров в соответствии с конструктивными требованиями.

Последовательность основных технологических операций индукционной наплавки следующая:

- подготовка наплавочной шихты (приготовление порошка твердого сплава и флюсов и их смешивание в определенной пропорции);
- подготовка поверхности под наплавку очистка от продуктов механической обработки);
- нанесение шихты;
- нагрев упрочняемого участка в индукторе до полного расплавления шихты;
- охлаждение до комнатной температуры на воздухе;
- окончательная обработка (придание режущему лезвию или всей детали конечной формы путем гибки, заточки и др.).

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛЕМЕХОВ КУЛЬТИВАТОРОВ–ПЛОСКОРЕЗОВ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

Баскакова А.А. - студент, Тимошенко В.П - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Большие земельные площади нашей страны подвергаются ветровой эрозии. Особенно интенсивно проявляется ветровая эрозия в районах недостаточного увлажнения с резкими колебаниями летних и зимних температур, в открытых степных районах с сильными ветрами. Вследствие ветровой эрозии ежегодно погибает или повреждается большое количество посевов зерновых и других культур, выбывают из сельскохозяйственного пользования сотни тысяч гектаров пахотных земель, лугов, пастбищ и других ценных угодий.

Одним из наиболее эффективных средств борьбы с ветровой эрозией является замена обычной отвальной зяблевой вспашки системой безотвальных обработок, при которых на поверхности поля сохраняется в первоначальном состоянии стерня зерновых культур. Стерня обеспечивает создание мощного равномерного снегового покрова, который предохраняет почву от глубокого промерзания и защищает пахотный слой от выдувания.

Безотвальную обработку обеспечивают плоскорезящие рабочие органы культиваторов–плоскорезов и плоскорезов–глубококорыхлителей.

Культиваторы–плоскорезы – имеют широкозахватные симметричные лапы, составной частью которых являются лемеха. Рыхлят почву на глубину 8...16 см без перемешивания слоев с сохранением на поверхности до 90% стерни.

Культиваторы–плоскорезы впускают прицепные и навесные. Первые изготавливают в виде отдельных секций, присоединяемых к сцепке. Вторые изготавливают как с жестким прикреплением рабочих органов при ширине захвата до 4...5 м, так и с шарнирно-секционным.

Глубококорыхлители–плоскорезы. Их рабочие органы обрабатывают почву без перемещения слоев на глубину до 30 см с сохранением на поверхности до 65% стерни.

Для изготовления лемехов чаще всего используются углеродистые стали Л53, Л65 и сталь Л65Г.

В процессе эксплуатации процесс износа рабочих органов почвообрабатывающих машин протекает при непрерывном взаимодействии металла с почвой. Интенсивность и характер износа металла зависят от природы и свойств почвы, а также от условий взаимодействия с ней рабочих органов. В качестве основных факторов, определяющих износ рабочих органов почвообрабатывающих машин, выделяются механический состав, влажность, плотность и однородность почвы, скорость движения и форма рабочих органов, а также свойства материалов, из которых они изготовлены.



Таким образом, актуальность проблемы повышения долговечности деталей сельскохозяйственных машин с каждым годом возрастает. Это объясняется тем, что повышаются требования, предъявляемые к машинам, непрерывно увеличиваются скорости движения, производительность и, соответственно, интенсивность эксплуатации машин.

Современное металловедение и термическая обработка стали характеризуются наличием двух различных направлений. Первое направление предусматривает возможность получения различных структурных состояний варьированием интенсивности охлаждения. При этом термическая обработка состоит из не варьированного медленного нагрева для превращения исходных фаз в одну высокотемпературную и охлаждения в различных условиях для создания видоизменений продуктов ее превращения.

В последние десятилетия получило развитие новое самостоятельное направление в металловедении и практике термической обработки. Это направление предусматривает разработку новых принципов воздействия на структуру и свойства стали и сплавов. Принципиальным отличием его является возможность дополнительного повышения свойств за счет воздействия на строение и общее состояние высокотемпературной фазы.

В течение первых 30 лет развития этого направления основное внимание уделялось разработке методов нагрева, предусматривающих использование внутреннего источника тепла – индукционного или контактного электронагрева. Оказалось, что состояние аустенита можно существенно изменять. Вследствие этого изменяются характер и условия превращений при охлаждении, что приводит в ряде случаев к большим отличиям в форме и пространственном распределении фаз в продуктах распада и к видоизменениям морфологии мартенсита. Для использования возможности воздействия на высокотемпературную фазу оказалось необходимым решить ряд новых сложных вопросов, относящихся к механизму и кинетике образования этой фазы. Не менее важной является возможность постановки принципиально новых видов физико–механической оценки металлов и сплавов, предназначенных для эксплуатации в специфически трудных условиях. Индукционный нагрев исследуют и применяют при термической обработке уже более 40 лет. В настоящее время его используют на машиностроительных, приборостроительных, металлургических и других заводах. В ряде случаев на обработку этим методом переведено до 75...80% всех изделий, подвергающихся термической обработке.

Индукционный нагрев, предусматривающий передачу энергии бесконтактным способом, находит наиболее широкое и разнообразное применение в современной технике: в электрометаллургии, для получения высококачественных сортов стали, зонной плавки чистых металлов, в операцияхковки и штамповки, в химической, текстильной промышленности и в целом ряде специальных производств. Весьма эффективно и целесообразно использование индукционного нагрева для термической обработки металлов.

При индукционной наплавке твердых сплавов происходят сложные металлургические процессы. Происходит диффузия углерода и легирующих элементов, их выгорание, а также разбавление жидкой ванны наплавляемого сплава основным металлом. Чем больше время наплавки и выше температура, тем интенсивнее происходят эти процессы.

На нагреваемой заготовке первыми в шихте плавятся флюсы (начиная с нижних слоев) при температуре 600...750 °С. Расплавленные флюсы увеличивают скорость передачи тепла частицам твердого сплава, которые, начиная от поверхности детали, плавятся при достижении своей точки солидуса.

В образующемся слое расплавленного металла индуцируется ток, наибольшая температура перемещается сюда с поверхности наплавляемой детали и следует за перемещающейся вверх линией расплавления.

Процесс сплавления твердого сплава и основного металла начинается с диффузии компонентов шихты атомов углерода и бора в тонкий поверхностный слой основного металла. Первоначально при низких температурах диффузия происходит по границам зерен до достижения предельной концентрации на межфазовых границах и образования жидкой фазы, в которой растворяются выступающие участки основного металла.

На второй стадии при температурах порядка 1260...1280 °С характер диффузии элементов изменяется: из межкристаллитной она становится фронтальной. Соответственно выравнивается поверхность сплавления: выступающие зерна основного металла растворяются в жидкой фазе равномерно, а со стороны основного металла обнаруживается перлитная каемка. При этих температурах скорость перемещения атомов углерода в аустените значительно превышает скорость растворения основного металла, о чем свидетельствует прогрессивное увеличение размера диффузионной зоны. Следующая стадия соответствует температурам примерно 1280...1320 °С: скорость растворения основного металла в расплаве увеличивается (особенно сильно после завершения плавления шихты) и приближается к скорости диффузии углерода, однако качественно процесс растворения продолжает оставаться фронтальным. В микроструктуре соединения четко выделяется граничная полоска. Дальнейшее продолжение процесса ведет к ухудшению износостойкости наплавленного слоя.

При нагреве до температур, приближающихся к точке солидуса данной марки стали, наступает четвертая стадия сплавления: по границам зерен аустенита начинается капиллярное проникновение расплава, сопровождающееся переходом пограничных объемов стали в жидкую фазу. В основном металле появляются межкристаллические прослойки, состоящие из легированного аустенита или аустенитно-карбидной смеси (ледебурита). При последующем охлаждении аустенит частично испытывает мартенситное превращение. Такой процесс приводит к необратимому увеличению хрупкости наплавленного участка, ударная вязкость снижается в 10...15 раз и не восстанавливается последующей термической обработкой (нормализацией). Поэтому критерием недопустимых структурных изменений является наличие признаков четвертой стадии сплавления.

Ширина и строение переходных участков зоны сплавления могут в значительной мере изменяться в зависимости от режимов наплавки. Чем выше скорость охлаждения наплавленного металла в критическом интервале температур, тем вероятнее образование мартенситных участков в зоне сплавления, и тем выше структурная и химическая неоднородность. С увеличением погонной энергии наплавки благодаря большей глубине проплавления и меньшей скорости охлаждения можно обеспечить меньшую структурную и химическую неоднородность зоны сплавления. Подогрев эффективно снижает неоднородность зоны сплавления.

## ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ДОЛОТООБРАЗНЫХ ЛЕМЕХОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ И ТЕРМООБРАБОТКИ

Бодрик А.В. - студент, Тимошенко В.П. - к.т.н., доцент,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Индукционную наплавку долотообразных лемехов осуществляют в петлевых индукторах вручную с настройкой генератора на максимальную мощность. Процесс контролируют визуально. Поскольку лезвие лемеха имеет меньшую толщину, чем его долотная часть, то наплавляемая поверхность нагревается неравномерно (разность температур на отдельных участках превышает 200 °С). В результате шихта оплавляется также неравномерно. При чрезмерном нагреве возможно оплавление основного металла с обратной стороны заготовки. Из-за неравномерного нагрева на отдельных участках шихта либо расплавляется не полностью, либо время нахождения ее в расплавленном состоянии оказывается мало (4...6 с), поэтому в наплавленном слое образуются поры и шлаковые включения, он имеет сравнительно низкую твердость (32...42 HRC<sub>3</sub>). В наплавленном металле присутствует большое количество (до 60...70% по занимаемой площади) не расплавившихся частиц феррохрома остроугольной формы, которые служат очагами зарождения трещин. Так как для обеспечения равномерного нагрева по достижении на поверхности заготовки температуры плавления мощность генератора следует снижать,

разработано программирующее устройство, обеспечивающее ступенчатое регулирование выходной мощности высокочастотного генератора.

Лемеха наплавляли в индукторе, имеющем параллельные ветви с различным индуктивным сопротивлением. Длина ветвей и воздушный зазор между ними и наплавляемой поверхностью были выбраны с учетом обеспечения равномерного нагрева всей упрочняемой поверхности.

Применение индуктора с параллельными ветвями и снижение интенсивности нагрева на стадии плавления шихты позволили наплавлять слои стабильной толщины и ширины. При этом перегрева и подплавления основного металла заготовки не происходило.

Структура металла, наплавленного на лезвие и долото, идентична, а его твердость возросла до 50...64 HRC<sub>3</sub>. Нерасплавленные частицы феррохрома за счет поверхностного оплавления приобретают глобулярную форму, что резко снижает вероятность образования трещин. Связка дополнительно легируется хромом и углеродом, что способствует резкому увеличению протяженности наиболее износостойкой заэвтектической зоны.

Структура наплавленного металла по высоте неоднородна, что связано с разбавлением его основным металлом и различием в скоростях охлаждения. Вблизи границы сплавления наблюдается узкий участок с доэвтектической структурой, затем расположен участок, имеющий эвтектическое строение. Основная же часть слоя имеет заэвтектическую структуру, для которой характерно наличие первичных карбидов, оплавившихся частиц феррохрома и карбидной эвтектики. Такая структура наплавленного слоя обеспечивает его достаточно высокую износостойкость.

Благодаря относительно длительному существованию металла в расплавленном состоянии (8...10 с) и электромагнитному перемешиванию из расплава удаляются неметаллические и газовые включения, небольшое количество которых наблюдается лишь в поверхностном слое наплавки. Трещин в основном и наплавленном металле нет.

Процесс наплавки (с применением индуктора с параллельными ветвями и уменьшением интенсивности нагрева на стадии плавления) может быть автоматизирован. При этом повышается качество наплавленных изделий и на 18% снижается расход электроэнергии. Время наплавки лемеха при стабильном качестве составляет 37...40 с.

Долговечность лемехов определяется не только износостойкостью наплавленного металла, но и прочностью его основного металла, особенно на долоте. Наиболее активно изнашивается носовая часть лемеха, в результате чего постепенно исчезает долотообразный выступ. Поэтому, чтобы повысить ресурс работы лемеха долото кроме износостойкой наплавки подвергают закалке.

Согласно существующему технологическому процессу лемех после наплавки (температура наплавки 1280...1320 °С) подстуживается до температуры 810...830 °С и после закалки специальным образом укладывается в стопку, где происходит отпуск закаленного долота за счет теплопередачи от лезвия лемеха, которое закалке не подвергается.

Установлено, что при термообработке по такой методике закаленный слой получается только под наплавленным слоем. При этом не выдерживается величина протяженности зоны закалки (120...135 мм) по полевому обрезу, что не отвечает требованию чертежа.

Для доэвтектоидных сталей, из которой изготавливается лемех, к которым относится сталь Л53, температура закалки должна быть на 30...50 °С выше точки АС<sub>3</sub> – 810...830 °С. При превышении этой температуры до величины 1280...1320 °С и достаточно длительной выдержкой наплавляемой части лемеха при этой температуре (15...20 с) происходит рост зерна аустенита. В стадии поставки периодический прокат имеет балл зерна аустенита 8...9, а после наплавки соответственно 3...4 и даже 1...2, в результате чего снижается ударная вязкость, увеличивается возможность возникновения больших закалочных напряжений.

Экспериментально в лабораторных условиях установлено, что время остывания лемеха после наплавки до температуры закалки лежит в пределах от 65 до 75 с. Фактическое время остывания под закалку при обследовании партии из 50 лемехов в производственных условиях колеблется от 15 до 45 с. Это объясняется тем, что после наплавки на поверхности

металла образуется окалина, которая при остывании вспучивается и вносит существенную погрешность при измерении температуры фотопирометром.

В результате, в большинстве случаев закалка производится с температур 1000...1150 °С, что способствует образованию трещин, и, как следствие, облому долота и выбраковке лемеха.

Для выявления структуры и свойств основного металла после термообработки были проведены исследования по трем вариантам.

1) Нагрев до 1300 °С, подстуживание до 810 °С, закалка в воде, отпуск при 340...360 °С. Образовавшаяся структура – сорбит с областями бейнита. Балл зерна 1...2. Твердость HRC<sub>3</sub>, 47...49.

2) Нагрев до 1300 °С, подстуживание до 810 °С, закалка в воде без отпуска. Структура аналогична варианту 1.

1 и 2 вариант – имитация существующего технологического процесса.

3) Нагрев до 1300 °С и охлаждение на воздухе. Нормализация при 830 °С. Повторный нагрев всей закаливаемой зоны и закалка в воде. Отпуск при 360 °С.

Образовавшаяся структура – троостит с областями бейнита. Балл зерна 8...9. Твердость HRC<sub>3</sub>, 49...50.

За критерий оценки качества закалки были приняты испытания на ударную вязкость.

В результате проведенного комплекса исследований установлено, что наилучшие результаты показали образцы, нормализованные после наплавки и отпущенные после закалки. Ударная вязкость образцов, термообработанных по 3 варианту, соответственно в 1,45 и 1,55 раза выше, чем по вариантам 1 и 2.

Введение нормализации, как отдельной операции, хотя и усложняет существующий технологический процесс, однако позволяет значительно улучшить эксплуатационные качества долотообразных лемехов. При этом оказывается возможным обеспечить размеры зоны закалки в соответствии с требованиями чертежа.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Уменьшение интенсивности нагрева основного металла на стадии плавления твердого сплава при использовании индуктора с параллельными ветвями позволяет получить структуру, соответствующую стадии полного расплавления. При этом на 15...20 % увеличивается протяженность наиболее износостойкой заэвтектической зоны.

2) Введение операции нормализации в процесс термообработки позволяет измельчить зерно основного металла и существенно повысить его ударную вязкость.

3) Увеличение износостойкости наплавленного слоя и увеличение ударной вязкости основного металла в совокупности повышают ресурс работы долотообразного лемеха на 30%.

## ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВАРКОЙ

Шуравина Е.С. - студент, Тимошенко В.П. - к.т.н., доцент,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе изучен применяемый в настоящее время процесс изготовления деталей силового трансформатора, а именно решётки радиатора охлаждения трансформатора, дан его критический анализ, приведены результаты по разработке технологии и оборудования для сварки токами высокой частоты.

Эскиз изделия представлен на рисунке 1.

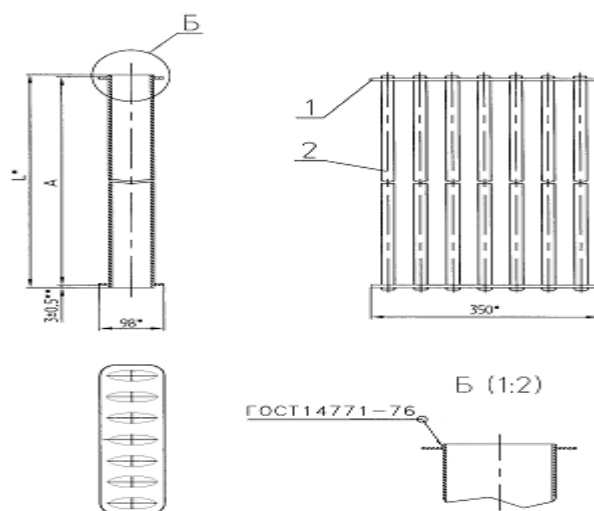


Рисунок 1 – Секция радиатора

Материал решётки – сталь 10пс,  $S = 3,0$  мм; материал трубы – сталь 10пс,  $S = 1,5$  мм. По существующей технологии сварные швы выполняют по ГОСТ 14771-76 сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм ГОСТ 2246-70. В качестве защитного газа используется двуокись углерода газообразная и жидкая по ГОСТ 8050-85.

К недостаткам существующей технологии следует отнести ее относительно невысокую производительность, обязательное применение присадочного материала и защитного газа. Применение сварки ВЧС(291) дает возможность увеличить производительность процесса сварки, свести к минимуму расходы на сварочные материалы, сократить количество сварочных постов за счёт механизации процесса и резкого снижения времени сварки.

Важным различием между рассматриваемыми технологиями является то, что для сварки в  $CO_2$  используется тавровое соединение, а для сварки ТВЧ – угловое с отбортовкой одной кромки. Необходимость применения отбортовки обоснована спецификой технологии сварки ВЧС.

На выбор способа сварки оказывают влияние такие факторы, как: тип производства, длина шва, положение его в пространстве, доступность, толщина металла, конструкция изделия, его ответственность и другие.

Развитие высокочастотного нагрева в машиностроении в последние годы получило широкое распространение в различных технологических процессах и, особенно, при выполнении сварных швов методом высокочастотной сварки (ВЧС), (сварки токами высокой частоты).

Оптимизация любого технологического процесса определяется оптимизацией режима нагрева. Глубина и равномерность нагрева кромок при сварке являются функцией частоты тока, времени нагрева, геометрии свариваемой системы и электротепловых характеристик металла.

Метод высокочастотной сварки нашёл широкое применение в трубном производстве, однако сварка труб не исчерпывает возможности метода. Ведётся поиск новых направлений высокочастотной сварки. Одним из таких направлений является сварка угловых и тавровых соединений тонкостенного профиля.

Однако существующие методы промышленного производства обладают рядом серьёзных недостатков.

Высокочастотной сваркой тавровых соединений получают тавровые и двутавровые профили, многорёберные панели, оребренные трубы. Этот способ позволяет также производить одновременную высокочастотную сварку замкнутых швов различной формы.

Высокочастотный нагрев используется не только для непрерывной шовной сварки, но и для получения замкнутых сварных швов за счет быстрого оплавления кромок магнитным полем индуктора.

Для повышения эффективности тепловложения кольцевой индуктор снабжается ферритовым магнитопроводом. Время нагрева (цикла сварки) – от долей секунды до нескольких секунд. Таким методом получают герметизирующие швы на конденсаторах, выводах трубчатых электронагревателей и других изделиях в массовом производстве.

Заготовки, подлежащие сварке устанавливаются с плотным прилеганием друг к другу отбортованными кромками, которые разогреваются и оплавляются с помощью индуктора, охватывающего контур свариваемых кромок. По всему периметру изделия одновременно создаётся ванна расплавленного металла, кристаллизация которого происходит без приложения давления.

Этот процесс применим для сварки изделий толщиной стенки от 0,3 до 3,5 мм из малоуглеродистых сталей, сталей аустенитного класса, сплавов титана, а также комбинаций из разнородных металлов и сплавов. В данном случае для ВЧС используются генераторы с частотой тока индуктора 66 и 440 кГц. Скорость нагрева может изменяться от 250 до 8000 °C/с. Возможна сварка изделий цилиндрической, овальной и прямоугольной форм.

Индукторы для сварки ТВЧ по отбортованным кромкам, в настоящее время, изготавливаются с использованием магнитопровода без учёта удержания расплавленного металла на поверхности оплавливаемых кромок свариваемой детали. Так как прочность сварного соединения зависит от количества (толщины) удерживаемого слоя расплавленного металла на них, то актуальной является задача по увеличению высоты расплавленного слоя за счёт выбора рациональной конфигурации индуктирующего токопровода.

Для обеспечения поставленной задачи был разработан специальный индуктор (рисунок 2). Индуктор содержит токопровод 1, имеющий наружное 2 и внутреннее 3 ребра, охватывающие по контуру свариваемые кромки 4 и 5. Магнитопровод 6, и ребра индуктора изготовлены различной высоты, которая выбирается в зависимости от глубины проникновения тока в металл, определяемой частотой магнитного поля, в следующих соотношениях наружное ребро  $h=(2.5+5)\Delta$ , внутреннее  $g=(1.5+3)\Delta$ , где  $\Delta$  – глубина проникновения тока в металл.

Данные значения высот ребер выбраны экспериментально и обеспечивают образование ванны расплавленного металла вдоль кромок.

На рисунке 2 показан поперечный разрез индуктора и свариваемого изделия.

Сварка осуществляется следующим образом. На кромки 4, 5 свариваемых деталей, устанавливается токопровод индуктора 1 таким образом, чтобы имелся зазор между его дном и поверхностью свариваемых кромок. В индуктор подается импульс высокочастотного тока от генератора ВЧГ2-100/0,066, который разогревает кромки до оплавления и образования общей ванны жидкого металла.

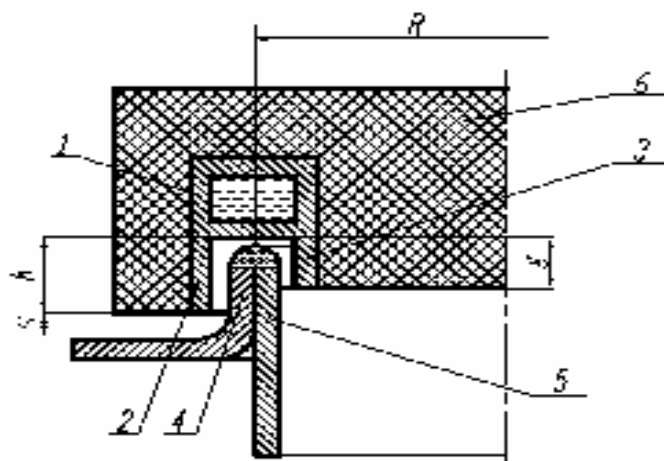


Рисунок 2 – Поперечный разрез индуктора и свариваемого изделия

Во время импульса происходит равномерный нагрев свариваемых кромок, как внутренних, так и наружных.

Расплав, образующийся в процессе сварки, находится под воздействием силы поверхностного натяжения, силы тяжести и силы, возникающей вследствие электромагнитного взаимодействия с индуктором. Суммарное взаимодействие всех сил на расплав создает условия для удержания на оплавленной поверхности кромок его устойчивой ванны. Такое распределение электромагнитных сил, воздействующих на расплав удаётся получить за счёт выбора формы сечения токопровода индуктора, при которой в результате проявления кольцевого эффекта и эффекта близости, происходит частичное вытеснение тока индуктора от внутреннего ребра к наружному ребру токопровода.

При расплавлении кромок металл с них не сдувается электромагнитным полем индуктора, а удерживается им. После окончания подачи импульса жидкий металл быстро кристаллизуется, образуя сварной шов. Кратковременность существования жидкой ванны, нахождение её в относительно замкнутом пространстве не дают возможности вредным примесям насытить её сверх допустимых пределов.

Для осуществления сварки в нашем случае используется индуктор с гибким токоподводом. При прохождении тока через индуктор за счёт взаимодействия его магнитного поля со свариваемыми кромками происходит отталкивание его рабочей части от свариваемых кромок, при этом изменяется зазор между токопроводом и деталью, что в значительной степени влияет на тепловложение в деталь.

Основным недостатком известных индукторов с гибким токопроводом является то, что они не содержат устройства для регулирования его жесткости. Этот недостаток не позволяет получить качественного сварного шва.

Для устранения этого недостатка было разработано специальное устройство, которое можно использовать как при ведении процесса сварки, так и при термообработке или наплавке. Устройство позволяет регулировать зазор между индуктором и свариваемыми кромками и удерживать его в момент сварки при взаимодействии магнитного поля индуктора со свариваемым изделием. Использование такого устройства позволяет обеспечивать стабильное качество сварного соединения.

В данном случае сварка ведется в кратковременном импульсном режиме с высоким тепловложением. Для обеспечения такого режима работы серийно выпускаемые генераторы необходимо модернизировать. Модернизация ВЧ генератора состоит в изменении режима работы из непрерывного в пакетно-импульсный, для чего он оснащается дополнительным электронным устройством. Импульсный режим обеспечивает максимальный КПД работы системы ВЧ генератор – деталь. Работа генератора в импульсном режиме осуществляется путём манипуляции по сетке генераторной лампы.

Конструктивно приставка состоит из трансформаторного блока, блока конденсаторов, платы сопротивлений, платы тиристоров и выносного блока. Выносной блок подключается к остальной части приставки кабелем через колодки.

Разработанная аппаратура предназначена для модернизации серийно выпускаемых ламповых генераторов мощностью от 10 до 160 кВт с целью импульсной генерации высокочастотной энергии.

Изделие состоит из блока управления (БЛОК) и силовой панели (ПАНЕЛЬ), монтируемой непосредственно на ВЧ генераторе.

Параметры импульсной последовательности задаются органами управления на лицевой панели БЛОКА. Связь БЛОКА с ВЧ генератором, технологической установкой ПАНЕЛЬЮ и питающей сетью производится через кабельные разъемы.

Изделие обеспечивает генерацию заданной импульсной последовательности ее отключение в конце цикла.

Генерация импульсов может быть в виде пакета импульсов или непрерывной, в зависимости от положения органов управления БЛОКА.

При генерации пакета, электронное устройство может вырабатывать сварочный импульс и затем пакет импульсов для термообработки сварочного шва. Возможна и обратная комбинация «РЕВЕРС».

Для осуществления процесса сварки разработана установка, работающая в полуавтоматическом режиме. Сущность способа состоит в том, что сварка производится в одном индукторе с пошаговым перемещением радиатора. Благодаря применению импульсного нагрева, позволяющего дозированно вводить необходимое количество тепла в сварочный шов для образования сварного соединения обеспечивается высокое качество сварного соединения. Время нагрева не превышает 0,4...1 с, что значительно уменьшает зону термического влияния и тем самым уменьшает возможность возникновения больших термических напряжений и, как следствие, образование кристаллизационных трещин в сварочном шве.

Анализ сварного соединения, полученного методом индукционной импульсной сварки показывает отсутствие в нем литых фаз и структур. Зона термического влияния в 3...5 раз меньше, чем у образца, полученного сваркой с непрерывным нагревом отбортованных кромок, она составляет 1,2 мм.

Зона термического влияния состоит из зоны полной перекристаллизации от 0,5 до 0,8 мм и неполной от 0,7 до 0,9 мм.

Микротвердость в зоне сварного шва не превышает 0,49 Н/мм<sup>2</sup> - от 1340 до 1640. Структура шва представляет  $\Phi/\Pi = 80/20$ .

Полученные сварные швы не имеют трещин. Зона термического влияния в 5...6 раз меньше, чем в швах, полученных при сварке в CO<sub>2</sub>.

#### Список использованных источников

1. Н.П. Глуханов, В.Н. Богданов, Сварка металлов при высокочастотном нагреве. – М. – Л., Машгиз, 1962. 191 с.
2. Р.В. Головин, И.В. Лунин, Радиочастотная сварка прямошовных труб. – М., Металлургиздат, 1961. 75 с.
3. А.Н. Шапов, И.В. Лунин, В.Н. Иванов. Высокочастотная сварка металлов. – Л., Машиностроение. 1977. 200 с.
4. А.Е. Слухоцкий, С.Е. Рыскин. Индукторы для индукционного нагрева машиностроительных деталей. – Л., «Энергия», 1974. 264 с.
5. Высокочастотная сварка тонкостенных спиральношовных труб для напорных оросительных систем. Ю.А. Саньков, В.Н. Иванов, В.Л. Кулжинский и др. – Сварочное производство, 1983, №10, с. 17-18.
6. Высокочастотная сварка тонкостенных незамкнутых профилей. В.М. Грецов, В.А. Злотин, В.Е. Локшин и др. – Бюллетень технология сплавов, 1986, том 8, с. 41-45.



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ РЕЗЕРВУАРА ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО

Романюк С.А. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Резервуары вертикальные стальные с понтоном (РВСп) служат для хранения нефти и нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, керосина, мазута) и других жидкостей, в том числе и таких, как противопожарные и топливные [1]. РВСп являются наиболее доступным по цене видом нефтехранилищ.

Конструкция резервуара представляет собой днище, стенку и стационарную крышу, в стенку и крышу резервуара ввариваются патрубки раздачи, люки лазы и вентиляционные патрубки. Вовнутрь резервуара устанавливается понтон, предназначенный для уменьшения потерь продукта при его испарении.

Цель работы – разработать технологию сборки и сварки резервуара вертикального стального с понтоном.

Резервуар изготавливается из проката листового низкоуглеродистого (ГОСТ 5520-79) стали марки 09Г2С по ГОСТ 19281-89. На рисунке 1 представлена технология сборки сварки стенки резервуара.

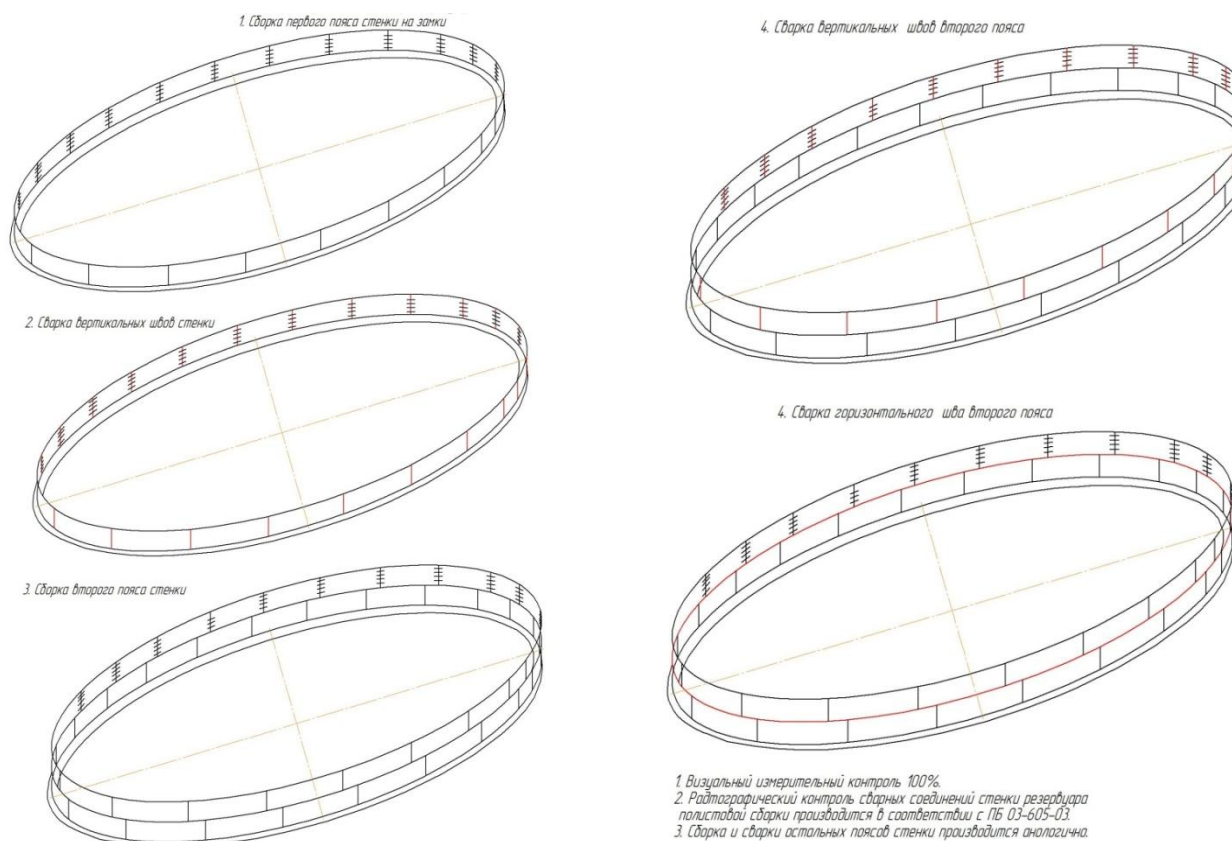


Рисунок 1 – Технология сборки и сварки резервуара

Процесс сборки резервуара начинается с раскладки окрайки и днища резервуара, сборка резервуара осуществляется полистовым способом. После процесса сборки резервуара осуществляется процесс сборки и сварки стенки резервуара. Сборка стенки происходит на замки полистовым способом, внутренние поверхности листов совмещаются по вертикали – гладко внутри. При сварке стенки в первую очередь свариваются вертикальные сварные соединения механизированной сваркой в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76.

Проанализировав базовый технологический процесс на предприятии ООО «ПМП Металлургмонтаж» (г. Бийск), установлено, что использование ручной дуговой сварки при

сварке вертикальных швов стенки резервуара, а также механизированной сварки в среде защитных газов при сварке горизонтального шва стенки не целесообразно. Эти способы не обладают качественной защитой сварного шва от воздействия внешней среды, а их применение существенно увеличивает время сварочного процесса.

Для решения данных проблем предлагается заменить способы сварки. При сварке вертикальных швов – заменить ручную дуговую сварку на механизированную в среде защитных газов, а при сварке горизонтального шва – заменить механизированную в среде защитных газов на автоматическую сварку под флюсом.

Также предлагается применение качественного специализированного сварочного оборудования, а именно использование установки для автоматической сварки под флюсом для сварки горизонтальных швов резервуара. Предлагаемое оборудование позволяет существенно сократить время на изготовления резервуара, а так же повысить качество изделия. На рисунке 2 представлена установка для автоматической сварки под флюсом горизонтальных швов резервуаров.

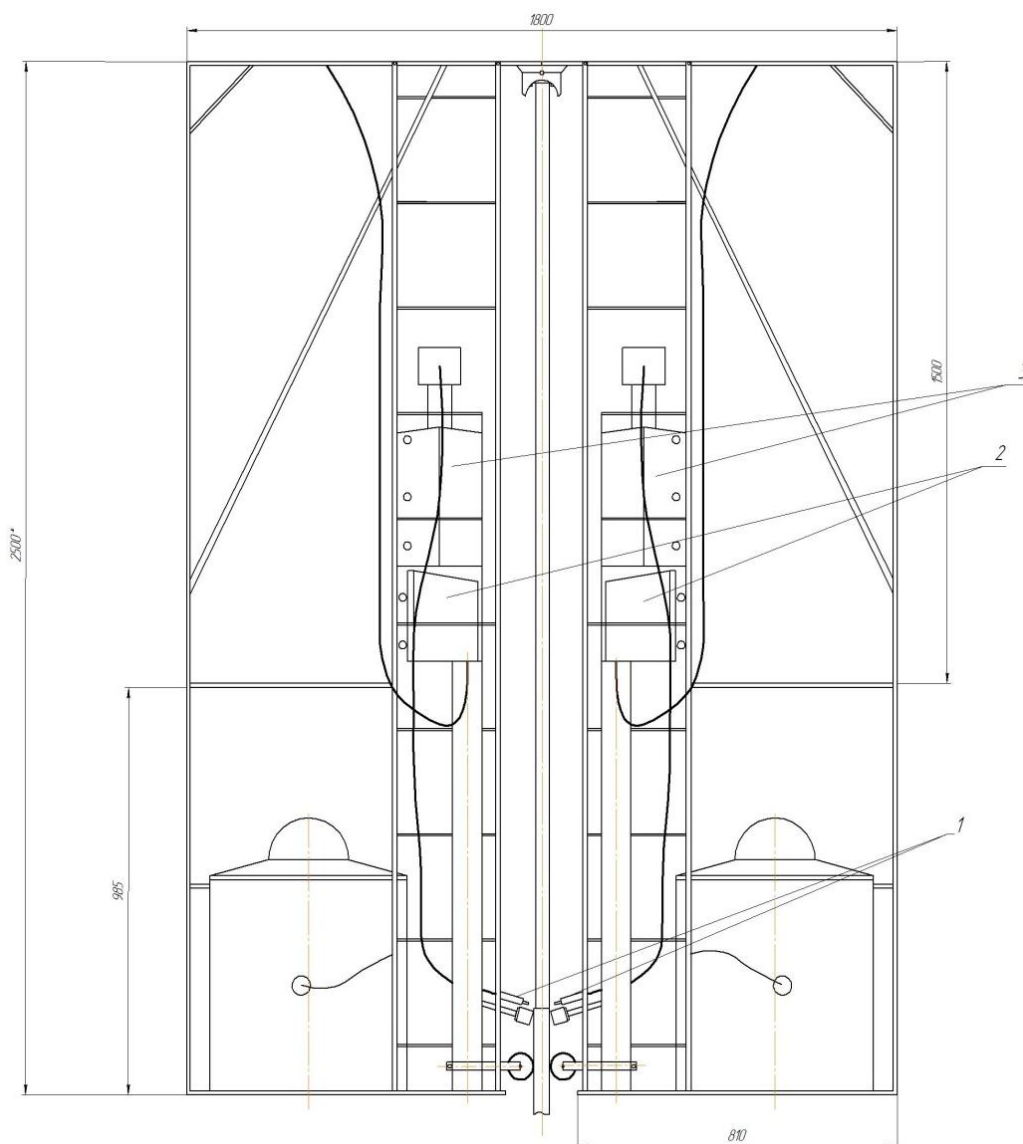


Рисунок 2 – Установка для автоматической сварки под флюсом АГВ-II:

1 – сварочные головки НА-3, 2 – блок управления, 3 – стенд для установки катушки с проволокой

Данная установка представляет собой П – образную раму. Одна сторона рамы (основная) является полностью автономной и может использоваться для односторонней

сварки. Другая сторона (дополнительная) имеет крепление к основной стороне, и они образуют установку для двусторонней сварки. Телескопические вертикальные элементы несущей рамы имеют возможность ручного изменения и формирования их длины.

Для передвижения основная рама имеет два колеса, изготовленных из упрочненной стали, имеющих рифленую опорную поверхность и две реборды. Обе части рамы основная и дополнительная имеют огороженную перилами платформу, где располагается оператор, и съемную скамейку для него.

Таким образом, предлагаемая технология позволяет улучшить условия труда рабочих, сократить время сборки и сварки резервуара вертикального стального, повысить качество изделия.

#### Литература

1. Пыхтин Е.П. Технология монтажной сварки при ремонте стенки резервуаров вертикальных стальных / Е.П. Пыхтин, М.Н. Сейдуров // Горизонты образования. – 2013. – Выпуск 15. – электронный ресурс [доступ свободный]. – [http://edu.secna.ru/media/f/mbsp\\_tez\\_2013.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/mbsp_tez_2013.pdf). – С. 36-39.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОПРОВОДА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ

Останин С.Ю. - студент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Газоснабжение представляет собой сложнейшую систему, обеспечивающую безопасную подачу газа по трубам ко всем потребителям. Трубы для газоснабжения являются составной частью этой системы. В связи с этим выбор материала труб для газоснабжения имеет самое большое значение. Так как газ - это взрывоопасное вещество, трубы для газоснабжения, как и все остальные составляющие части системы газоснабжения должны отвечать определенным требованиям техники безопасности. Поэтому очень важную роль в характеристике используемых труб для газоснабжения играет их прочность, стойкость к коррозии, долговечность и герметичность.

При строительстве подземных газопроводов широко используются полиэтиленовые трубы, которые обладают рядом преимуществ по сравнению со стальными трубами:

1. Полиэтиленовые трубы для газоснабжения укладывают прямо в грунт без специальной защиты и изоляции, в которых нуждаются стальные трубы.

2. Полиэтиленовые трубы весят в 7 раз меньше стальных аналогичного диаметра и поставляются в бухтах или намотанными на барабаны.

3. Высокая пластичность полиэтиленовых труб для газоснабжения и прочность на разрыв позволяют прокладывать их в пучинистых грунтах и в регионах с повышенной сейсмической активностью.

Полиэтиленовые трубы обладают целым рядом преимуществ, определяющих целесообразность и высокую эффективность их использования. Срок службы полиэтиленовых труб для газопроводов значительно больше, чем металлических. Они не боятся почвенной коррозии, не требуют защиты от блуждающих токов, легче стальных, выпускаются длинномерными отрезками, требуют меньших затрат на транспортировку. При правильной организации работ, скорость строительства газопроводов с использованием полиэтиленовых труб два-три раза выше скорости строительства из стальных труб. Стоимость строительства газопроводов с использованием полиэтиленовых труб в среднем ниже по сравнению со строительством стальных газопроводов. Затраты труда при использовании полиэтиленовых труб в строительстве газопроводов меньше, чем при монтаже аналогичных стальных конструкций.

Полиэтиленовые трубы характеризуются полным отсутствием коррозии. В отличие от стали, физические и химические свойства полиэтиленовых труб гарантируют герметичность и устойчивость к потере массы под воздействием агрессивных веществ (кислоты, щелочи и др.), находящихся в почве и в транспортируемой среде, в течение всего срока эксплуатации. Полиэтиленовые трубы стойки к деструкции в атмосферных условиях. Полиэтиленовые трубы пластичны, радиус изгиба труб - не менее 10 наружных диаметров. Поэтому при монтаже трубопровода требуется меньше соединительных деталей, упрощается проектирование и строительство трубопровода. Для сварки полиэтиленовых труб не требуется тяжелая техника, ниже потребление электроэнергии (либо топлива) по сравнению со сваркой стальных труб. Применение длиномерных труб в бухтах снижает количество сварных соединений в 15-20 раз. Все это значительно ускоряет строительство полиэтиленового трубопровода и снижает стоимость монтажа.

Полиэтиленовые трубы имеют пропускную способность на 25-30% выше, чем у стальных за счет гладкой внутренней поверхности и отсутствия внутренних отложений. Внутренний диаметр стальных труб со временем уменьшается вследствие коррозионного зарастания. Диаметр же полиэтиленовых труб увеличивается в процессе эксплуатации без потери работоспособности за счет характерного для полиэтилена явления ползучести. Это увеличение составляет около 1,5% за первые 10 лет и около 3% за весь срок службы трубопровода. Вследствие этого внутренняя поверхность полиэтиленовых труб со временем становится более мягкой и гладкой, что улучшает условия обтекания стенки полиэтиленовой трубы и снижает сопротивление движению. К достоинствам полиэтиленовых труб также относятся надежность, долговечность, низкие эксплуатационные расходы. Срок службы стальных подземных трубопроводов составляет не более 25 лет. Тогда как срок эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов - не менее 50 лет. Такие трубы могут эксплуатироваться при температурах от -50°C до + 60°C.

Список использованных источников

1. СНиП 42-01-2002 Газораспределительные системы.
2. ГОСТ Р 50838-2009 Трубы из полиэтилена для газопроводов.  
СП - 42-101-2003 «Свод правил по проектированию и строительству. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб» М.: ЗАО Полимергаз 2004г.

## ОТЕЧЕСТВЕННОЕ СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент,  
руководитель АЦСО-77 ООО «ГАЦ АР НАКС» (г. Барнаул),  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

27 февраля 2015 г. в АлтГТУ состоялся 6-й Региональный научно-практический семинар «Современное сварочное оборудование и материалы российского производства в условиях импортозамещения» (рисунки 1, 2). Семинар был организован ООО «ГАЦ АР НАКС» совместно с кафедрой «Малый бизнес в сварочном производстве имени лауреата Ленинской премии В.Г. Радченко» (МБСП) и представителями ООО «Первый центр сварки» (г. Барнаул) [1].



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Теоретическая часть научно-практического семинара «Современное сварочное оборудование и материалы российского производства в условиях импортозамещения»: а – приветственное слово от д.т.н., профессора, зав. каф. МБСП АлтГТУ, директора ООО «ГАЦ АР НАКС» М.В. Радченко; б – принятие главного сварщика ОАО «Алтайвагон» (г. Новоалтайск) В.В. Руденко в состав РСПС; в – принятие ЗАО «Завод сварочной техники «Гудвилл» в состав РСПС

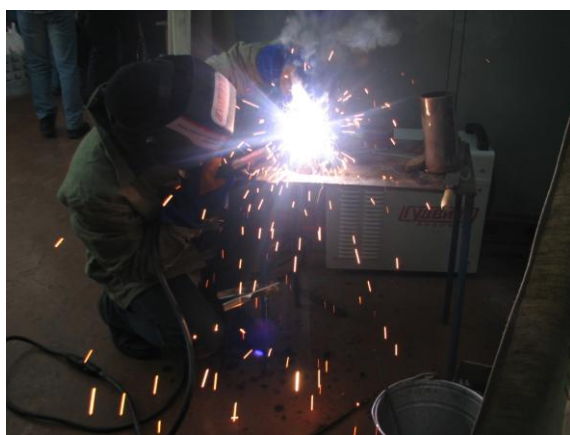
Научно-практический семинар «Сварочное оборудование и материалы», впервые состоявшийся в декабре 2011 г., в настоящее время стал визитной карточкой ООО «ГАЦ АР НАКС» и кафедры МБСП АлтГТУ. Семинар, традиционно состоящий из теоретической и практической части, регулярно собирает ведущих специалистов промышленных предприятий со всего Алтайского края, а также является очень важным этапом профессиональной подготовки для студентов, обучающихся на кафедре [2].

За 5 лет работы семинара были представлены новейшие достижения от мировых лидеров в производстве сварочного оборудования и материалов: Lincoln Electric (США), ESAB (Швеция), HURNER (Германия), KEMPPИ (Финляндия), Hypertherm (США), BRIMA (Китай), WIDOS (Германия), YOULI (Китай), Гудвилл (Россия). Однако, в связи со сложившейся в конце 2014 г. ситуацией на рынке импортного оборудования, остро встал вопрос об использовании современного сварочного оборудования и сварочных материалов российского производства.





а)



б)



в)

Рисунок 2 – Практическая часть научно-практического семинара «Современное сварочное оборудование и материалы российского производства в условиях импортозамещения»: а – демонстрация сварочного полуавтомат от ЗАО «Уралтермосвар», б – заварка контрольных сварных соединений электродами от ЗАО «Герон», в – представители делегации из Монголии

Очередной семинар был посвящен актуальным вопросам импортозамещения в сварочном производстве отечественной продукцией. Новыми разработками сварочного оборудования и материалов поделились представители: ЗАО «Уралтермосвар» (г. Екатеринбург), ЗАО Производственное объединение «Джет» (г. Ижевск), ЗАО Завод сварочных электродов «Герон» (г. Томск).

В работе семинара традиционно приняли участие руководители ведущих предприятий Алтайского края, а также студенты 4 курса направления «Машиностроение» и 5 курса специальности «Оборудование и технология сварочного производства». На практической части семинара состоялась демонстрация сварочного оборудования для ручной дуговой и механизированной сварки в среде защитных газов, в том числе был представлен новый полуавтомат от ЗАО «Уралтермосвар», состоящий из подающего механизма марки «Урал-3М» и выпрямителя инверторного типа марки «Урал-мастер 500» (рисунок 3), а так же газосварочных постов и комплектующих от ЗАО ПО «Джет». Завершилось мероприятие заваркой контрольных сварных соединений электродами отечественного производства от ЗАО «Герон» на российском оборудовании, предоставленном ЗАО «Завод сварочной техники «Гудвилл» (г. Барнаул).



а)



б)

Рисунок 3 – Новый сварочный полуавтомат от ЗАО «Уралтермосвар»: а – подающий механизм марки «Урал-3М», б – выпрямитель инверторного типа марки «Урал-мастер 500»

В рамках научно-практического семинара также состоялось очередное собрание членов Алтайского регионального отделения Общероссийской организации «Российское Сварочное Профессиональное Сообщество» (РСПС) с целью принятия в ряды организации ведущих специалистов сварочного производства промышленных предприятий Алтайского края и коллективных членов: ООО «Первый центр сварки» и ЗАО «Завод сварочной техники «Гудвилл».

#### Литература

1. Семинар «Современное сварочное оборудование и материалы» / Официальный сайт АлтГТУ. Кафедра малого бизнеса в сварочном производстве имени лауреата Ленинской премии В.Г. Радченко. [Электронный ресурс] // Новости. – Режим доступа: <http://www.altstu.ru/structure/chair/mbsp/news/8853/> – Загл. с экрана.
2. Сейдуров М.Н. Наука и производство на кафедре «Малый бизнес в сварочном производстве», роль кафедры в жизни студента / М.Н. Сейдуров, А.А. Иванайский // Горизонты образования. – 2012. – Выпуск 14. – электронный ресурс [доступ свободный]. – [http://edu.secna.ru/media/f/mbsp\\_2012\\_.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/mbsp_2012_.pdf). – С. 1-6.

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ГАЗОПЛОТНОЙ ПАНЕЛИ

Юдин Е.Н. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Развитие отраслей топливно-энергетического комплекса следует подчинить задаче устойчивого обеспечения потребностей страны во всех видах топлива и энергии путем увеличения добычи топлива и производств электроэнергии, при планомерном проведении во всех отраслях и сферах народного хозяйства целенаправленной энергосберегающей политики, повышения производительности труда, снижения себестоимости электрической и тепловой энергии, улучшения качества выпускаемого оборудования.

Одним из основных узлов паро- и водогрейных котлов является газоплотная панель. Увеличение единичной мощности тепловых электростанций связано с увеличением единичной мощности котлов, что приводит к увеличению себестоимости изделий. Необходимость снижения себестоимости ведет к поиску новых технологических решений при изготовлении котельных агрегатов.

Цель работы – спроектировать участок и разработать технологию сборки и сварки газоплотных панелей.

Одним из направлений совершенствования котельных агрегатов является применение поточной линии для изготовления газоплотных панелей из гладких труб. Поточная линия

состоит из усовершенствованных установок типа «800N». Следующим действием является замена контактной сварки при стыковке труб аргонодуговой сваркой.

На крупных котельных установках поверхности нагрева имеют протяжность продольных швов от 15 мм до 100000 м. Необходимость выполнения такого количества швов определяет применение высокопроизводительных способов сварки, к которым относится автоматическая сварка под слоем флюса. При этом способе обеспечивается хорошее формирование шва, большая скорость сварки, уменьшается вероятность образования внутренних дефектов. Анализ имеющихся данных показывает, что наиболее целесообразно изготовление газоплотных панелей из гладких труб сваркой под слоем флюса.

Мембранные панели представляют собой конструкцию, образованную сваренными между собой прямыми гладкими трубами с полосами между ними (рисунок 1).



Рисунок 1 – Конструкция газоплотной панели

Трубы и полосы из Стали 20 сваривают между собой в плети необходимой длины. Мембранные панели предназначены для экранов топок, ширм, ограждений конвективных газоходов стационарных паровых котлов на давление пара от 3,9 до 25,0 МПа, а также на котлы типов Е-100-14, Е-100-24, Е-160-14, Е-160-24 на давление от 1,4 МПа. Мембранные панели должны соответствовать требованиям ТУ 108-970-90.

Основными материалами для изготовления панелей являются: труба диаметром 60 мм с толщиной стенки 6 мм, которая должна соответствовать ТУ 14-3-460-75, полоса шириной 21,5 мм и толщиной 6 мм, которая должна отвечать требованиям ГОСТ 1030-76. При изготовлении панелей все работы по сварке должны производиться по заданной технологии с соблюдением требований основных положений по сварке.

При изготовлении панелей в продольных швах не допускаются трещины всех направлений. Подрезы на стенках труб, подрезы на ребрах и полосах допускаются глубиной не более 1 мм. Панели, изготовленные из Стали 20, не подвергаются термообработке. Габариты отдельной панели устанавливаются конструкторскими документами предприятия-изготовителя, но не более 25 м по длине и 3 м по ширине.

Предельные отклонения размеров шага между соединенными трубами и на границе автоматической сварки панелей  $\pm 0,5$  мм от номинального размера при предельных отклонениях размерах панели  $\pm 2$  мм. Предельные отклонения длины панели  $\pm 12$  мм при длине более 8 м. Разность размеров диагоналей панели по длине свыше 8 м не более 15 мм. На торцах панелей для возможности их стыковки на монтаже концы трубы должны быть не сварены с полосой на длине до 100 мм.

При приемке панелей производится проверка: соответствие панелей основным требованиям, соответствие способов изготовления требованиям постоянного технического условия и соответствия панелей сборочному чертежу, качество правильности контроля сварных соединений панелей, правильность маркировки.



Существующая на ОАО «Сибэнергомаш» технология является рациональной при существующей программе выпуска изделий. При такой технологии обеспечивается должное качество продукции, которая позволяет автоматизировать некоторые операции по изготовлению элементов панелей. Применение автоматической сварки под слоем флюса на специальных машинах позволяет изготавливать элементы панелей с высоким качеством и небольшой стоимостью. Однако, существующие технологии не предусматривают специализированных приспособлений для подачи труб, кантовки элементов в накопители. Все операции осуществляются вручную или при помощи мостового крана. При этом резко падает производительность труда и увеличивается трудоемкость процесса, создаются тяжелые условия труда для вспомогательных рабочих, создает большие нагрузки на краны.

Недостатком существующего производства является то, что подготовка и сварка панелей не связана в единую поточную линию и предусматривает разбивку панели на отдельные узлы с последующей сборкой. Подготовка труб, которая включает зачистку и обработку торцов, осуществляется на разных участках. Это приводит к увеличению объема погрузо-разгрузочных работ, занятию производственных площадей под промежуточные склады, участию большего числа рабочих.

Полосовой прокат поставляют отдельными мерными полосами, которые на предприятии сваривают контактно-стыковой сваркой с удалением грата и намоткой полосы в бухту. Такой процесс трудоемок. В проектном варианте технологии предлагается получать полосу в бухтах.

При проектировании новой технологии следует связать изготовление панелей в единый поток, максимально исключив погрузо-разгрузочные операции, использовать для подачи изделия различные транспортеры, рольганги, кантователи. Следует уменьшить до минимума разбивку изделия на узлы. За счет широкого применения средств механизации и автоматизации требуется свести к минимуму участие человека в изготовлении изделия.

В проектном варианте технологии сварки газоплотных панелей технологический процесс ведется на оборудовании, которое используется на ОАО «Сибэнергомаш» для изготовления газоплотных панелей, но с дополнением нового и модернизацией старого. Маршрут технологического процесса сборки и сварки газоплотной панели представлен на рисунке 2.

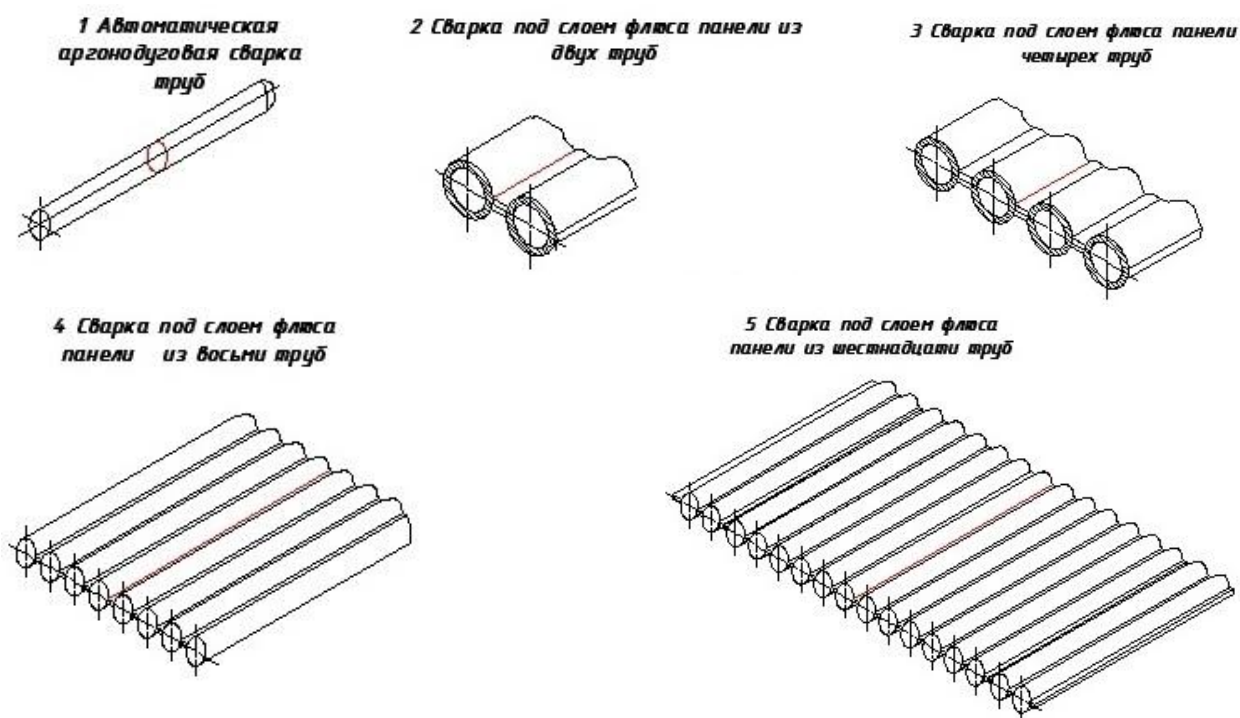


Рисунок 2 – Технология сборки и сварки газоплотной панели

Современные технологические процессы изготовления сварных конструкций не могут полностью гарантировать их высокое качество, так как даже при хорошо отработанной технологии сварки возможны различного рода дефекты, приводящие к снижению надежности и долговечности изделия. В связи с этим важную роль для повышения качества играют мероприятия, проводимые на предприятиях отделом технического контроля. Для эффективного управления качеством в проектом варианте предусмотрен контроль на всех стадиях технологического процесса изготовления изделия. Предусматривается три этапа контрольных операций.

1. Предварительный контроль перед сваркой. Включает проверку исходных материалов применяемых для изготовления изделия (основной и сварочный материалы) на их соответствие требованиям технических условий и ГОСТов. Проверку технического состояния сборочно-сварочного оборудования, оснастки, инструментов, проверку квалификации сборщиков, сварщиков, операторов, дефектоскопистов.

2. Послеоперационный контроль. Контроль в процессе производства с целью проверки правильности заготовки, сборки, соблюдения технологических режимов, размеров и качества сварных швов.

3. Контроль готовой продукции и приемо-сдаточные испытания. В проектом варианте все контрольные операции включены в карты технологических процессов заготовки, сборки и сварки. При разработке контрольных операций на всех стадиях производства руководствовались требованиями технологических условий на изготовление сварной конструкции.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Ледников Е.А. –магистрант, Ледникова И.К. –магистрант

Радченко М.В. – д.т.н., профессор,

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В соответствии с Программой развития nanoиндустрии в Российской Федерации правительство намерено внедрять нанотехнологии во всех областях науки и техники. Огромный объем финансирования этой программы и государственный контроль за исполнением, позволит существенно увеличить объем продаж российской продукции nanoиндустрии. Развитие нанотехнологий было стимулировано разработкой полупроводниковых наноструктур, выращиваемых методами молекулярно-пучковой и металлоорганической эпитаксии, и созданием на их основе принципиально новых приборов и устройств электроники и оптоэлектроники, широко используемых сейчас в системах хранения, передачи и обработки информации, а также генной инженерии, материаловедении (поверхностное упрочнение, фуллерены, катализаторы, мембраны).

Таким образом, востребованность наноструктурированных материалов в различных отраслях промышленности сейчас не вызывает споров среди ученых. Их применение должно вывести технологии производства техники на новый качественный уровень, а значит, важность данного вопроса весьма высока. Такие наноматериалы как нанотрубки, фуллерены и нанопорошки являются одними из приоритетных направлений развития работ в области нанотехнологий и наноматериалов. Новейшие методы и технологии получения порошковых материалов позволили существенно уменьшить минимальный размер частиц. Уже преодолен рубеж в 5 нм, и это далеко не предел. В свободной продаже имеются порошки, фракция которых составляет от 5 до 100 нм.

Наноструктурированные, или как их еще называют, ультрадисперсные материалы практически не встречаются в природе в свободном состоянии, а представляют собой искусственный продукт. Поэтому для производства ультрадисперсных порошков постоянно разрабатывают и внедряют различные технологии производства и обработки, основанные на

последних достижениях науки и техники [1]. Наночастицы определяются как частицы, имеющие диаметр от 1 до 100 нм. В действительности, около 44% выпускаемых нанопорошков имеют диаметр менее 30 нм. Однако стоит сказать, что всего 9% порошков, относящихся к этой группе, имеют диаметр более 100 нм [2]. Такое распределение размеров связано с физическими особенностями материала порошка. Так, например порошки обладающие высокой твердостью и тугоплавкостью (например, вольфрам и хром) с трудом поддаются измельчению, поэтому и выпускаются преимущественно средней и крупной фракции.

Нано - или ультрадисперсная структура вещества формируется в результате таких процессов, как кристаллизация, рекристаллизация, фазовые превращения, высокие механические нагрузки, интенсивная пластическая деформация, полная или частичная кристаллизация аморфных структур. В зависимости от условий и метода получения, порошки имеют сферическую, гексагональную, хлопьевидную, игольчатую, мелкокристаллическую или аморфную структуру. Характеристики получаемого продукта - гранулометрический состав и форма частиц, содержание примесей, величина удельной поверхности - могут колебаться в зависимости от способа получения в весьма широких пределах [3].

Все нанопорошки, применяемые в настоящее время в мировом машиностроении, можно разделить на три категории:

1. порошки оксидов металлов;
2. порошки чистых металлов;
3. смеси порошков и порошки сложных оксидов.

Нашей задачей является проведение анализа современного рынка порошковых ультрадисперсных материалов и выявление порошков, наиболее подходящих для создания защитных покрытий.

Оксиды металлов составляют не менее 80% от общего числа производимых порошков. Это связано с особенностью процесса производства нанопорошков. Любой материал, измельченный до нано- состояния в большей степени подвержен окислению. Это связано с большей поверхностью контакта материала с воздухом. Доля кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), титания и глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) составляет 80 % от производства порошков оксидов металлов [4].

К сожалению, ни один из вышеперечисленных оксидов, не применим для создания защитных покрытий, так как не обладает требуемыми технологическими свойствами: высокой твердостью, износостойкостью, способностью образовывать однородные структуры.

Практически все твердые металлические элементы выпускаются серийно в виде порошков чистых металлов. Промышленное применение многих из них нуждается в дальнейшем развитии. Затраты на производство однородных порошков металлов с высокой степенью чистоты значительно выше, чем на производство оксидов металлов. По объему производства лидируют пять порошков: порошки железа, алюминия, меди, никеля и титана.

Сложные оксиды составляют небольшую долю объема производства. Смеси более разнообразны, хотя они в высшей степени специализированы и объем их производства крошечный по сравнению с оксидами металлов и порошками чистых металлов.

Нитрид кремния обычно используется в производстве жаропрочных и теплоизоляционных материалов, а также тепло- и коррозиестойчивых зажимов.

Наноалмазы используются почти исключительно в обрабатывающей промышленности, обычно для нанесения прочных покрытий на полирующие и режущие инструменты и сверла, а также смазывающих и износостойких покрытий. При добавлении к стали наноалмаз повышает ее сопротивление коррозии.

Вольфрамово-кобальтовый карбид широко используется для увеличения срока службы инструментов, особенно металлообрабатывающих и добывающих.

Основными поставщиками наноструктурированных порошков являются: Северная Америка, Европа, и Азия.

Основные характеристики наноструктурированных порошков, широко представленных на потребительском рынке, выражаются такими величинами, как средний размер частиц, насыпная плотность, удельная поверхность и температура плавления. Удельная поверхность достигает весьма больших значений (до 350 м<sup>2</sup>/г для нановолокон). Это обуславливается малым размером фракции порошка. Как правило, цвет у нанопорошка черный или серый. Это обусловлено большой степенью поглощения падающего света вследствие высокой шероховатости поверхности порошкового материала.

Благодаря своим уникальным свойствам, кардинально отличающимся от свойств макро- и микропорошка идентичного состава, нанопорошок, введенный в расплавленный металл способствует модифицированию металла, вызывая перераспределение вредных примесей между границами зерен, размер которых уменьшается, что обуславливает повышение предела текучести, прочности, пластичности и деформируемости стали, а также приводит к снижению коэффициента трения [5]. Тугоплавкие наночастицы, обладающие температурой плавления более 1600 °С могут выступать в качестве центров кристаллизации. Малая площадь поверхности зерна порошка обуславливает большую площадь контакта между матрицей модифицируемого материала и частицами порошка. Это приводит к увеличению прочности сцепления между основой и наночастицами. Также, малый размер частиц, а как следствие – их более равномерное распределение в объеме повышает сопротивляемость материала к истиранию, так как снижается вероятность выкрашивания частиц.

Наибольший интерес для создания защитных покрытий методом газотермического напыления представляют тугоплавкие нанопорошки обладающие наибольшей твердостью. Также, большую роль играет возможность образования таких тугоплавких высокотвердых структур. К таковым можно отнести карбиды вольфрама, хрома, вольфрамокобальтовый карбид. При наплавке защитного покрытия они будут образовывать твердые, высокопрочные структуры, существенно повышая износостойкость напыленного покрытия. Для доставки частиц порошка от горелки к напыляемой поверхности, необходимо применять высокоэффективные источники тепла. К таковым относится оборудование для сверхзвуковой газопорошковой напылки. Высокая скорость истекающего потока из сопла позволяет доставить разогретые частицы порошка до напыляемой поверхности, пока они еще не успели остыть. Это является предпосылкой формирования качественного покрытия.

Из всего вышеизложенного следует сказать, что применение наноструктурированных порошков при создании защитных покрытий является прямой поддержкой программы правительства РФ по развитию наноиндустрии, что в свою очередь стимулирует развитие отечественного рынка ультрадисперсных материалов. Защитные покрытия созданные с добавлением наноструктурированного порошка обладают более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с порошками более крупных фракций. Однако, вследствие высокой стоимости, нанопорошки следует рассматривать лишь в качестве одного из компонентов напылочного материала, основной объем которого будет состоять из более крупных фракций.

Список использованной литературы

1. Обуденов Александр Русские нанопорошки / Александр Обуденов // Российский электронный наножурнал [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. текст. дан. – М., [2010]. – Режим доступа: <http://www.fabrikamisli.ru/>. – Загл. с экрана.

2. Нанопорошки. Назначение, свойства, производство // Нанотехнологии: научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. текст. дан. – М., [2010]. – Режим доступа: <http://www.nano-info.ru/>. – Загл. с экрана.

3. Анциферов В.Н. Нанопорошки: получение и свойства. Новые материалы / В.Н. Анциферов [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Карабасова. – М : МИСИС, 2002. – 736 с.

4. Нанопорошки: описание и объемы производства // Abercadeconsulting [Электронный ресурс]: [сайт] / Исследовательская компания «Abercade»; разработка сайта Astronim.ru. –

Электрон.дан. – М., 2008. – Режим доступа: <http://abercade.ru/research/analysis/67.html>. – Загл. с экрана.

5. Жуков М.Ф., Черский И.Н., Черепанов А.Н., Крушенко Г.Г. Упрочнение металлических, полимерных и эластомерных материалов ультрадисперсными порошками плазмохимического синтеза.- Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999.-312с. - Т. 14

## ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОБЪЕКТЫ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Ледников Е.А. –магистрант, Ледникова И.К. –магистрант

Радченко М.В. – д.т.н., профессор,

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современное общество нельзя представить без сварных конструкций. Они надежно заняли свое место не только в ведущих отраслях машиностроения, но и активно применяются во многих сферах нашего повседневного быта. Огромное количество новостроек, активно использующих технологию монолитного железобетонного строительства нельзя представить без работы сварщика. И именно от него в первую очередь будет зависеть, насколько прочными получатся сварные соединения, а значит и вся конструкция в целом. Значит, первоочередной задачей будет каким-либо образом обеспечить должное качество сварного соединения. А добиться этого без персонала высокой квалификации не представляется возможным.

Именно в целях установления достаточности теоретической и практической подготовки, проверки знаний и навыков проводится аттестация специалистов сварочного производства под эгидой Национального Агентства Контроля Сварки (НАКС). Конечной целью аттестации является предоставление специалисту права выполнять работы на объектах подконтрольных Ростехнадзору. К таким объектам относятся опасные технические устройства, эксплуатация которых связана с определенным риском. Это различное газовое оборудование, нефтехимическое, криогенное, нефтегазодобывающее, подъемно-транспортное и многое другое. В Алтайском крае, особое положение занимает котельное оборудование. Действительно, многие предприятия, такие как Барнаульский и Бийский котельный завод, котельный завод "Энергия", Научно-производственное объединение "Барнаульский завод котельного оборудования" и другие, занимаются выпуском котельного оборудования. При этом помимо непосредственно самого производства, необходимо обеспечивать монтаж, ремонт и реконструкцию данного оборудования. А следовательно, иметь высококлассных аттестованных специалистов в этой области.

Аттестацией специалистов на право выполнять работы на объектах подконтрольных Ростехнадзору в Алтайском крае занимается организация под названием Головной аттестационный центр Алтайского региона Национальной Ассоциации Контроля и Сварки. Анализ количества аттестаций специалистов сварочного производства за последние два календарных года показал, что доля аттестаций,приходящаяся на котельное оборудование,превышает 40% от общего числа аттестаций в Алтайском крае. Эта значительная цифра говорит о востребованности данных специалистов на предприятиях края. Причем большая составляющая аттестаций (80%) приходится на специалистов Iуровня, то есть непосредственно сварщиков. Такая ситуация уже порядка пяти лет весьма стабильна: и процентное соотношение, и количество аттестаций сохраняется на данном уровне. Все это свидетельствует о стабильности производства котельного оборудования в Алтайском крае, даже на фоне общемирового экономического кризиса.

Подводя итоги, хочется отметить, что любое предприятие, выпускающее продукцию, или же предлагающее услуги, должно быть заинтересованным в постоянном повышении уровня качества своей продукции. Это является стандартом де-факто для всех участников

современного рынка. Поэтому дополнительный статус «аттестованный» всегда повысит конкурентоспособность на рынке.

Список использованной литературы

1.РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства - Москва. ПИО ОБТ, 2004.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ

Ледников Е.А. –магистрант, Ледникова И.К. –магистрант

Радченко М.В. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современное общество уже трудно представить без привычных для нас устройств автоматизации. Модернизации подверглись практически все области техники. Ведь сама задача автоматизации, как, впрочем, и прогресса - максимально облегчить работу человека. Идеальный вариант – совсем освободить его от работы.

Отдельным этапом стоит автоматизация не вновь создаваемых технических устройств, а модернизация уже существующего оборудования. Здесь вся сложность состоит в том, что приходится идти на компромисс между степенью автоматизации и количеством заменяемых узлов.

Уже не таким новым является способ создания защитных и упрочняющих покрытий методом сверхзвуковой газопорошковой наплавки. Преимущества данного метода трудно переоценить: это и повышенная температура пламени при уменьшении расхода горючего газа, и простота оборудования, мобильность рабочего пространства, и многое другое.

Однако наряду с достоинствами существует и большой недостаток: малая конструктивная проработка аппаратуры и системы управления. Это означает, что использование данной технологии в промышленных условиях будет затруднительным вследствие низкой производительности.

Для решения данной проблемы необходимо решение вопроса о механизации, и по возможности автоматизации процесса. В качестве образца оборудования рассматривается оригинальное устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки, разработанное и запатентованное авторским коллективом ООО «НИИ Высоких Технологий». В состав данного оборудования газовая горелка особой конструкции, которая позволяет получать на выходе поток газов, выходящих на скоростях выше скорости звука.

В оригинальном исполнении это полностью ручной инструмент. Все операции технологического характера выполняются рабочим вручную. Все операции по нанесению защитного покрытия можно разделить на следующие группы:

1. Зажигание пламени;
2. Перемещение горелки относительно наплавляемой поверхности;
3. Регулирование дистанции наплавки;
4. Регулирование давления рабочих газов;
5. Регулирование расхода рабочих газов;
6. Регулирование подачи порошкового сплава.

Все вышеперечисленные операции в настоящее время выполняются вручную самим рабочим. В результате этого многие параметры режима наплавки невозможно ни оценить количественно, ни обеспечить точное соответствие заданным параметрам в ходе процесса наплавки.

В своей работе, мы предлагаем изучить возможность автоматизации данной технологии. Для зажигания дуги возможно использование электроискрового метода поджига.

Перемещение горелки вдоль изделия должно осуществляться при помощи электродвигателя. Подходящим вариантом здесь является синхронный шаговый двигатель постоянного тока, подключенный напрямую к червячной передаче. При подборе двигателя следует учитывать вес горелки (крутящий момент двигателя), а также диапазон скоростей, которые будут использоваться в производственном процессе.

Опытным путем было установлено, что наиболее качественное формирование защитного покрытия происходит при скорости передвижения горелки от 2 до 5 мм/с. Однако, для обеспечения более широкого диапазона регулирования режимов наплавки считаю необходимым обеспечить более широкий диапазон скоростей: от 0,5 до 8 мм/с. Шаг изменения скорости также будет являться важным показателем. Для исследований процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки необходимо устанавливать скорость перемещения горелки с точностью до 0,1 мм/с.

Регулирование дистанции наплавки не нуждается в постоянном изменении на протяжении всего процесса наплавки. Здесь планируется применение шагового двигателя, позволяющего однократно за весь процесс наплавки задавать дистанцию наплавки в пределах 15-35 мм.

Система регулирования давления рабочих газов должна состоять из двух регуляторов давления газа (для кислорода и пропана), подключенных к системе управления. К ним предъявляются следующие требования:

- диапазон давления на входе: 1 - 10 Мпа;
- диапазон выходного давления: 0,1 - 1 Мпа.

Расход рабочих газов в настоящий момент осуществляется по средствам ротаметров. Данный подход не позволяет организовать механизм обратной связи позволяющий регулировать расход газа за счет открытия или закрытия задвижек. Планируется заменить ротаметры на левитационные счетчики газа. Данный вариант позволит снимать показатели с расходомера в цифровом режиме, а следовательно станет возможным создание механизма обратной связи. Здесь основным параметром будет являться диапазон расхода газа: от 0,05 до 0,5 м<sup>3</sup>/ч.

Также необходима замена традиционных клапанов регулирования подачи газа на электромагнитные, управление которыми будет возможно осуществлять при помощи единой системы управления.

Регулирование подачи порошкового сплава в настоящий момент осуществляется при помощи тарельчатого питателя, приводимого в движение электродвигателем. Здесь необходимо разработать систему управления скоростью вращения двигателя. Такой подход требует также проведения соответствия между скоростью вращения двигателя и скоростью подачи порошкового сплава.

В итоге, решив все поставленные выше задачи возможно получение высокопроизводительной системы сверхзвуковой газопорошковой наплавки, позволяющей с высокой точностью настраивать параметры режима наплавки, что в свою очередь обеспечит высокое качество получаемого защитного покрытия.

## РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ШИРМЫ ВОДЯНОГО ЭКОНОМАЙЗЕРА

Попов И.С. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В заводских условиях на предприятиях по производству котельного оборудования зачастую отсутствует единая поточная линия при изготовлении ширм водяных экономайзеров, также применяемое сборочно-сварочное оборудование не соответствует современным требованиям.

Цель работы – разработать маршрут технологического процесса сборки и сварки ширмы водяного экономайзера. Для выполнения поставленной цели были сформулированы задачи:

1. Анализ базовой технологии. Выбор способа сварки, сварочных материалов и оборудования;
2. Разработка усовершенствованного технологического процесса.

Ширмы водяного экономайзера предназначены для перегрева, поступающего в них, насыщенного пара до заданной температуры. Ширма предназначена для работы в системе энергетического комплекса. Конструкция изделия состоит из 16 плавниковых труб, которые изготавливаются из двух частей, в каждой части по 8 плавниковых труб. Изделие длиной 21750 мм и шириной 2423 мм, с двумя коллекторами по концам, штуцером для подвода и отвода рабочей среды. Концы ширм с обеих сторон привариваются к коллектору верхнему и нижнему. Толщина стенки трубы и плавников составляет 4 мм, диаметр труб 42 мм.

Существующие в настоящее время технологии не предусматривают специализированных приспособлений для подачи труб, кантовки элементов в накопители. Все операции осуществляются вручную или при помощи мостового крана. При этом резко падает производительность труда и увеличивается трудоемкость процесса, создаются тяжелые условия труда для вспомогательных рабочих, создаются большие нагрузки на краны. Полосовой прокат поставляют отдельными мерными полосами, которые на предприятии сваривают контактной стыковой сваркой с удалением грата и намоткой полосы в бухту. Такой процесс трудоемок.

Предлагаются следующие пути по усовершенствованию технологического процесса. При проектировании новой технологии следует связать изготовление ширм в единый поток, максимально исключив погрузо-разгрузочные операции, использовать для подачи изделия различные транспортеры, рольганги, кантователи. Следует уменьшить до минимума разбивку изделия на узлы.

Существующая технология имеет недостатки: сборочные операции недостаточно механизированы и автоматизированы. Использование при производстве ширм экономайзера современного и высокопроизводительного сборочно-сварочного оборудования позволяет значительно сократить трудоемкость операций, увеличить производительность труда, что в свою очередь уменьшает затраты на производство данного изделия, ведет к высвобождению основных производственных рабочих и улучшению качества выпускаемой продукции.

В связи с тем, что ширма экономайзера является ответственной конструкцией, контактная стыковая сварка оплавлением или сопротивлением не обеспечивает нужного качества сварных соединений, в данном случае целесообразно стыковое соединение осуществлять аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом с подачей присадочного материала.

Предлагаемая технология сборки и сварки ширмы экономайзера показана на рисунке 1 и включает следующие этапы:

1. Сварка труб встык осуществляется аргонодуговой сваркой;
2. Сварка плавников к трубам осуществляется автоматической сваркой под слоем флюса;
3. Сварка плавниковых труб к коллектору осуществляется аргонодуговой сваркой;



4. Приварка прутков, необходимых для транспортировки, осуществляется автоматической сваркой под слоем флюса.

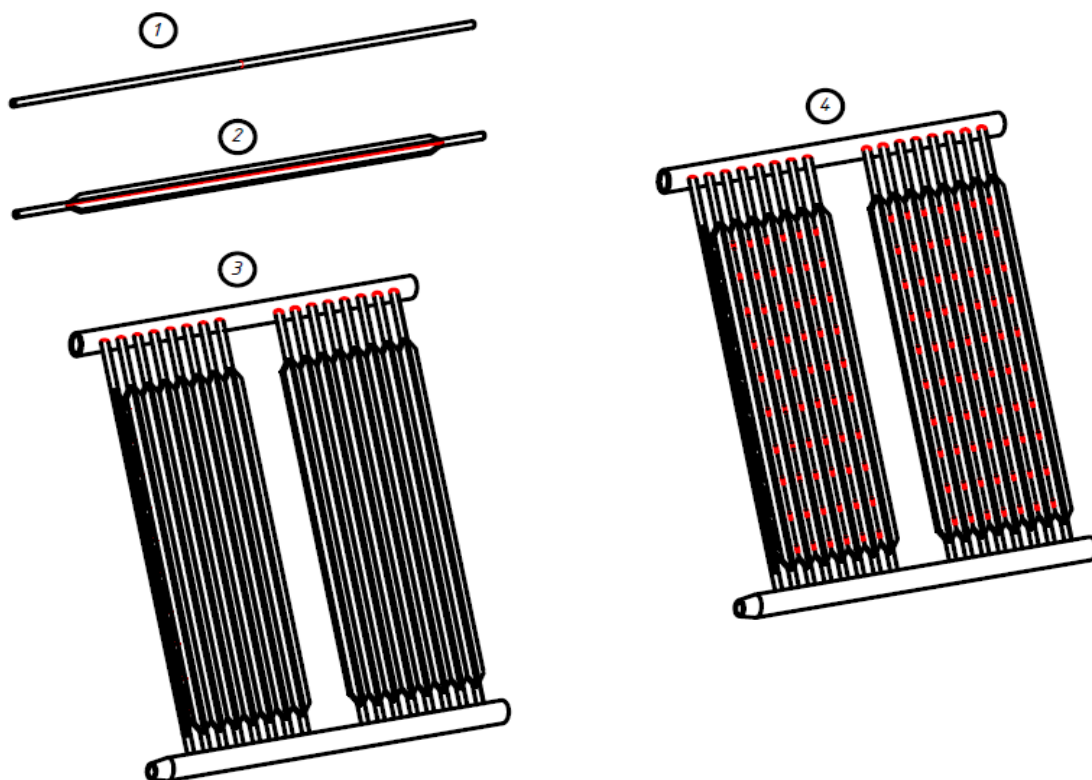


Рисунок 1 – Технология сборки и сварки ширмы водяного экономайзера

Таким образом, был проведен анализ технологичности конструкции ширмы водяного экономайзера и разработан маршрут технологического процесса сборки и сварки.

#### РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ВЫХОДНОЙ СТУПЕНИ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ КОТЛА

Петров С.В. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время актуальной проблемой машиностроения является повышение эффективности производства и качества продукции. Это связано с устаревшей технологией производства, несоблюдением сроков выпускаемой продукции, износом оборудования и низким качеством продукции.

Изготовление сварных конструкций является важнейшей частью современной промышленности и поставщиком для ведущих отраслей народного хозяйства страны: черной и цветной металлургии, нефтедобывающей, газовой, угольной, горно-обогатительной промышленности и системы связи.

Цель работы – разработать маршрут технологического процесса сборки и сварки выходной ступени пароперегревателя котла. Для выполнения поставленной цели были сформулированы задачи:

1. Анализ базовой технологии. Выбор способа сварки, сварочных материалов и оборудования;
2. Разработка усовершенствованного технологического процесса.

Одним из основных узлов котлов является выходная ступень пароперегревателя. Увеличение единичной мощности тепловых электростанций связано с увеличением единичной мощности котлов, что приводит к увеличению себестоимости изделий. Необходимость снижения себестоимости ведет к поиску новых технологических решений при изготовлении котельных агрегатов. Настоящее изделие является выходной ступенью пароперегревателя котла, предназначенного для вырабатывания перегретого пара, поступающего из парового котла, и состоит из двух коллекторов диаметром 123 мм, двадцати четырех змеевиковых труб диаметром 25 мм. Змеевиковые трубы привариваются к коллекторам по 4 шт. на расстоянии между этими блоками 300 мм. Змеевики изготавливаются из труб диаметром 25 мм и толщиной 3 мм. Для транспортировки микроблока (рисунок 1), между змеевиками привариваются дуговые пластины. Для жесткого закрепления всего микроблока при транспортировке змеевиковые трубы соединяют гнутыми пластинами.

Изделие предназначено для работы в системе энергетического комплекса, изготавливается из теплоустойчивой стали 12Х1МФ.

Проведен анализ базовой технологии изготовления выходной ступени пароперегревателя. Установлено, что сборочные операции не достаточно механизированы и практически все они имеют большой коэффициент трудоемкости.

Предлагаются следующие пути по усовершенствованию технологического процесса. Для снижения трудоемкости изготовления микроблока предлагается его расчленение на подузлы. Кроме того, это необходимо для упрощения сборочно-сварочного приспособления и уменьшения затрат труда при его проектировании и изготовлении.

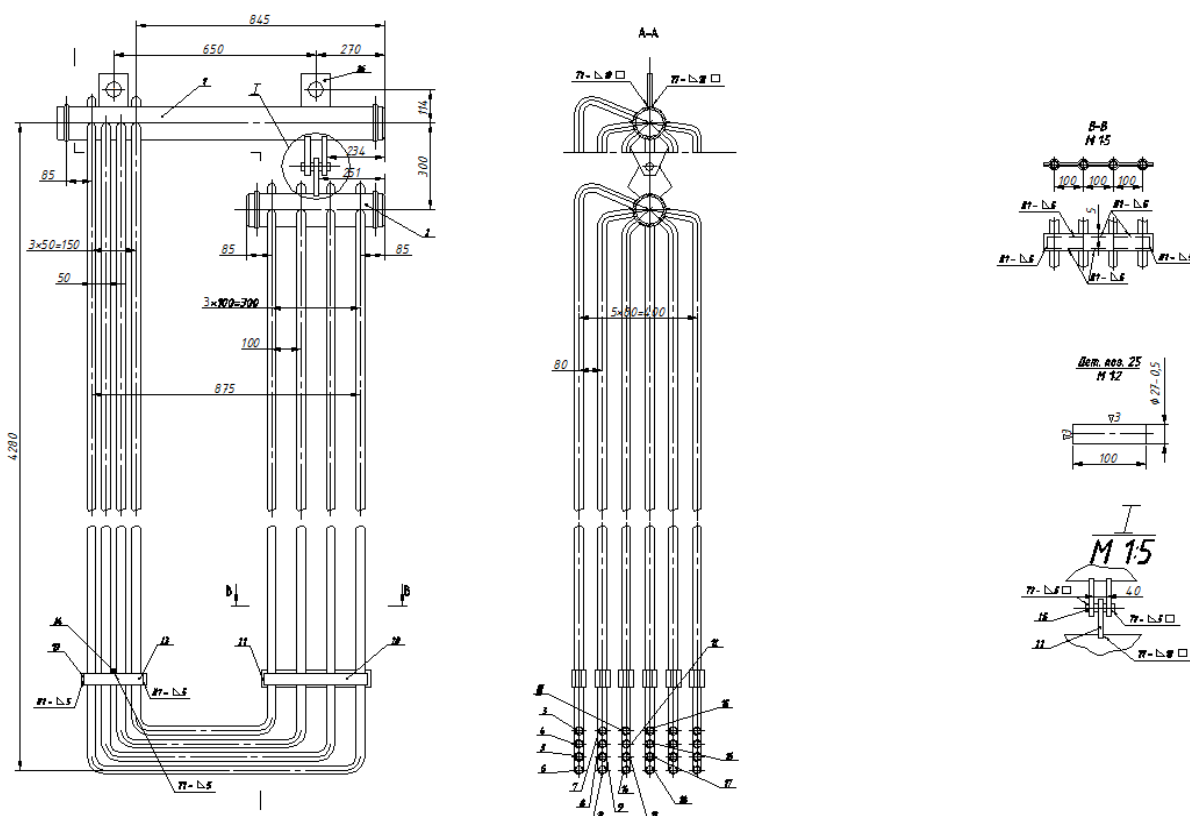


Рисунок 1 – Микроблок выходной ступени пароперегревателя котла

При изготовлении подузлы №1 необходимо произвести сварку соединительных элементов коллекторов, а также элементов крепления для транспортировки. Длина шва составляет  $100 \times 4 = 400$  мм, тип сварного соединения Т1 по ГОСТ 5264-80 (рисунок 2).

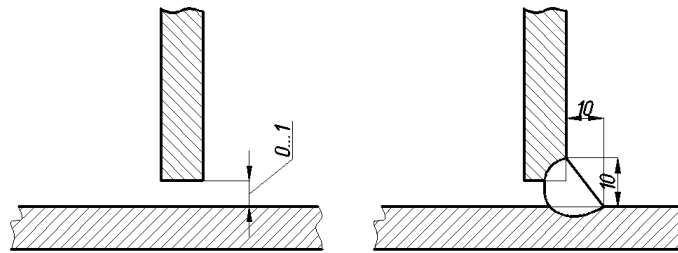


Рисунок 2 – Тип сварного соединения Т1 по ГОСТ 5264-80

При изготовлении подузла №2 необходимо выполнить сварку змеевиков с подузлом №1. Змеевики и подузел №1 прихватываются, каждый стык на две диаметрально противоположные точки. После этого производится сварка углового шва типа У19 (рисунок 3). Труба приваривается к коллектору угловым швом. При замкнутой траектории длина швов составляет  $78,7 \times 6 = 471$  мм.

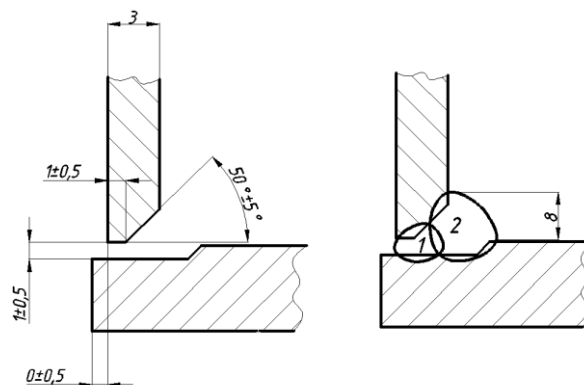


Рисунок 3 – Тип сварного соединения У19 по ГОСТ 16037-80

Затем необходимо заварить шов, условное обозначение сварного шва Н1, без скоса кромок. При прямолинейной незамкнутой траектории длина швов составляет  $440 \times 6 = 2640$  мм (рисунок 4).

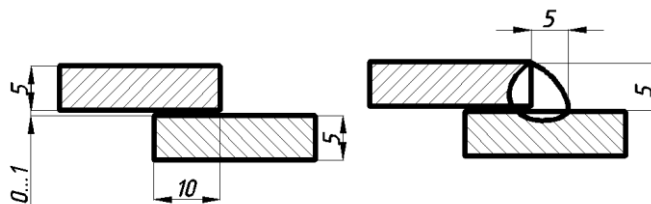
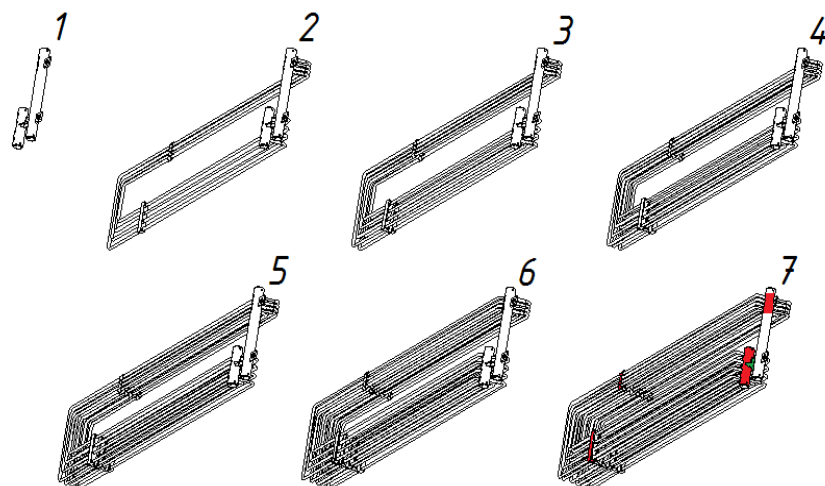


Рисунок 4 – Тип сварного соединения Н1 по ГОСТ 5264-80

Разработанный маршрут технологического процесса сборки и сварки выходной ступени пароперегревателя котла представлен на рисунке 5.



1. Получение заготовок для микроблока;
2. Сверление отверстий в коллекторе под змеевики;
3. Зачистка перед сваркой змеевиков с коллектором;
4. Сверление отверстий под термопары;
5. Правка змеевиковой трубы;
6. Операция шаровки;
7. Сборка и сварка трубы с коллектором.

Рисунок 5 – Маршрутная карта технологического процесса изготовления микроблока

Подводя итог анализу технологичности конструкции выходной ступени пароперегревателя, можно сделать следующий вывод, что конструкция изделия технологична, может быть изготовлена в соответствии с требованиями контроля качества с применением приспособлений.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ

Сабрев В.А. – студент, Киселев В.С. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При эксплуатации в жестких условиях и агрессивных внешних средах рабочие части машин, узлов и устройств, испытывают высочайшие механические и температурные перегрузки, соприкасаясь друг с другом либо с иной средой, подвергаются различным типам износа, что приводит к их дальнейшей неработоспособности и выходу из строя. При этом увеличивается риск возникновения аварий и катастроф.

Эти трудности обуславливают потребность развития новейших методик поверхностного упрочнения и их практического применения. Основной показатель прочности и долговечности оборудования считается качество поверхностного слоя деталей, так как разрушение материала в первую очередь испытывает его поверхность. Возникновение дефектов на поверхности изделия вследствие абразивного износа, действия сред и так далее приводит к снижению основных характеристик используемого материала.

Процесс напыления защитных покрытий имеет огромное распространение в промышленности. Использование в качестве источников нагрева концентрированных потоков энергии, в частности, сверхзвуковых газовых потоков, и порошковых сплавов позволяет отнести сверхзвуковую газопорошковую наплавку к наиболее перспективным способам создания защитных покрытий.

В данном процессе используются порошковые сплавы, имеющие сверхмелкие фракции от 5 до 45 мкм производимые зарубежными изготовителями. Все способы напыления имеют недостаток, ограничивающий их применение. Он связан с возникновением дефектов из-за низкой прочности сцепления, формирования и взаимодействия напыляемого материала с

основой. Данное явление происходит за счет адгезии – возникновение связи между поверхностными слоями двух разнородных фаз, приведенных в соприкосновение. Это обуславливает возможность возникновения дефектов в покрытии и отслоения.

Установка для сверхзвуковой газопорошковой наплавки обеспечивает образование различных видов износостойких и устойчивых покрытий с использованием тугоплавких порошковых сплавов, и может быть использовано во многих сферах промышленности, преимущественно в машиностроении. [2]

Характерной особенностью процесса наплавки является наиболее высокая концентрация энергии при повышении скорости истечения газовых потоков через сопло газопламенной установки. При этом влияние характеристик пламени на свойства наплавляемого защитного покрытия является очевидными. Отличительным для газопорошковой наплавки сплавов на базе самофлюсующихся сплавов никеля, содержащие хром, бор, кремний фракцией от 50 до 100 мкм, считается улучшение качества покрытий с помощью формирования газового потока и концентрацией тепловой энергии в пятне нагрева. Это позволяет в разы увеличить износостойкость поверхностей оборудования при снижении себестоимости покрытий в 2-3 раза по сравнению с зарубежными аналогами. [1]

Ввиду новизны и сложности процесса газопорошковой наплавки её технологические параметры практически не изучены. Актуальной является проблема обоснованного выбора диапазонов технологических параметров и усовершенствования оборудования, при которых обеспечиваются наилучшие качественные характеристики наплавляемого покрытия.

С целью обеспечения лучших качественных характеристик наплавляемого покрытия необходимо:

1. Создание конструкторской документации.
2. Усовершенствование конструкции оборудования для сверхзвуковой газопорошковой наплавки.
3. Экспериментальная апробация оборудования.
4. Отработка технологических режимов наплавки с выработкой рекомендации для промышленного применения технологии.

### **Список литературы**

1. Киселев В.С. Повышение износостойкости наплавленных покрытий путём выбора рациональных технологических параметров на основе диагностики сверхзвуковых газопорошковых струй / Киселев Вадим Сергеевич.- Барнаул, 2010.- 129 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/1627.
2. Пат. № 60410 Российская Федерация, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.
3. Патент РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатьев В.В.; заявл. 19.03.2007.

## МЕТОДИКА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Пыхтин Е.П. – студент, Киселев В.С. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проведение ультразвукового контроля (УЗК) является обязательной процедурой при изготовлении и эксплуатации многих ответственных изделий и деталей опасных технических устройств (ОТУ).

УЗК предполагает излучение ультразвуковых колебаний и их последующее принятие. Дальнейший анализ их амплитуды, время прихода, форма и прочие параметры позволяют судить о состоянии исследуемого объекта.

Ультразвуковой метод контроля является одной из наиболее распространенных технологий диагностирования. В ее основе лежит положение о неизменности траектории движения звуковых волн при их распространении в однородных материалах. Между тем разные среды исследуемого объекта имеют собственное удельное акустическое сопротивление и, соответственно, по-разному отражают акустические волны.

Методика ультразвукового контроля сварных соединений, например, основана на том, что воздух, содержащий во внутренних дефектах металла, обладает гораздо меньшим акустическим сопротивлением, чем сам металл. Отражение в данном случае будет практически полным. Ультразвуковые преобразователи улавливают эти изменения, что позволяет оператору судить о наличии дефектов и определять их ключевые параметры.

У данного метода есть масса преимуществ. Во-первых, ультразвуковой контроль выполняется оперативно, для его проведения не требуется много времени. Во-вторых, ультразвук безопасен для человеческого организма. В-третьих, оборудование для ультразвуковой диагностики, как правило, является компактным и легким.

Однако данный метод не идеален. При работе с крупнозернистыми материалами ультразвук едва ли сможет продемонстрировать достоверные результаты.

Тем не менее, ультразвуковой неразрушающий контроль – достаточно эффективная технология. Она особенно актуальна для оценки качества сварки, склейки, пайки и т.д.

Основные моменты при проведении контроля качества сварки металлических конструкций:

- подконтрольные объекты;
- подлежащие выявлению дефекты;
- методы контроля;
- требования к квалификации специалистов;
- требования по проведению контроля.

Установлено, что ультразвуковым методом контролируют большинство групп ОТУ. Для уменьшения количества различных методик в работе выбраны стыковые сварные швы, выполненные электродуговой сваркой металлических конструкций с толщиной металла от 4 до 50 мм из углеродистых и слаболегированных сталей.

УЗК сварных соединений проводится в целях выявления внутренних дефектов (трещин, непроваров, пор, шлаковых включений и др.).

После анализа объекта контроля и возможных дефектов ставится вопрос о методике проведения УЗК. В работе выбран эхо-метод проведения УЗК, т.к. он является самым простым в реализации, имеет высокую точность, и наиболее распространен – им контролируют около 90 % всех сварных соединений.

Оценку качества сварных соединений по результатам УЗК могут выполнять специалисты 2 или 3 уровня. А проводить контроль имеют право специалисты 2 или 3 уровня, так же специалисты 1 уровня, прошедшие стажировку 1 месяц.

Требования на проведение УЗК различных типов ОТУ также различаются. Обычно контроль производят звеном из 2-х дефектоскопистов, один из которых является старшим. Контроль производят поочередно по 70..75 минут каждый. Проконтролированные швы

выборочно подвергаются инспекционному контролю в объеме не менее 5 %. После контроля качества сварных швов составляется протокол, который в свою очередь заносится в журнал.

При разработке базы данных качественных характеристик сварных соединений на основе методики ультразвукового контроля, необходимо решить следующие задачи:

1. Осуществить сбор экспериментальных данных для создания базы качественных характеристик сварных соединений;
2. Определить качественные характеристики сварных соединений;
3. Определить зависимость показаний прибора и характеристик сварного соединения;
4. Преобразовать полученные данные из графического вида в табличный и проанализировать.

Для решения первой поставленной задачи необходимо оборудование и приспособления. Поэтому рассмотрено несколько моделей ультразвуковых дефектоскопов, проведено сравнение их технических характеристик. На основе проведенного анализа для проведения контроля и сбора данных выбран ультразвуковой дефектоскоп УДЗ-204 «Пеленг».

После выбора дефектоскопа и ознакомления с набором функций необходимо подобрать пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) в зависимости от толщины металла.

Далее производим настройку дефектоскопа, для этого нам понадобятся СО. Необходимо учесть, что настройка и контроль проводят при одинаковых внешних условиях. Необходимо соблюдать условия прозвучиваемости для того, чтобы прямой луч, выходящий из ПЭП мог проходить под углом через всю толщину металла и захватывать всю ширину корня шва.

Далее выбираем схему прозвучивания - схема контроля труб с одинаковой толщиной стенки с двух сторон одной плоскости. Контроль производился в лабораторных условиях. Так же выбрана поперечно-продольная схема перемещения преобразователя.

Сварные соединения под контроль должны быть подготовлены, т.е. зачищены на ширину зоны зачистки с каждой стороны. Этим занимаются сварщики или другие работники (поскольку это не входит в обязанности дефектоскописта). Далее приступают к проведению контроля и анализу полученных результатов. В начале исследования необходимо учесть возможные ошибочные шаги. Так же необходимо приобрести датчик пути или установки для ультразвукового контроля сварных соединений и на основе имеющихся данных и нового оборудования снова произвести сбор и анализ данных.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И АПРОБАЦИЯ ПИТАТЕЛЯ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ

Сабрев В.А. – студент, Палаткин Н.Н. – соискатель,

Киселев В. С. – к.т.н., доцент, Радченко М.В. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Во многих сферах промышленности, преимущественно в машиностроении для повышения эксплуатационных характеристик деталей и узлов используются различные способы упрочнения и нанесения защитных покрытий. Разработанная и запатентованная установка для сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки) предназначена для нанесения защитного покрытия на поверхности заготовок или изделий и обеспечивает образование различных видов износостойких и устойчивых покрытий с использованием тугоплавких порошковых сплавов на никелевой основе. Они необходимы для защиты деталей, подвергающихся нагреванию, контактирующих с абразивными материалами и обеспечивает восстановление и упрочнение, исправление дефектов, стойкость при истирании, повышенную коррозионную стойкость, высокую твердость и износостойкость деталей при высоких температурах. Их используют не только для изношенных, но и для новых деталей с целью придания им прочности и долговечности.

Одной из наиболее сложных составных частей оборудования для СГП-наплавки является питатель для точной и равномерной подачи порошкового сплава в процессе

наплавки. Порошковые питатели предназначены для содержания порошка, регулировки его расхода, обеспечения устойчивой и равномерной подачи через сопло в зону наплавки. Порошковый питатель является наиболее принципиальным узлом, определяющим качество наплавки. В настоящее время на установках, главным образом, для газотермического напыления применяют различные по конструкции типы порошковых питателей: эжекторные, вертикально- и горизонтально-барабанные, шнековые и другие. Перечисленные виды питателей гарантируют стабильную работу порошка при расходе не менее 25-30 г/мин.

При разработке конструкции были исследованы и адаптированы основные конструктивные особенности различных видов питателей с целью использования в различных технологических режимах наплавки для сопел М5-М8. На основании этого выбрана и изготовлена наиболее применимая к данному процессу конструкция питателя (рисунок 1).

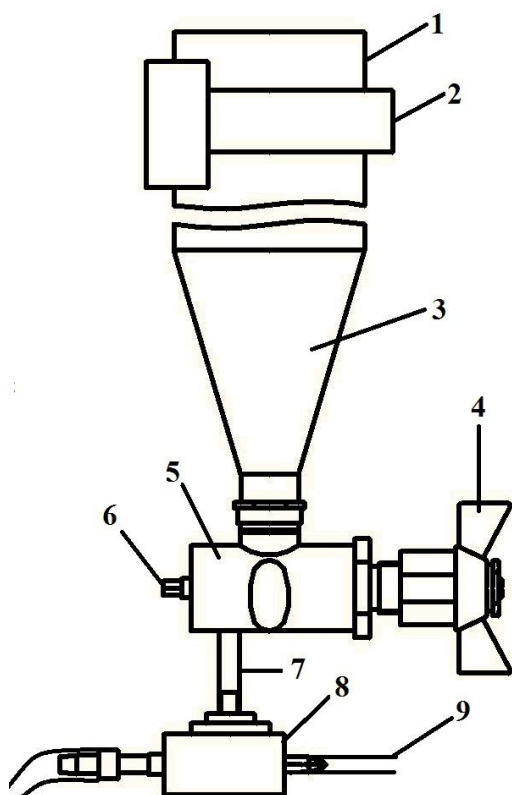


Рисунок 1 – Схема порошкового питателя установки для СГП-наплавки

Питатель для сверхзвуковой газопорошковой наплавки конструктивно состоит из следующих компонентов:

1. Крышка.
2. Кронштейн.
3. Бункер.
4. Регулировочный вентиль дозатора.
5. Дозатор.
6. Заглушка.
7. Воздухо - порошокый тракт.
8. Эжектор.
9. Шланг.

Воздух от компрессора, давлением до 1 атм, подается по гибкому шлангу в эжектор, где создается разрежение и вовлекаются частицы порошковой смеси, находящиеся в бункере через дозатор. Затем через выходной патрубок эжектора воздушно-порошковая смесь поступает через гибкий шланг во впускной коллектор, который расположен за критическим сечением

сверхзвукового сопла.

Регулирование количества порошковой смеси осуществляется при помощи регулировочного вентиля дозатора. За счет повышения давления в эжекторе создается непрерывное перемешивание смеси в бункере, что обеспечивает равномерную подачу частиц порошка в горелку при наплавке.

Данный питатель позволяет использовать порошковые сплавы фракций от 50 до 100 мкм, так как использование фракций, менее 50 мкм слишком дорогостоящие, а свыше 100 мкм невозможно разогреть до необходимых температур по ГОСТ 21448-75.

Апробация разработанного питателя позволила получить на установке для СГП-наплавки комбинированные покрытия из порошкового сплава ПГ-СРЗ с техническими алмазами для получения высококачественного наплавленного слоя на рабочих поверхностях шлифовального инструмента.

#### Список литературы

4. Пат. № 60410 Российская Федерация, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.



5. Патент РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки /Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатьев В.В.; заявл. 19.03.2007.
6. ГОСТ 21448-75 Порошки из сплавов для наплавки. Технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 1997. – 15 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Киселев В. С. – к.т.н., доцент,

Щеткин А.И. – аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В различных отраслях промышленности используются высоконагруженные машины и агрегаты, и обеспечение заданного ресурса их деталей в экстремальных условиях эксплуатации малозатратными средствами является важной задачей государственного значения, соответствующей критическим технологиям получения и обработки конструкционных наноматериалов. Долговечность большого количества машин и механизмов определяется износостойкостью поверхностных слоев их деталей. Одной из важнейших проблем для данных деталей является повышение их ресурса высокоэффективными средствами, при этом даже относительно небольшое повышение износостойкости таких деталей дает значительный экономический эффект.

Значительная доля деталей машин на опасных производственных объектах работает в условиях трения и других эксплуатационных нагрузок на их поверхности. Актуальной задачей является повышение износостойкости и стойкости таких деталей к внешним воздействиям при минимальной себестоимости их изготовления. Данная задача может быть решена с помощью технологий, которые, в соответствии с таблицей 1, условно могут быть разделены на три класса по характеру и результату их воздействия на материал. Одним из наиболее прогрессивных и эффективных направлений создания деталей с заданными свойствами на их рабочих поверхностях является нанесение защитных покрытий. Среди различных методов нанесения покрытий одной из наиболее целесообразных является группа газотермических методов. В данной группе одним из наиболее эффективных и универсальных является метод сверхзвуковой газопорошковой наплавки.

По информационным данным, большинство деталей, работающих в условиях трения и износа, в настоящее время восстанавливаются и упрочняются с помощью технологий, использующих тепловую энергию. В основном для этого используются методы наплавки и напыления, которые соответствуют первому классу методов, представленных в таблице 1. По данным консалтинговой фирмы CETIM (The Technical Center for Mechanical Engineers) объем рынка газотермических технологий с 1990 года по 2010 год увеличился с 1200 до 2000 млн. евро, и данный рост не прекращается. В соответствии с рисунком 1 существует около двадцати основных разновидностей технологии наплавки, напыления и упрочнения, среди которых к прогрессивным можно отнести: новые технологии наплавки; усовершенствованное газотермическое напыление (газопламенное, плазменное, детонационное, высокоскоростное напыление, электродуговая металлизация и их варианты); электроискровое легирование; плазменную закалку и модифицирование; финишное плазменное напыление; вакуумные методы конденсационного осаждения покрытий.

Таблица 1 – Классификация технологий нанесения покрытий и поверхностного упрочнения.

Класс технологий	Результат воздействия	Метод обработки	Способ реализации
1	Создание	Осаждение	Катодно-ионная бомбардировка,

	покрытия (пленки) на поверхности	твердых осадков из паров	прямое испарение	электронно-лучевое
		Напыление износостойких соединений	Плазменное, электродуговое, напыление, современные виды наплавки	детонационное, лазерное
2	Изменение химического состава поверхностного слоя	Диффузионное Насыщение	Электроискровое легирование, легирование маломощными ионами	легирование пучками ионов
3	Изменение структуры поверхностного слоя материала	Физико-термическая обработка	Лазерная, плазменная, газопламенная	электронно-лучевая, обработка, закалка
		Электрофизическая Обработка	Электромеханическая, электрогидроимпульсная, ультразвуковая	обработка
		Механическая Обработка	Вибрационно-ударная, гидроабразивная, фрикционно-упрочняющая, шлифовально-упрочняющая, специальное точение, упрочнение взрывом	
		Наплавка легированным металлом	Газовым пламенем, электрической дугой, плазмой, лазерным лучом, пучком ионов, электро-контактным способом	

Среди указанных методов нанесения и упрочнения покрытий сверхзвуковая газопламенная наплавка является наиболее универсальным и обладает рядом преимуществ.



Рисунок 1 – Прогрессивные газотермические методы нанесения покрытий(ГТН) и упрочнения поверхностей деталей машин.

#### Список литературы

7. Пат. № 60410 Российская Федерация, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.

8. Патент РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатъев В.В.; заявл. 19.03.2007.

### КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПороШКОВОЙ НАПЛАВКИ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Киселев В. С. – к.т.н., доцент,  
Щеткина А.И. – аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки содержит камеру 1 сгорания со сверхзвуковым соплом 2 типа сопла Лавалья, систему 3 подачи окислителя, сжатого воздуха и горючего газа в камеру сгорания, магистраль 4 подвода порошковых сплавов в поток продуктов сгорания сжатых газов, патрубок 5 для смешения продуктов сгорания сжатых газов с порошковым сплавом. Сверхзвуковое сопло 2 содержит конический участок 6 сужения, связанный с камерой 1 сгорания, участок 7 минимального поперечного сечения, соединенный с участком 6 сужения, и конический участок 8 расширения, подсоединенный к участку 7 минимального поперечного сечения и патрубку 5. Таким образом, участки 6, 7, 8 сверхзвукового сопла 2 соединены между собой последовательно. Угол 9 наклона поверхности участка расширения к оси устройства. При этом сопло 2 выполнено с числом Маха М5. Патрубок 5 для смешения продуктов сгорания сжатых газов с порошковым сплавом установлен последовательно со сверхзвуковым соплом 2. Магистраль 4 подвода порошковых сплавов в поток продуктов сгорания сжатых газов связана с патрубком 5.[2]

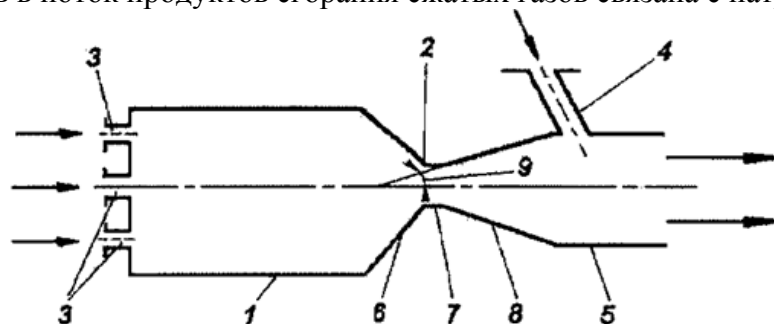


Рисунок 1 – Схема устройства для сверхзвуковой газопорошковой наплавки.

На основании предыдущих исследований были разработаны различные конструктивные варианты исполнения горелок.

1. Горелка для сверхзвуковой газопорошковой наплавки с использованием сжатого воздуха.



Рисунок 2 – Экспериментальная горелка в сборе

Подачу потоков горючего газа и окислителя в камеру сгорания и подачу сжатым воздухом порошкового сплава в смесительный патрубок производят одновременно. Камера сгорания и узел смешения продуктов сгорания сжатых газов с порошковым сплавом образованы внутри жаровой трубы перед соплом. Наконечник выполнен составным из втулки и удлинителя, между которыми установлен набор регулировочных колец.[2]

2. Наконечник (сопло - М5) установки для наплавки в вертикальном положении.



Рисунок 3 – Сопло установки

Характерной особенностью является нанесение защитных покрытий путем сверхзвуковой газопорошковой наплавки в вертикальном положении.

3. Горелка для сверхзвуковой газопорошковой наплавки в горизонтальном положении подложки.



Рисунок 4 – Горелка в разборе

Горелка получила ряд конструктивных особенностей и усовершенствований, на основании ранее представленных прототипов, за счет которых были учтены все недочеты, позволившие максимально добиться требуемых режимов и свойств.

Список литературы

9. Пат. № 60410 Российская Федерация, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ МЛАДШИХ КЛАССОВ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ И ПРОЕКТОВ ГОРОДСКОГО КОНКУРСА «Я – ИССЛЕДОВАТЕЛЬ»

Сейдуров Н.М. – ученик, Кудашкина Н.Н. – учитель начальных классов  
МБОУ «Лицей №3» (г. Барнаул), Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время актуальным является использование методов нетрадиционных подходов в области профессиональной ориентации школьников младших классов для становления личностных ценностей и выбора будущей профессии. В данной работе представлен материал по исследовательскому проекту «Живая сталь», выполненному для участия в конкурсе исследовательских работ и проектов младших школьников «Я – исследователь». Для оценки и анализа представленного на конкурс материала все этапы исследований сохранены в авторской редакции.

Цель работы – Определение результата прокаливаемости стали методом закалки.

Однажды я смотрел фильм «Живая сталь» и подумал: «А что же такое сталь?» Конечно, я понимал, что сталь – это железо и из него делают подковы, трубы, ножи, роботов и т.п. Но в этих предметах железо выглядит по-разному?! Потом я подошел к папе и спросил: «Что такое сталь?» Папа мне ответил: «Сталь – это сплав железа с углеродом, когда-нибудь я тебе это покажу». И тогда меня эта тема еще больше заинтересовала, и я решил больше узнать о стали.

Сталь во все времена оставалась самым необходимым и желанным продуктом металлургии железа, для изготовления инструментов, оружия и деталей машин. На протяжении столетий ученые делали огромные шаги в производстве и совершенствовании различных сталей. В настоящее время вновь вводимые технологии бурно развиваются. В будущем я хочу заняться разработкой новых технологий, менее дорогими способами, которые позволят получить достаточно чистый материал. А пока я должен сделать только первые шаги в этой интересной работе.

Гипотеза – возможно, сталь до закалки и после закалки ничем не отличается.

Цель – сравнить стальные образцы по твердости и структуре до закалки и после закалки.

Задачи:

- 1) познакомиться с историей производства стали;
- 2) ознакомиться и получить навыки работы с термическим оборудованием;
- 3) провести экспериментальные исследования образцов стали до закалки и после закалки.

Практическая ценность: состоит в проведении экспериментов, в ходе которых проводилась закалка образцов стали.

Объект исследования: низкоуглеродистая сталь.

Методы исследования: изучение специальной литературы, обобщение материала по данной теме, эксперимент.

По преданиям, первое железо досталось людям с неба. Оно содержалось в метеоритах [1]. На древнеегипетском языке железо называли «родившееся на небе», а на древнекоптском его называют «камнем неба». Ученые склоняются к земному происхождению железа – нахождением в природе самородков.

Древнейшие изделия из металлов были найдены на месте поселений, существовавших около восьми тысяч лет назад. Сначала человек просто нашел некоторые металлы – золото, серебро, медь. Они загадочно блестели, радовали глаз, и потому их использовали для

изготовления украшений. Однако вскоре самородную медь человек стал применять и как материал для различных орудий: рыболовных крючков, наконечников стрел и копий.

В современной методике сталь, изготовленная из металла, рассчитана до мелочей и прекрасна в своей безупречности.

Известно, что сталь представляет собой сплав углерода с железом. Согласно определению из энциклопедии [2]: «Сталь – это деформируемый сплав углерода до двух процентов с железом с применением различных элементов, который является продуктом черной металлургии». Значительное применение сталь находит в различных отраслях промышленности. Объемы производимой стали показывают развитие государства по показателям экономического и технического уровня.

Одним из древнейших способов изготовления стали является сыродутный процесс [3]. Он производится посредством восстановления из руд железа древесным углем. В дальнейшем масса поддавалась обработке. Такой способ получения стали использовали в шахтных печах.

Древние люди, чтобы огонь не погас, его обставляли камнями, а среди этих камней попадались и куски медной руды. Под воздействием магических сил огня руда расплавлялась и превращалась в медь. Древний человек, наконец, заметил и стал специально загружать медную руду в костер, чтобы получить металл (рисунок 1).

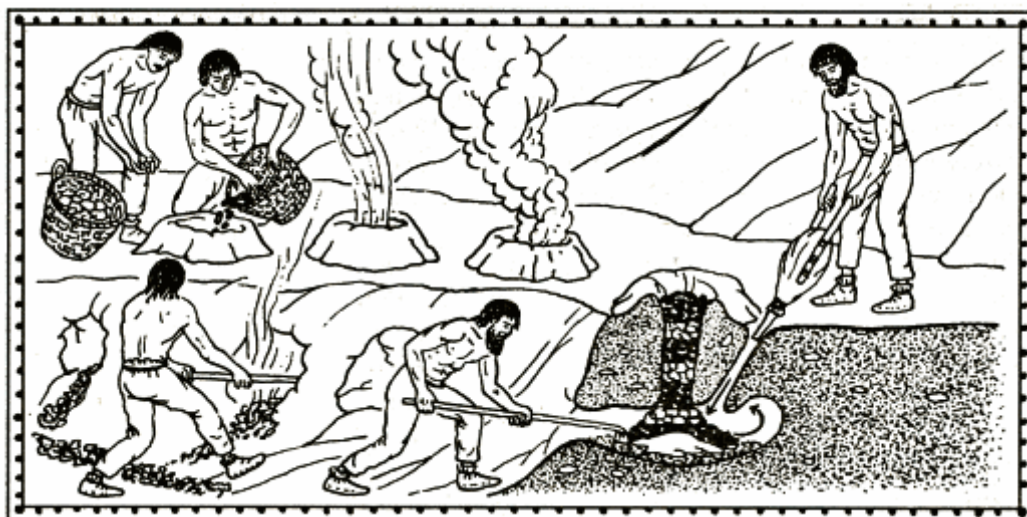


Рисунок 1 – Сыродутный процесс изготовления стали

Долгое время железо ценилось наравне с золотом, потому что его было так же мало. Но, в конце концов, человек открыл относительно дешевое производство железа – выплавку его из руды в металлургических печах. На земле наступил железный век, который продолжается до сих пор.

История добычи руды – это история различных опытов, которые проводились с металлами и продолжались до последней четверти XIX века. Именно тогда русский ученый П.П. Аносов научно обосновал производство стали. Ему на это потребовалось 10 лет [4].

В нашем XXI веке сталь получают на специально оборудованных металлургических заводах. Где сначала железную руду расплавляют в огромных доменных печах, в которых она превращается в чугуны.

А как получали сталь тогда, когда не было всего этого арсенала умных машин? На Востоке, как, впрочем, и в Египте, и на Британских островах, и в Древней Элладке, и в Древней Руси, выплавляли сталь из тщательно подготовленной железной руды в небольших сосудах из глины (тиглях). Железную руду предварительно дробили на мелкие кусочки, потом обжигали эти кусочки на костре. В процессе выгорали сера, фосфор и другие вещества, которые, встречаясь в руде, ухудшают свойства металла. Древние мастера о существовании всех этих веществ и их воздействии на металл, конечно, не догадывались,



просто, на основании опыта они знали, что из измельченной и обожженной руды получается сталь лучше.

После завершения обжига руду засыпали в тигель, причем, засыпали послойно с порошком из древесного угля (слоев 10-12; слой угля – слой руды – слой угля). Уголь в том случае играл роль теплового носителя, так как он горел и расплавлял руду.

В дальнейшем глиняные тигли сменились небольшими печами-домницами, которые давали уже больше металла [5]. На Востоке хранили очень долго верность именно этому способу создания стали и восточные мастера из полученного железа создавали булатную сталь, известную и почитаемую во всем мире. Первое важнейшее правило металлургии – только тот сплав считается сталью, в котором количество углеродов не превышает двух процентов. Второе важнейшее правило – чем больше углерода, тем сталь более крепка, но менее пластична, и наоборот.

В Средневековье был известен рецепт закалки стали, главным ингредиентом в котором была кровь или моча. В средние века применялся способ кричного передела, который на то время был ремесленной технологией. Сам кричный передел представлял рафинирование в кричном горле заранее полученного чугуна.

Также сталь получали за счет плавки чугуна и мелких частиц стали в специальных огнеупорных тиглях. Таким образом, сталь получалась очень высокого качества, но процессы по производству стали посредством тигельной плавки были достаточно малопродуктивными и дорогими. Примером конечного продукта за счет такого образования служит дамасская сталь.

В восемнадцатом веке стали применять технологию пудлингования. Данный метод характеризовался процессом в две ступени, где исходником был чугун. При этом крица (тестообразный металл) служил продуктом. Такой способ позволял производить сталь гораздо более высокого качества, чем при кричном переделе, но данный способ не смог обеспечивать потребности общества.

В девятнадцатом веке стали применять мартеновский процесс получения стали за счет изготовления литых сталей в мартеновских печах (рисунок 2, а). Мартеновский процесс обеспечил значительный вклад в науку и в развитие общества. Его вклад был настолько огромен, что в течение ста лет он применялся для производства стали, где доля данного процесса составляла до восьмидесяти процентов от общего объема производимой стали во всем мире.

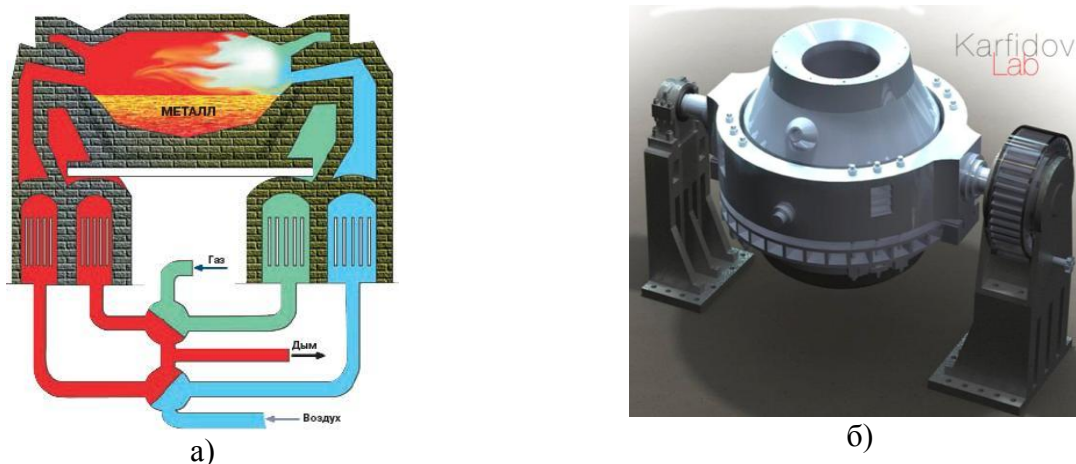


Рисунок 2 – Процессы изготовления стали: а) мартеновский; б) кислородно-конвертерный

В конце девятнадцатого века стали осуществлять электросталеплавильное производство, которое заключалась в плавке стали в электрических печах, но не представило конкуренцию мартеновскому производству.

Мартеновский процесс сменил в пятидесятых годах девятнадцатого века кислородно-конвертерный процесс (рисунок 2, б).

В настоящее время вновь вводимые технологии бурно развиваются, но и являются дорогими, которые позволяют в конечном итоге получить достаточно чистый материал.

Эксперименты проводились в лаборатории термической обработки сварных соединений кафедры МБСП АлтГТУ.

Эксперимент 1. Цель: выполнить закалку стального образца, с последующим измерением твёрдости.

Ход эксперимента. Подготовка оборудования к эксперименту:

1. Для проведения закалки стали необходимо было разогреть электропечь до температуры 850 градусов по Цельсию (рисунок 3, а).

2. Для подготовки поверхности образцов необходимо было изготовить шлифовальные круги из наждачной бумаги с различной зернистостью, а также бумажный круг для нанесения алмазной пасты.



а)



б)

Рисунок 3 – Эксперимент 1: а) разогрев электропечи; б) подготовка шлифа

Подготовка шлифа:

1. Для образования ровной поверхности образцы обрабатывались на шлифовальной машине. Сначала производилось грубое шлифование, затем более тонкое.

2. Для получения зеркальной поверхности образцы обрабатывали на круге с алмазной пастой (рисунок 3, б). Образец с полированной поверхностью называется шлиф.

Проведение закалки:

1. Чтобы поместить образец в печь изготовили держатель из стальной проволоки (рисунок 4, а).

2. Образец выдерживался в печи 10 минут и помещался для охлаждения в масло (рисунок 4, б).





а) б)  
Рисунок 4 – Эксперимент 1: а) держатель из стальной проволоки; б) после закалки масло

Измерение твердости (рисунок 5):

1. Снимается держатель, и поверхность образца снова обрабатывается на круге с алмазной пастой.

2. С помощью твердомера по методике Роквелл (вдавливание в поверхность образца алмазного конуса) измеряется твердость образца без закалки и образца после закалки.



Рисунок 5 – Эксперимент 1. Измерение твердости

Твердость закаленного образца оказалась на 17 единиц по Роквеллу больше.

Эксперимент 2. Цель: исследовать структуру стального образца после закалки.

Ход эксперимента. Получение микрошлифа (рисунок 6):

1. Обезжиривание поверхности образца с помощью спирта и фильтровальной бумаги.

2. Травление образца в 4-х процентном растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

3. Промывание поверхности образца с помощью спирта и просушка на фильтровальной бумаге.



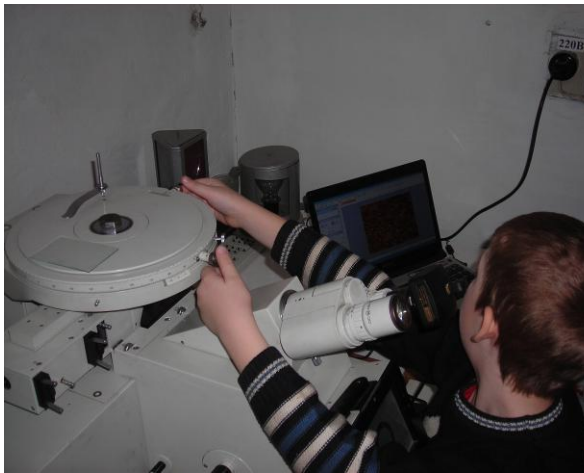
Рисунок 6 – Эксперимент 2. Получение микрошлифа

Исследование структуры:

1. Изучение структуры с помощью оптического микроскопа при 500 кратном увеличении.

2. Определение микроструктуры мартенсита – типичной структуры закаленной стали, сохранение фото и видео файлов с помощью видекамеры и компьютера (рисунок 7, а).

3. Распечатка микроструктуры мартенсита на цветном принтере (рисунок 7, б).



а)



б)

Рисунок 7 – Эксперимент 2. Исследование структуры: а) изучение структуры с помощью оптического микроскопа; б) микроструктура мартенсита

Заключение: в процессе выполнения данной исследовательской работы я познакомился с историей производства стали. Ознакомился и получил навыки работы с термическим оборудованием. Экспериментально установил, что нагрев под закалку до температуры 850 градусов по Цельсию и быстрое охлаждение в масле образца стали приводит к увеличению его твердости. С помощью оптического микроскопа удалось изучить структуру стали.

Вывод: образцы стали до закалки и после закалки очень разные.

#### Литература

1. Словари и энциклопедии на Академики. История производства и использования стали. Электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1305306> – Загл. с экрана.
2. История развития технологий получения стали. Электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://tmm.nnov.ru/articles/stal/stal1/> – Загл. с экрана.
3. Исторические способы производства стали. Электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://tmm.nnov.ru/articles/stal/stal1/> – Загл. с экрана.
4. Литая сталь (истории изобретения). Электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://istoriz.ru/litaya-stal-istoriya-izobreteniya.html> – Загл. с экрана.
5. Мирковки. История железа и стали. Электронный ресурс [доступ свободный]. – <http://www.mirkovki.ru/content/istoriya-zheleza-i-stali> – Загл. с экрана.

### РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА РЕЗЕРВУАРАХ ЕМКОСТЬЮ 50 И 100 М<sup>3</sup> ПРИ ПЕРЕВОДЕ НА ПОДЗЕМНЫЙ ВАРИАНТ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОТБОРА СУГ

Шабалин В.Н. - к.т.н., профессор, Пирог М.С. – студент, Хорев И.Е. - студент,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Надземная конструкция резервуаров 50 и 100 м<sup>3</sup>, имеющаяся в организации ОАО «Алтайкрайгазсервис» при переводе на подземный вариант для хранения и отбора сжиженного углеводородного газа (СУГ) требовала их реконструкции, заключающейся в удлинении ряда штуцеров и, наоборот, в заглушке излишних. При этом выполняемые ремонтно-восстановительные работы (РВР) по переводу резервуаров емкостью 50 и 100 м<sup>3</sup> на подземный вариант для хранения и отбора СУГ должны проводиться в строгом соответствии с требованиями Ростехнадзора и нормативно-технической документации.

Технические характеристики реконструируемых резервуаров: рабочее давление 1,6 Мпа; температура окружающей среды от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ; среда – пропан-бутан (жидкий); материал корпуса резервуара емкостью  $50\text{ м}^3$  – сталь 16ГС; материал корпуса резервуара емкостью  $100\text{ м}^3$  – сталь 09Г2С; материал труб штуцеров резервуара – сталь 20. Диаметр штуцеров, требующих удлинения от 50 до 219 мм с толщиной стенок от 6 до 10 мм. Диаметр штуцеров, подлежащих заглушке – от 50 до 108 мм с толщиной стенок от 6 до 8 мм.

В связи с этим в данной работе были сформулированы технические требования на удлинение труб штуцеров резервуаров емкостью  $50$  и  $100\text{ м}^3$ , работающих под давлением при переводе на поземный вариант эксплуатации, а также технические требования сварки заглушек при глушении технологических отверстий в резервуарах.

Удлинение штуцеров принимали сваркой катушек бесшовных труб по ГОСТ 8732-78. Требуемая длина катушек труб, свариваемых для удлинения штуцеров резервуаров при переводе на подземный вариант эксплуатации составляла 750-800 мм. Высота штуцеров на корпусах резервуаров после обрезки принималась не менее 50-100 мм. Соединение свариваемой катушки с трубой штуцера соответствовало типу С8 по ГОСТ 16037-80. Соединение катушки трубы с фланцем штуцера соответствовало типу С17 по ГОСТ 16037-80. Размеры подготовки кромок на фланцах и трубах под сварку и размеры сварных швов в зависимости от толщины стенок выбирали по ГОСТ 16037-80. Кромки свариваемых фланцев и труб перед сборкой под сварку зачищали с наружной и внутренней стороны на величину не менее 10 мм. Прихватки при сборке выполняли марки электродами типа Э-50А марки LB-52У диаметром 2,5-3,0 мм. Количество прихваток при диаметре штуцера до 80 мм – не менее двух, при диаметре до 150-мм - не менее трех. Длина прихваток до 20 до 50 мм, высота прихваток до  $1/3$  толщины стенки трубы, но не менее 2 мм. При сборке катушек труб с фланцами и штуцерами соблюдалась строгая соосность, наружный центратор.

При сварке корневого прохода применяли электроды диаметром 2,5-3,0 мм, величина сварочного тока  $I_{св} = 80-90\text{ А}$ . При заполняющих проходах и сварке облицовочных швов при  $d_3 = 3\text{ мм}$  величина сварочного тока  $I_{св} = 100-110\text{ А}$ . Сварку катушек труб с фланцами (тип соединения С17) выполняли в нижнем положении с подворотом изделия.

Сборку и прихватку труб к подготовленным штуцерам на корпусе производили в вертикальном положении, соблюдая строгую соосность, используя приспособления. Количество, размеры и режим сварки прихваток соответствуют ранее указанному при сварке фланцев. Корневой шов сваривали с полным проваром кромок труб наклонным электродом  $d_3 = 3\text{ мм}$ , величина сварочного тока  $I_{св} = 70-90\text{ А}$  в горизонтальном положении. Заполняющие проходы и облицовочные швы при  $d_3 = 3\text{ мм}$  сваривали на токах  $I_{св} = 90-110\text{ А}$ , ток постоянный, полярность обратная. Количество проходов при сварке труб штуцеров с толщиной стенки до 6 мм принимали не менее двух, при толщине свыше 6 мм – не менее трех. Выполненные сварные швы и прилегающие участки на основном металле зачищали на ширину не менее 20 мм в каждую сторону для визуально-измерительного и радиографического контроля.

Заклушки для глушения технологических отверстий на резервуарах изготовляли из листовой стали марки Сталь 3сп толщиной равной 6-8 мм для резервуара объемом  $50\text{ м}^3$ , а для резервуара объемом  $100\text{ м}^3$  – толщиной, равной 18-20 мм. Заклушки вырезали газокислородной резкой с последующей механической обработкой в размер заглушаемых отверстий, обеспечивая зазор по периметру 0,5-1 мм. Угол скоса кромки на заглушке принимался равным  $45-50^{\circ}$ , притупление в пределах 1-2 мм. Конструктивные соединения заглушек в отверстиях штуцеров соответствовали типу У6 по ГОСТ 5264-80. Размеры подготовки кромок под сварку на заглушках и размеры сварных швов в зависимости от толщины соответствовали требованиям ГОСТ 5264-80. Установку заглушек в отверстия при сборке под сварку производили с использованием технологических планок, прихваченных сварочными точками. Прихватку заглушек в технологических отверстиях производили электродами диаметром 2,5-3,0 мм на постоянном токе обратной полярности. Перед сваркой прихваток выполнялась зачистка кромок на величину не менее 10 мм в обе стороны. При

сварке прихваток в потолочном положении электродом  $d_3 = 2,5$  мм, сварочный ток  $I_{св} = 40-70$  А; в вертикальном  $I_{св} = 50-80$  А. Количество прихваток при варке заглушек 2-3, длиной 20-30 мм, высота до 1/3 толщины стенки, но не менее 2 мм. Технологические планки, использованные при сборке под сварку, удаляли механическим способом. Сварку корневого прохода заглушек производили электродами  $d_3 = 3-3,25$  мм,  $I_{св} = 90-110$  А. Сварку основной части разделки выполняли односторонним многопроходным швом электродами  $d_3 = 3-4,0$  мм. Величина сварочного тока в вертикальном положении для  $d_3 = 3$  мм  $I_{св} = 80-120$  А, в потолочном – 90-110 А. Зачистку поверхности швов от шлаковой корки производили после каждого прохода. Облицовочные швы очищались от шлака и брызг для визуально-измерительного и радиографического контроля в объеме 100 %.

Таким образом, следуя разработанным рекомендациям в ОАО «Алтайкрайгазсервис» был реализован перевод надземных резервуаров емкостью 50 и 100 м<sup>3</sup> на подземный вариант для хранения и отбора СУГ.

## РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА СОСУДЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СУГ

Шабалин В.Н.- к.т.н., профессор;

Нестеров С.Д. - студент, Шутенко С.Н.- студент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Находившаяся в ОАО «Алтайкрайгазсервис» автомобильная цистерна емкостью до 20 м<sup>3</sup> для транспортировки сжиженного углеводородного газа (СУГ) имела на нижней части корпуса вмятину, а также сквозную продольную трещину, не позволяющую проводить дальнейшую эксплуатацию сосуда.

Неоднократные попытки специалистов-сварщиков ОАО «Алтайкрайгазсервис» по подварке имеющейся трещины не приводили к положительному результату, так как трещина продолжала раскрываться при дальнейшей эксплуатации.

На кафедре «МБСП» АлтГТУ предложен и реализован вариант ремонта цистерны ОАО «Алтайкрайгазсервис» для транспортировки СУГ, предусматривающий вырезку и замену дефектного участка на днище корпуса с установкой вставки (накладки).

В размер дефектного участка корпуса цистерны, предусматриваемого под вырезку, включали: размер имеющейся вмятины; длину трещины; участок основного металла, отстающего от трещины и вмятины на расстоянии 30 мм. Дефектный участок на корпусе сосуда, предусмотренный под вырезку, приняли овальной нормы с радиусом скругления в углах не менее 50 мм.

Сосуд для СУГ до поступления в ремонт пропаривали, промывали, дегазировали, очищали внутри и снаружи в соответствии с требованиями Правил по охране труда при ремонтно-восстановительных работах.

По контуру реза дефектного участка с наружной стороны сосуда очищали краскуполосой не менее 50 мм и проводили ультразвуковую дефектоскопию.

Накладку (вставку), используемую для ремонта сосуда применяли из листовой стали 10Г2, соответствующую материалу корпуса сосуда. Толщина накладки не превышала толщины корпуса сосуда и была равна 10 мм. Размеры накладки в плане превышали размер вырезанного дефектного участка на 50 мм по всему периметру. Накладку перед установкой на корпус вальцевали с радиусом, соответствующим внутреннему радиусу корпуса ремонтируемого сосуда. Острые углы накладки, а также зону приварки накладки к корпусу зачищали абразивным инструментом до металлического блеска на размер не менее 30 мм по всему периметру.

Сквозную вырезку дефектного участка корпуса выполняли механической резкой с зачисткой кромки реза по периметру с наружной и внутренней части сосуда от вырезанного

участка на расстояние не менее 20 мм. После этого проводили УЗД для проверки полноты удаления дефектов.

При установке накладки на корпус ремонтируемого сосуда для СУГ соединение соответствовало типу Н1 по ГОСТ 5264-80.

Накладка в соответствии с принятым соединением Н1 устанавливалась на днище внутри корпуса с равномерным напуском по периметру, равным не менее 50 мм. Накладку перед установкой прихваток фиксировали, прижимая к корпусу внутри сосуда с использованием специальных разжимов.

Сварочные электроды, используемые для РВР корпуса сосуда из стали 10Г2 выбирали типа Э-50А в соответствии с рекомендациями ОТУ 3-01.

Выполнение прихваток осуществляли с внешней стороны сосуда по периметру собираемых элементов. Расстояние между прихватками выбирали равным 100-150 мм, длина прихваток 30-40 мм, катет 4 мм. Прихваточные швы располагали равномерно по периметру собираемого изделия в диаметрально противоположных точках. Прихватки выполняли электродами типа LB-52Удиаметром 3 мм, которые затем использовали для осуществления процесса сварки всего соединения. Сварочные работы проводили при положительной температуре окружающего воздуха, предварительный подогрев при ремонтной сварке корпусов сосудов из низколегированной марганцовистой стали с содержанием углерода менее 0,24% с толщиной стенок до 16 мм не требовался.

Сварку накладки с корпусом сосуда выполняли в потолочном положении многопроходным угловым швом на постоянном токе обратной полярности.

Сварку в потолочном положении выполняли максимально короткой дугой, равной 0,5-0,7 диаметра электрода. Величина сварочного тока при сварке первого корневого прохода составляла 90-100 А, при последующих проходах 70-90 А. Приварку накладки выполняли участками по специально разработанной схеме обратно-ступенчатым способом. Длина свариваемых участков при сварке корневого прохода составляла 100-150 мм, для последующих проходов 150-200 мм. Сварку накладки с корпусом выполняли без перерыва до полного формирования углового шва.

Многопроходный угловой сварной шов при приварке накладки к корпусу имел неравносторонний катет. Величина катета сварного шва на накладке превышала катет шва на корпусе сосуда в 1,5-2 раза. Сварной шов имел плавный переход от металла шва к основному металлу и металлу накладки. Величина мениска для плавного перехода металла шва к основному металлу после окончательной зачистки углового сварного шва не превышала 30 % размера минимального катета, или 3 мм.

После зачистки выполненного сварного соединения проводили визуальную измерительный и ультразвуковой контроль сварного соединения в объеме 100 %. Проведенный контроль качества не выявил каких-либо недопустимых дефектов и сосуд дополнительно был подвергнут гидравлическим испытаниям, которые также прошли успешно.

Таким образом, разработанная и реализованная кафедрой сварочного производства АлтГТУ технология РВР корпуса автомобильной цистерны для транспортировки СУГ, позволила ОАО «Алтайкрайгазсервис» ввести ее в строй и надежно впоследствии эксплуатировать.

## СОВРЕМЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФЛЮСОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

Безуглов А.О. - студент, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Система сертификации ГОСТ Р – это единственная в России государственная система сертификации для обязательной оценки соответствия.

В настоящее время национальные стандарты Российской Федерации приводят в соответствие международным стандартам. Это делается для ускорения интеграции Российской Федерации в европейскую промышленную сферу.

ГОСТ Р ИСО 14174-2010 Материалы сварочные. Флюсы для дуговой сварки. Классификация представляет собой перевод стандарта международного стандарта ISO 14174:2004. После разработки оригинального стандарта Российской Федерации он будет отменен.

Вышеуказанный стандарт утверждает требования к классификации флюсов для дуговой сварки и наплавки нелегированных и мелкозернистых сталей, высокопрочных сталей, сталей, стойких к ползучести, коррозионностойких и жаропрочных сталей, никеля и сплавов на никелевой основе с использованием сварочной проволоки и ленточных электродов.

Классификационное обозначение флюсов представляет собой группу индексов, состоящую из следующих шести отдельных индексов:

- 1) первый индекс – обозначение способ сварки;
- 2) второй индекс – обозначение способ изготовления флюса;
- 3) третий индекс – обозначает тип флюса, характеризующий химический состав;
- 4) четвертый индекс – обозначает класс флюса;
- 5) пятый индекс – обозначает род тока;
- 6) шестой индекс – обозначает уровень содержания водорода в наплавленном металле.

Классификационные обозначения для удобства его применения имеет условное разделение на две части – обязательную и необязательную. Обязательная часть классификационного обозначения включает индексы для обозначения способа сварки, способа изготовления, типа и класса флюса (индексы с 1 по 4). Необязательная часть классификационного обозначения включает индексы для обозначения рода тока и уровня содержания водорода в наплавленном металле (индексы с 5 по 6).

Индекс 1, имеющий обозначение «S», указывает на применяемый способ сварки – дуговая сварка под флюсом.

В зависимости от способа изготовления флюса в классификационном обозначении применяют следующие индексы: плавные флюсы – F; агломерированные флюсы – A; смешанные флюсы – M.

В зависимости от химического состава флюса в классификационном обозначении применяют следующие индексы: MS – марганцево-силикатный; CS – кальциево-силикатный; CG – кальциево-магнийный; CB – кальций-магниево-основный; CI – кальций-магниево-железный; IB – кальций-магниево-железный-основный; ZS – циркониево-силикатный; RS – рутилово-силикатный; AR – алюминатно-рутиловый; AB – алюминатно-основный; AS – алюминатно-силикатный; AF – алюминатно-фторидно-основный; FB – фторидно-основный; Z – любой другой состав.

В зависимости от области применения флюсов их обозначают индексами класса от 1 до 4.

Флюсы класса 1 предназначены для дуговой сварки и наплавки нелегированных и мелкозернистых сталей, высокопрочных и стойких к ползучести сталей.

Флюсы класса 2 предназначены для дуговой сварки и наплавки коррозионностойких и жаропрочных сталей и/или никеля и сплавов на его основе.

Флюсы класса 3 в основном предназначены для получения износостойких наплавов благодаря переносу из флюса в наплавленный металл легирующих элементов и в некоторых случаях – углерода.

Флюсы класса 4 имеют область применения, охватывающую область применения флюсов класса 1 и класса 2.

В зависимости от рода тока, который применяют при сварке, в классификационном как назначают цифры обозначения установлены следующие индексы: DC – служат для обозначения постоянного тока; AC – служат для обозначения переменного тока.

В зависимости от уровня содержания водорода в наплавленном металле в классификационном обозначении установлены следующие индексы: H5 – содержание водорода, мл/100 г наплавленного металла, не более 5; H10 – содержание водорода, мл/100 г наплавленного металла, не более 10; H15 – содержание водорода, мл/100 г наплавленного металла, не более 15.

В качестве примера рассмотрим флюсы, которые задействовали выполняя курсовой проект по разработке маршрута технологического процесса сборки и сварки полотна.

Флюс марки АН-348-А – Флюс для дуговой сварки (S), плавный (F), марганцево-силикатного типа (MS), с областью применения, соответствующий классу 1 (1), используемый для сварки на постоянном токе (DC), имеет следующее классификационное обозначение: флюс сварочный ISO 14174 – SFMS 1 DC.

Флюс марки АН-60 – Флюс для дуговой сварки (S), плавный (F), марганцево-силикатного типа (MS), с областью применения, соответствующий классу 1 (1), используемый для сварки на постоянном токе (DC), имеет следующее классификационное обозначение: флюс сварочный ISO 14174 – SFMS 1 DC.

Также данный стандарт регламентирует технические условия поставки и маркировку флюсов.

Выводы:

1. Анализ состояния современной нормативной документации показал, что появились новые стандарты Р ИСО, соответствующие европейским, которые требуют, чтобы сварочные флюсы были классифицированы.

2. Применение классификации, предлагаемой ГОСТ Р ИСО 14174-2010 «Материалы сварочные. Флюсы для дуговой сварки. Классификация» позволяет по классификационному обозначению определить назначение флюса.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р ИСО 14174 – 2010 Материалы сварочные. Флюсы для дуговой сварки. Классификация

## СОВРЕМЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Масанкин А.А. - студент, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент кафедры МБСП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Применение международных, региональных и национальных стандартов других стран в России связано с международными соглашениями о сотрудничестве, а также по разрешению региональных организаций, национальных органов по стандартизации. Кроме правовой основы, нужно учитывать и целесообразность применения указанных нормативных документов, которая диктуется потребностями технической сферы либо во внешнеэкономической деятельности.

Одним из стандартов типа Р ИСО относящихся к сварочному производству является ГОСТ Р ИСО 14175-2010 Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов устанавливает требования к классификации газов и газовых смесей,

предназначенных для сварки плавлением и родственных процессов, включая следующие способы сварки:

- дуговая сварка вольфрамовым электродом;
- дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом;
- плазменная сварка;
- плазменная резка;
- лазерная сварка;
- лазерная резка;
- дуговая пайкосварка.

Рассматриваемый стандарт устанавливает классификацию и обозначение защитных газов и газовых смесей, предназначенных для сварки плавлением, в том числе для защиты обратной стороны шва и других вспомогательных целей, в соответствии с их химическими свойствами и металлургическим поведением. Стандарт могут использовать потребители данной продукции в целях правильного выбора по назначению перед выполнением сварочных работ, а также для целей проведения возможных квалификационных процедур.

Чистота газа и допустимые отклонения компонентов от номинального состава заранее (до поставки) оговариваются между поставщиком (производителем) и потребителем.

Газы и газовые смеси могут быть поставлены в жидком и газообразном состоянии, однако для сварки плавлением и родственных процессов газы и газовые смеси всегда используют только в газообразном состоянии.

Настоящий стандарт не распространяется на горючие газы, например ацетилен, природный газ, пропан и т.д., а также на газы, используемые в резонаторных камерах газовых лазеров.

Транспортирование и обращение с газами и транспортировочной тарой следует производить в соответствии с национальными и другими стандартами и правилами.

Газы и газовые смеси классифицируют посредством указания номера настоящего стандарта и группы индексов, соответствующей конкретному газу или газовой смеси, в соответствии со стандартом. Группу индексов подразделяют на основную группу (кроме Z) и подгруппу.

Примечание - Классификация основана на реакционной способности газа или газовой смеси.

Рассмотрим кодирование информации индексами, относящимися к основной группе.

Для основных групп используют следующие обозначения:

- I - инертные газы и инертные газовые смеси;
- M1, M2 и M3 - смеси, содержащие кислород и/или двуокись углерода, являющиеся окислителями;
- C - газ и газовые смеси, являющиеся сильными окислителями;
- R - газовые смеси, являющиеся восстановителями;
- N - малоактивный газ (азот) или газовые смеси, являющиеся восстановителями, содержащие азот;
- O - кислород;
- Z - газовые смеси, содержащие компоненты, не указанные в стандарте, или имеющие химический состав, выходящий за пределы диапазонов, указанных в нем.

Рассмотрим кодирование информации индексами, относящимися к подгруппе. Деление на подгруппы производят с учетом процентного содержания основного газа и/или компонентов, влияющих на химическую активность газа или газовой смеси. Значения, указанные в стандарте, являются номинальными.

Приведем примеры классификации газовых смесей, используемых в сварочном производстве:

**Пример 1 -**

***Газовая смесь, содержащая в качестве основного газа Ar, в качестве компонентов***



20 % CO<sub>2</sub> и 5 % O<sub>2</sub>.

**Классификация: ISO 14175 - M27.**

**Пример 2 -**

**Газовая смесь, содержащая в качестве основного газа Ar, в качестве компонента 30 % O<sub>2</sub>.**

**Классификация: ISO 14175 - M31.**

Рассмотрим, как осуществляется классификационное обозначение газов и газовых смесей.

Классификационное обозначение газов и газовых смесей включает классификацию и дополняется группами индексов, обозначающих газы, входящие в смесь и объемную долю компонентов (в процентах), входящих в газовую смесь.

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения газов:

- Ar - аргон;
- C - двуокись углерода;
- H - водород;
- N - азот;
- O - кислород;
- He - гелий.

Группа индексов, обозначающих газы, строится таким образом, что после обозначения основного газа указывают компоненты в убывающем по процентному соотношению порядке, и соответственно строится группа индексов, обозначающих объемную долю компонентов (в процентах), входящих в газовую смесь. Группы индексов разделяются между собой через тире.

Приведем примеры классификационного обозначения газовых смесей, используемых в сварочном производстве:

**Пример 1 -**

**Газовая смесь, содержащая в качестве основного газа Ar, в качестве компонентов 20 % CO<sub>2</sub> и 5 % O<sub>2</sub>.**

**Классификация: ISO 14175 - M27.**

**Классификационное обозначение: ISO 14175-M27-ArCO-20/5.**

Для обозначения газовых смесей, содержащих компоненты, выходящие за пределы диапазонов, указанных в стандарте, в основной группе индексов, идентифицирующих газ или газовую смесь, используют обозначение Z, которое указывают перед группами индексов, обозначающих газы, входящие в смесь и объемную долю компонентов (в процентах), входящих в газовую смесь. Группы индексов разделяются между собой через тире.

**Пример 2 -**

**Газовая смесь, содержащая в качестве основного газа Ar, в качестве компонента 30 % O<sub>2</sub>.**

**Классификация: ISO 14175 - M31.**

**Классификационное обозначение: ISO 14175-31-ArC-30.**

Для обозначения газовых смесей, содержащих компоненты, не указанные в стандарте, в основной группе индексов, идентифицирующих газ или газовую смесь, также используют обозначение Z, которое указывают перед группами индексов, обозначающих газы, входящие в смесь и объемную долю компонентов (в процентах), входящих в газовую смесь. При этом перед компонентом, который не указан в таблице, ставят знак «+», затем приводят объемные доли компонентов (в процентах), входящих в газовую смесь. Группы индексов разделяются между собой тире.

Выводы:

1. Анализ состояния современной нормативной документации показал, что новые стандарты Р ИСО, соответствующие европейским, требуют, чтобы защитные газы были классифицированы.

2. Применение классификации, предлагаемой ГОСТ Р ИСО 14175-2010 « Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов» позволяет по классификационному обозначению определить состав газовой смеси и ее назначение.

Список использованных источников

1 ГОСТ Р ИСО 14175-2010 Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов